

TEKNIK PERAMALAN

Tim Penyusun:
Ruspendi
Rusmalah
Syahreen Nurmutia



Jl. Surya Kencana No. 1 Pamulang
Gd. A, Ruang 212 Universitas Pamulang
Tangerang Selatan – Banten

TEKNIK PERAMALAN

Penulis:

Ruspendi
Rusmalah
Syahreen Nurmutia

ISBN: 978-623-6352-70-0

Editor:

Adi Candra

Desain sampul:

Adi Candra

Tata Letak:

Ramdani Putra

Penerbit:

Unpam Press

Redaksi:

Jl. Surya Kecana No. 1
Pamulang – Tangerang Selatan
Telp. 021-7412566
Fax. 021 74709855
Email: unpampress@unpam.ac.id

Cetakan pertama, 27 Januari 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin penerbit.

DATA PUBLIKASI UNPAM PRESS **| Lembaga Penerbit dan Publikasi Universitas Pamulang**

Gedung A. R. 212 Kampus 1 Universitas Pamulang
Jalan Surya Kencana Nomor 1 Pamulang Barat, Tangerang Selatan, Banten
Website: www.unpam.ac.id | Email: unpampress@unpam.ac.id

Teknik peramalan / Ruspindi, Rusmalah, dan Syahreen Nurmutia -1STed
ISBN. 978-623-6352-70-0

1. Teknik Peramalan I. Ruspindi II. Rusmalah III. Syahreen Nurmutia
M201-27012022-01

Ketua Unpam Press: Pranoto
Koordinator Editorial: Aden
Koordinator Hak Cipta: Susanto
Koordinator Produksi: Dameis Surya Anggara
Koordinator Publikasi: Kusworo, Heri Haerudin
Koordinator Dokumentasi: Ramdani Putra, Nara Dwi Angesti
Desain Cover: Putut Said Permana

Cetakan pertama, 27 Januari 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin penerbit.

MATA KULIAH TEKNIK PERAMALAN

IDENTITAS MATA KULIAH

Program Studi	: S-1 Teknik Industri
Mata Kuliah/Kode	: Teknik Peramalan / TIN0352
Sks	: 2 Sks
Prasyarat	: Teknik Peramalan
Deskripsi Mata Kuliah	: Matakuliah ini memberikan pengetahuan, keterampilan dan kemampuan kepada mahasiswa tentang peramalan permintaan sebagai tahap awal dari suatu perencanaan produksi khususnya pada dunia Industri baik barang maupun jasa. Mata kuliah Teknik peramalan mencakup berbagai metode peramalan kuantitatif yang umum digunakan untuk menyusun perencanaan dan pengambilan keputusan dalam dunia Industri, meliputi model time series (<i>Moving average, smoothing exponential, Trend</i>) dan model kausal (Regresi).
Capaian Pembelajaran	: Setelah menyelesaikan mata kuliah ini mahasiswa mampu menganalisis dan membuat suatu keputusan terkait dengan peramalan permintaan dalam suatu perusahaan (Industri) dengan baik.
Penyusun	: 1. Ruspendi 1. Rusmalah 2. Syahreen Nurmutia

**Ketua Program Studi
Teknik Industri**

Rini alfatiyah, ST., MT.
NIDN. 04.180381.02

Ketua Team Teaching

Ruspendi, S.T., M.T.
NIDN. 04.120482.04

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah- Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Modul Teknik Peramalan ini. Tak lupa juga kita panjatkan Sholawat dan Salam kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW semoga memberikan safaatnya di hari akhir nanti, Amin.

Terselesainya Modul Teknik Peramalan ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. (HC) Drs. H. Darsono. Selaku ketua Yayasan Universitas Pamulang yang telah membangun Universitas Pamulang ini menjadi berkualitas;
2. Dr. E. Nurzaman AM, M.M.,M.Si. Selaku Rektor Universitas Pamulang yang telah memberikan banyak motivasi kepada penulis;
3. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Modul Teknik Peramalan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada modul ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis selalu berusaha untuk tetap membuka diri terhadap semua masukan kritik dan saran yang membangun dan berguna untuk penyempurnaan dimasa yang akan datang dan pada akhirnya semoga Modul Teknik Peramalan dapat memberikan kontribusi yang berarti dan bermanfaat bagi semua pihak.

Tangerang Selatan, 12 Januari 2022

DAFTAR ISI

TEKNIK PERAMALAN	i
TEKNIK PERAMALAN	ii
DATA PUBLIKASI UNPAM PRESS	iii
IDENTITAS MATA KULIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
PERTEMUAN I	1
KONSEP DASAR TEKNIK PERAMALAN	1
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	1
B. URAIAN MATERI	1
1. Latar Belakang	1
2. Definisi Peramalan	1
3. Fungsi Peramalan	2
4. Jenis-Jenis Peramalan	4
5. Karakteristik Peramalan	6
6. Peran Peramalan dalam Industri	7
7. Metode Peramalan	9
C. LATIHAN SOAL/TUGAS	13
D. REFERENSI	13
PERTEMUAN 2	14
METODE PREDIKSI RATA-RATA BERGERAK	14
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	14
B. URAIAN MATERI	14
1. Permasalahan dalam peramalan	14
2. Pertimbangan dalam metode peramalan	19
3. Rata-rata Bergerak Sederhana	20
4. <i>Moving Average</i> (rata-rata bergerak)	21
C. LATIHAN SOAL / TUGAS	26

D. REFERENSI	26
PERTEMUAN 3	28
METODE PERAMALAN RATA-RATA BERGERAK TERBOBOT (<i>WEIGHTED MOVING AVERAGE</i>)	28
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	28
B. URAIAN MATERI.....	28
1. Latar Belakang.....	28
2. Peramalan	29
3. Pemilihan dan Pengendalian Teknik Peramalan	30
4. <i>Weight Moving Average</i>	30
5. Contoh Perhitungan <i>Weight Moving Average</i>	34
C. LATIHAN SOAL/TUGAS	37
D. REFRENSI	38
PERTEMUAN 4	40
MENENTUKAN NILAI KESALAHAN (<i>ERROR</i>) METODE RAMALAN	40
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	40
B. URAIAN MATERI.....	40
1. Peramalan	40
2. Analisis Kesalahan Peramalan	43
3. Memeriksa Keandalan model peramalan yang dipilih berdasarkan peta control <i>Tracking Signal</i>	49
C. LATIHAN SOAL / TUGAS.....	51
D. REFERENSI	52
PERTEMUAN 5	53
METODE PERAMALAN <i>EXPONENTIAL SMOOTHING</i> (PEMULUSAN EKSPONENSIAL)	53
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	53
B. URAIAN MATERI.....	53
1. Latar Bealakang.....	53
2. Penerapan Metode Exponential Smoothing	56
C. LATIHAN SOAL/TUGAS	61
D. REFERENSI	63
PERTEMUAN 6	65

PEMULUSAN EKSPONENSIAL GANDA (<i>DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING</i>)	
DENGAN METODE LINEAR SATU PARAMETER DARI BROWN	65
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	65
B. URAIAN MATERI.....	65
1. Pemulusan Eksponensial (<i>Exponential Smoothing</i>)	65
2. <i>Double Exponential Smoothing</i> Metode Linear Satu Parameter dari Brown	66
3. Pemilihan Parameter α Terbaik.....	68
4. Contoh Soal <i>Double Exponential Smoothing</i>	69
C. LATIHAN SOAL/TUGAS.....	85
D. REFERENSI	87
PERTEMUAN 7	88
PEMULUSAN EKSPONENSIAL GANDA (<i>DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING</i>)	
DENGAN METODE LINEAR DUA PARAMETER DARI <i>HOLT</i>	88
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	88
B. URAIAN MATERI.....	88
5. Pengantar Metode Pemulusan.....	88
6. Pemulusan Eksponensial (<i>Exponential Smoothing</i>)	89
7. Pemulusan Eksponensial Ganda	90
8. Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Parameter Ganda <i>Holt dan Sejarah Singkat</i>	91
9. Ukuran Akurasi Peramalan	92
10. Contoh perhitungan dari metode <i>Double Exponential Smoothing</i> dari <i>Holt</i>	94
C. LATIHAN SOAL/TUAGAS	108
D. REFERENSI	109
PERTEMUAN 8	111
PEMULUSAN EKSPONENSIAL TRIPEL: METODE KUADRATIK SATU-PARAMETER	
BROWN.....	111
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	111
B. URAIAN MATERI.....	111
1. Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter Brown ..	111
2. Contoh Kasus metode kuadratik satu parameter dari Brown.....	112
C. LATIHAN SOAL/TUGAS.....	125
D. REFERENSI	126

PERTEMUAN 9	128
PEMULUSAN EKSPONENSIAL TRIPEL: METODE KECENDERUNGAN DAN MUSIMAN TIGA PARAMETER DARI WINTER.....	128
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	128
B. URAIAN MATERI.....	128
1. Pemulusan Eksponensial Tripel Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter	128
2. Contoh Kasus Pemulusan Eksponensial Tripel Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter	130
C. LATIHAN SOAL/TUGAS.....	146
D. REFERENSI	147
PERTEMUAN 10	149
TREND LINIER.....	149
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	149
B. URAIAN MATERI.....	149
3. Metode Kuadrat Terkecil (<i>The Least Square Method</i>).....	149
4. Contoh perhitungan data pengamatan bilangan ganjil, jika $\sum x = 0$:.....	152
C. LATIHAN SOAL/TUGAS.....	170
D. REFERENSI	170
PERTEMUAN 11	172
TREND NON LINIER.....	172
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	172
B. URAIAN MATERI.....	172
1. Trend Parabolik	172
2. Contoh soal Trend Parabolik.....	174
3. Trend Eksponensial	187
C. LATIHAN SOAL/TUGAS.....	200
D. REFERENSI	201
PERTEMUAN 12	202
METODE PERAMALAN REGRESI LINEAR SEDERHANA.....	202
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	202
B. URAIAN MATERI.....	202
1. Peramalan Kausal.....	202

2. Metode Regresi	204
3. Analisis Regresi Linier Sederhana	204
4. Analisis Keterkaitan (Korelasi)	207
5. Contoh analisis regresi linier sederhana	208
C. LATIHAN SOAL/TUGAS	215
D. REFERENSI	215
PERTEMUAN 13	217
MENENTUKAN KOEFESIEN DETERMINASI (R^2) DAN SELISIH TAKSIR STANDAR (STANDAR DEVIASI)	217
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	217
B. URAIAN MATERI	217
1. Peramalan Kausal	217
2. Metode Regresi	219
3. Analisis Keterkaitan (Korelasi)	219
4. Koefisien Determinasi (R^2)	221
5. Nilai error peramalan regresi	221
6. Contoh Kasus	223
C. LATIHAN SOAL/TUGAS	228
D. REFERENSI	229
PERTEMUAN 14	
METODE PERAMALAN REGRESI BERGANDA	231
A. TUJUAN PEMBELAJARAN	231
B. URAIAN MATERI	231
1. Peramalan Kausal	231
2. Metode Regresi	233
3. Analisis Regresi Linier Sederhana	233
4. Analisis Keterkaitan (Korelasi)	236
5. Metode Peramalan Regresi Berganda	237
6. Contoh Analisis Linear Berganda	241
C. LATIHAN SOAL/TUGAS	244
D. REFERENSI	245
GLOSSARIUM	246
DAFTAR PUSTAKA	248

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER

(RPS)..... 254

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Metode Peramalan Menurut Heizer dan Renderr.....	29
Gambar 5.1 Metode Peramalan Menurut Heizer dan Render	56
Gambar 6.1 Pola Data	67
Gambar Grafik Contoh Perhitungan Peramalan	85
Gambar 7.1 Kurva Pendatapan.....	97
Gambar Kurva Peramalan Periode ke-19 Sampai ke-27	101
Gambar 8.1 pola data metode peramalan winter.....	130
Gambar 10.1 Contoh Grafik Penjualan Dalam Pengamatan Bilangan Ganjil	153
Gambar 10.2 Contoh Grafik Perbandingan Antara Aktual Penjualan	161
Gambar 10.3 Contoh Grafik Penjualan Dalam Pengamatan Bilangan Genap	162
Gambar 10.4 Contoh Grafik Perbandingan Antara Aktual Penjualan	170
Gambar 11.1 Data Penjualan <i>Bentonite Volclay (Jumbo Bag)</i> PT. X.....	175
Gambar 11.2 Grafik Proyeksi Penjualan <i>Bentonite Volclay (Jumbo Bag)</i> PT. X	186
Gambar 11.3 Perbandingan Grafik antara Proyeksi Penjualan	187
Gambar 11.3 Grafik Penjualan <i>Carbon Riser</i> PT. X	190
Gambar 11.4 Grafik Proyeksi Penjualan <i>Carbon Riser</i> PT. X.....	199
Gambar 11.5 Perbandingan Grafik antara Proyeksi Penjualan	200
Gambar 14.1 Jalur Regresi ganda dua Variabel.....	238

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel permintaan periode jan-Sep 2020	24
Tabel 2.2 Hasil Perhitungan Metode Rata-rata Bergerak 3 Bulanan.....	24
Tabel 2.3 Hasil Perhitungan Metode Rata-rata Bergerak 4 Bulanan.....	25
Tabel 3.1 Pemberian Bobot untuk Model WMA	31
Tabel 3.2 Contoh Pemberian bobot WMA 4 Bulan	32
Tabel 3.3 Contoh Pemberian bobot WMA 3 Bulan	32
Tabel 3.4 Data Permintaan Barang	34
Tabel 3.5 Menghitung nilai WMA (4).....	36
Tabel 5.1 Data Permintaan.....	58
Tabel 5.2 Data Perhitungan Peramalan.....	61
Tabel 6. 1 Data Ilustrasi.....	69
Tabel 6.2 Nilai MAPE	71
Tabel 6.3 Rangkuman Perhitungan Contoh Soal.....	83
Tabel 7.4: Data Ilustrasi Penjualan.....	86
Tabel 7.5 Data Ilustrasi Penjualan	86
Tabel 7.1 Contoh Data	95
Tabel 7. 2 Hasil Peramalan	99
Tabel 7.3 Hasil Peramalan Periode	102
Tabel Hasil Perhitungan Peramalan, MAD, MSE, MAPE, Tracking Signal.....	105
Tabel 8.1 Data Ilustrasi.....	112
Tabel 8.2 Hasil Perhitungan Pemulusan Eksponensial Kuadratik Dari Brown.....	124
Tabel 9.1 Data Ilustrasi.....	130
Tabel 9.2 Hasil Perhitungan	144

Tabel 10.1 Contoh Data Pengamatan Dalam Jumlah Ganjil	152
Tabel 10.2 Tabel Perhitungan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil.....	154
Tabel 10.3 Tabel Perhitungan Proyeksi Penjualan Barang	160
Tabel 10.4 Contoh Data Pengamatan Dalam Jumlah Genap	161
Tabel 10.5 Tabel Perhitungan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil	163
Tabel 10.6 Tabel Perhitungan Proyeksi Penjualan Barang	169
Tabel 11.1 Tabel Penjualan <i>Bentonite</i> PT. X	174
Tabel 11.2 Tabel Perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil	176
Tabel 11.3 Tabel Perhitungan Proyeksi dengan rumus $Y = a + bX + cX^2$	181
Tabel 11.4 Tabel Penjualan <i>Carbon Riser</i> PT. X	188
Tabel 11.5 Tabel Perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil	190
Tabel 11.6 Tabel Perhitungan Proyeksi dengan rumus $Y = abX$	195
Tabel 12.1 Data rata-rata suhu ruangan	209
Tabel 12.2 Perhitungan regresi sederhana	211
Tabel 13.1 Tabulasi data masa kerja dengan penjualan	223
Tabel 13.2 Hasil Perhitungan Nilai Y Estimasi (Y')	227
Tabel 14.1 Data yang digunakan dalam penelitian	241
Tabel 14.2 Perhitungan Koefisien Regresi	242

PERTEMUAN I

KONSEP DASAR TEKNIK PERAMALAN

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Tujuan yang ingin dicapai adalah mahasiswa memahami tentang definisi peramalan dan fungsi peramalan, mengetahui karakteristik, peran, jenis-jenis, metode kualitatif suatu peramalan dan mampu mengaplikasikannya dalam dunia kerja.

B. URAIAN MATERI

1. Latar Belakang

Peramalan adalah cara untuk menilai beberapa prediksi masa depan. Yang mengingat kebutuhan dari segi jumlah, kualitas, waktu dan luas yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan barang dagangan atau administrasi. Peramalan memiliki nilai yang diharapkan atau atribut masa depan, khususnya harapan (ramalan), memperkirakan (memperkirakan), dan kemiringan (pola). Estimasi dipertanyakan (meragukan), permintaan diragukan karena ada beberapa variabel, terutama karena kontes, perilaku pembeli, siklus bisnis, upaya penawaran, siklus hidup produk, variasi tidak teratur, dan sebagainya. Pada dasarnya, peramalan penentuan dapat dikelompokkan menjadi dua metodologi, khususnya metodologi subjektif dan metodologi kuantitatif. Pada dasarnya, Peramalan adalah ukuran keadaan yang akan terjadi di kemudian hari. Keadaan masa depan yang dimaksud adalah:

- a. Apa yang dibutuhkan (jenis)
- b. Berapa jumlah yang dibutuhkan (jumlah)
- c. Waktu yang diperlukan (waktu)

2. Definisi Peramalan

Peramalan adalah tindakan kerja bisnis yang menilai transaksi dan pemanfaatan barang sehingga barang tersebut dapat dibuat dalam jumlah yang tepat. Antisipasi adalah ukuran minat masa depan yang bergantung pada

beberapa faktor pengukur, seringkali bergantung pada informasi deret waktu yang dapat diverifikasi. Penentuan menggunakan strategi pengukuran yang bersifat formal dan kasual. Estimasi adalah bagian tak terpisahkan dari dinamika eksekutif. Memperkirakan mengurangi ketergantungan pada hal-hal yang dipertanyakan. Estimasi memiliki gagasan tentang asosiasi antar divisi atau area. Kesalahan dalam proyeksi transaksi akan mempengaruhi alat pengukur pengeluaran, biaya kerja, pendapatan, stok, dll. Dua hal mendasar yang harus dipertimbangkan dalam ukuran estimasi yang tepat dan membantu :

- a. Berbagai macam informasi penting sebagai data yang dapat memberikan pengukur yang tepat.
- b. Penentuan strategi pengukuran yang tepat yang akan menggunakan data informasi yang diperoleh sebanyak yang dapat diharapkan secara wajar.

Tujuan peramalan dilihat dari periode waktu antara lain:

- a. Jangka Pendek

Tentukan jumlah dan musim benda itu menjadi produk. Biasanya setiap hari atau minggu demi minggu dan dikendalikan oleh administrasi yang rendah.

- b. Jangka menengah

Tentukan jumlah dan musim batas pembuatan. Biasanya bulan ke bulan atau triwulanan dan ditentukan oleh administrasi pusat.

- c. Jangka panjang

Tentukan jumlah dan musim pembuatan produk. Biasanya tahunan, 5 tahun, 10 tahun, atau 20 tahun dan ditentukan oleh administrasi puncak.

3. Fungsi Peramalan

Sebelum kita membahas mengenai fungsi peramalan, terlebih dahulu kita harus memahami mengapa perlu dilakukan peramalan, yaitu:

- a. Ketidakpastian

Ketidakpastian yang dimaksud adalah terkait kondisi bisnis di masa mendatang. Tidak seorangpun bisa memastikan apa yang akan terjadi pada sektor usaha di masa mendatang. Oleh sebab itu perlu dilakukan perencanaan dan perkiraan

terkait kebutuhan atau situasi bisnis mendatang. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi ketidakpastian situasi sektor usaha di masa mendatang. Dengan peramalan maka ketidakpastian tersebut akan bisa dikurangi, walaupun memang tidak mungkin dihilangkan begitu saja. Dengan peramalan permintaan maka kebutuhan terkait jumlah produk yang akan dibuat dapat ditentukan berdasarkan analisis ilmiah dan tidak hanya berdasarkan perkiraan semata. Karena dengan menggunakan Teknik peramalan yang melibatkan data masa lampau maka peramalan bukan hanya sekedar perkiraan biasa.

b. Sumber daya perusahaan

Harus diakui bahwa setiap perusahaan memiliki keterbatasan sumber dayanya masing-masing. Hampir tidak ada perusahaan yang tidak memiliki keterbatasan, bedanya hanya apakah batasan terkait sumber daya tersebut luas atau sempit. Artinya jika perusahaan besar tentu batasan terkait sumber daya biasanya akan lebih luas dibandingkan perusahaan skala kecil. Oleh sebab itu setiap perusahaan akan selalu melakukan evaluasi setiap periode terkait dengan pencapaian yang sudah diraih dan kemudian mencoba melakukan proyeksi bisnis di masa mendatang. Tujuan melakukan proyeksi bisnis maupun peramalan di sini adalah untuk mengetahui apakah dengan kemungkinan pencapaian di masa mendatang sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan masih cukup atau tidak. Dengan perusahaan mengetahui terkait kebutuhan sumber daya di masa mendatang maka pengambil keputusan bisa mengambil langkah antisipatif dan menyiapkan strategi yang tepat.

c. Pelayanan pelanggan

Pelanggan dalam tanda kutip merupakan nyawa perusahaan. Bagaimana tidak? Sekarang apa jadinya jika perusahaan sudah membuat suatu produk namun tidak ada yang membeli? Tentu saja perusahaan akan mengalami kerugian bahkan mungkin bisa “gulung tikar”. Oleh sebab itu pelanggan harus diperhatikan dan dipahami dengan baik kebutuhannya. Kemudian apakah kaitannya peramalan dengan pelayanan pelanggan? Jawabannya adalah ketika pelanggan sedang membutuhkan suatu produk namun stok tidak ada maka pelanggan tersebut tentu akan kecewa. Selain pelayanan yang akan terganggu karena stok tidak ada, hal yang paling dihindari adalah pelanggan tersebut berpindah ke kompetitor. Oleh sebab itu diperlukan peramalan terkait dengan

kebutuhan produk yang harus kita siapkan untuk memenuhi permintaan pelanggan. Jangan sampai ketika kebutuhan pelanggan sedang tinggi terkait produk kita, justru malah kita kehabisan stok sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan pelanggan. Sekali lagi pelanggan adalah nyawa bagi perusahaan yang akan secara berkala membelajankan uangnya untuk membeli produk yang kita hasilkan, sehingga harus diperhatikan dengan baik.

Alasan pertama adalah karena masa mendatang penuh dengan ketidakpastian Fungsi peramalan antara lain:

- a. Mengambil keputusan atas dasar pertimbangan mantang yang akan dijalankan.
- b. Untuk menentukan sumber daya pada masa yang akan datang.
- c. Berupa media bantu untuk merancang yang efektif dan efisien.
- d. Peramalan adalah alasan untuk mendirikan bisnis dalam suatu organisasi dengan tujuan dapat memperluas kecukupan strategi yang telah teruji di lapangan.

4. Jenis-Jenis Peramalan

Sesuai Render dan Heizer (2004), jenis peramalan dapat dibagi menjadi beberapa macam. Sehubungan dengan penyusunan tugas-tugas yang akan datang, estimasi dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

- a. Estimasi keuangan (perkiraan keuangan) menjelaskan siklus bisnis dengan mengantisipasi laju pembengkakan, aksesibilitas uang tunai, cadangan yang diharapkan untuk mengumpulkan dan petunjuk pengaturan lainnya.
- b. Mengukur inovasi (pengukuran inovatif) memfokuskan kemajuan inovatif yang adil dan jujur yang dapat mengirimkan item baru yang menyegarkan, yang dibutuhkan pabrik dan peralatan baru.
- c. Pengukuran permintaan (meminta pengukuran) adalah proyeksi minat untuk item atau administrasi organisasi.

Peramalan biasanya dipesan tergantung pada cakrawala waktu masa depan yang dicakupnya. Seperti yang ditunjukkan oleh Taylor sesuai dengan antisipasi *time skyline*, dibagi menjadi beberapa klasifikasi, yaitu:

- a. Dugaan sesaat (pengukuran jarak pendek) mencakup masa depan yang tidak terlalu jauh (jangka pendek) dan berfokus pada pelaksanaan bisnis sehari-hari, seperti bunga setiap hari atau prasyarat aset harian.
- b. Pengukur jangka menengah (pengukuran jarak menengah) mencakup waktu beberapa bulan sampai satu tahun. Angka-angka periode waktu ini sebagian besar lebih khawatir tentang desain kreasi tahunan dan akan mencerminkan hal-hal seperti puncak dan melemah dalam minat dan kebutuhan untuk mendapatkan aset tambahan untuk tahun berikutnya.
- c. Dugaan jarak jauh (perkiraan jangka panjang) mencakup periode yang lebih lama dari beberapa tahun. Ukuran ini mengidentifikasi dengan upaya untuk merancang item baru untuk pasar yang berkembang, merakit produk baru, atau mengamankan pembiayaan jangka panjang.

Dilihat dari cakrawala waktu, antisipasi atau perkiraan dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu

- a. Pengukur jarak jauh adalah yang mencakup periode yang lebih penting dari satu setengah tahun, misalnya memperkirakan kebutuhan menurut usaha, perencanaan perusahaan dan latihan yang diharapkan.
- b. Pengukuran jangka menengah mencakup periode antara 3 hingga setengah tahun, misalnya mengantisipasi pengaturan kesepakatan, pengaturan penciptaan dan pengaturan tenaga kerja yang tidak aman.
- c. Antisipasi sesaat mencakup waktu di bawah 90 hari. Misalnya, memperkirakan menurut pengaturan pembelian bahan, pemesanan kerja, dan tugas perwakilan.

Dilihat dari jenis informasi perkiraan yang dimasukkan, antisipasi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu

- a. Pengukuran subyektif mengantisipasi ketergantungan pada subyektif sebelumnya. Konsekuensi dari harapan yang dibuat sangat tergantung pada individu yang memasukkannya. Hal ini penting dengan alasan bahwa perkiraan tersebut diselesaikan tergantung pada penalaran alami, kesimpulan dan informasi dan pengalaman penyusun. Biasanya, penentuan subjektif ini tergantung pada hasil pemeriksaan seperti penilaian tenaga penjualan, penilaian pimpinan proyek, penilaian spesialis, dan tinjauan pembeli.

- b. Antisipasi kuantitatif adalah estimasi yang bergantung pada informasi transaksi sebelumnya. Hasil antisipasi dibuat sangat bergantung pada teknik yang digunakan dalam pengukuran. Memanfaatkan berbagai teknik akan mendapatkan berbagai hasil.

Dilihat dari ide penataannya, dibedakan menjadi dua macam, yaitu

- a. Penentuan abstrak tergantung pada sentimen atau insting individu yang membuatnya.
- b. Penentuan target adalah memperkirakan tergantung pada informasi penting di masa lalu dengan memanfaatkan strategi dan teknik dalam membedah informasi tersebut.

5. Karakteristik Peramalan

Peramalan memiliki beberapa aturan penting, termasuk presisi, biaya, dan akomodasi. Klarifikasi dari standar ini adalah sebagai berikut:

a. Presisi

Ketepatan pengukur diperkirakan oleh efek samping dari kecenderungan dan konsistensi dugaan. Menentukan hasil seharusnya sepihak jika ukuran terlalu tinggi atau terlalu rendah dibandingkan dengan apa yang sebenarnya terjadi. Hasil pengukuran seharusnya dapat diprediksi jika tingkat kesalahan estimasi agak sedikit. Mengantisipasi yang terlalu rendah akan menyebabkan kekurangan stok sehingga permintaan pembeli tidak dapat dipenuhi dengan cepat, sehingga organisasi dapat kehilangan klien dan memberikan keuntungan. Antisipasi yang terlalu tinggi akan menyebabkan perkembangan barang dagangan/stok, sehingga banyak modal yang terbuang percuma. Ketepatan hasil antisipasi mengambil bagian dalam menyesuaikan stok terbaik.

b. Biaya

Biaya yang dikeluarkan untuk membuat pengukur bergantung pada jumlah barang yang ditentukan, lamanya jangka waktu antisipasi, dan strategi pengukuran yang digunakan. Tiga faktor yang memicu biaya akan mempengaruhi seberapa banyak informasi yang dibutuhkan, bagaimana informasi itu disiapkan (secara fisik atau dimodernisasi), bagaimana informasi

tersebut disimpan dan siapa yang menjadi master informasi yang didukung. Keputusan penentuan strategi harus sesuai dengan aset yang tersedia dan tingkat ketelitian yang akan diperoleh, misalnya hal-hal penting akan diperkirakan dengan menggunakan teknik yang sederhana dan sederhana.

c. Akomodasi

Penggunaan strategi pengukuran yang lugas, mudah dibuat, dan mudah diterapkan akan memberikan keuntungan bagi organisasi. Tidak ada gunanya menggunakan strategi yang disempurnakan namun tidak dapat diterapkan pada kerangka kerja organisasi karena keterbatasan aset, SDM, dan peralatan mekanis.

6. Peran Peramalan dalam Industri

Tugas mengukur dalam mengatur interaksi penciptaan adalah sebagai berikut:

a. Perencanaan Bisnis

Berisi subsidi, pembiayaan dan rencana organisasi sebagai alasan untuk membuat pengaturan iklan.

b. Perencanaan Periklanan

Rencana tentang barang yang akan dibuat, kesepakatan dan iklan, sebagai alasan untuk membuat pengaturan kreasi.

c. Jadwal Produksi Ahli

Hasil akhir dimaksudkan untuk dibuat dalam setiap periode selama 1-5 tahun.

d. Perencanaan Aset

Batas yang diatur diperlukan untuk memenuhi rencana pembuatan, dapat dikomunikasikan dalam jam pekerja atau jam mesin. Ini adalah pemikiran untuk pengembangan individu, mesin, pabrik pengolahan, dan sebagainya, yang diselesaikan tergantung pada batas yang dapat diakses.

e. *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP)

Berencana untuk memutuskan batas yang dibutuhkan untuk memenuhi MPS. Hasilnya adalah jenis individu/mesin yang dibutuhkan untuk setiap komunitas

kerja di setiap periode. Merupakan bahan pemikiran untuk jam kerja ekstra atau sub kontrak.

f. Manajemen Permintaan

Pergerakan meramalkan kebutuhan masa depan terhubung ke batas. Terdiri dari latihan pengukuran, pengaturan kebutuhan, permintaan perjalanan, pengiriman, dan prasyarat bagian administrasi.

g. Perencanaan Kebutuhan Material

Memutuskan prasyarat material yang akan dilaksanakan MPS. Hasil MRP adalah pembelian dan PAC (*Production Activity Control*), dan MRP menghasilkan rencana pembelian termasuk jumlah tanggal jatuh tempo, tanggal pengiriman.

h. Batasi Persyaratan Perencanaan

Prasyarat batas yang diatur diharapkan untuk mengakui MPS di setiap periode dan setiap mesin. CRP lebih intensif dan lebih rumit daripada RCCP, dengan alasan bahwa itu tergantung pada permintaan yang diatur. Dalam hal batas tidak dapat diakses, sangat baik dapat ditambahkan setelah beberapa waktu, mengubah jadwal dan lain-lain. Jika tidak tercapai MPS harus diubah.

i. Kontrol Aktivitas Pembuatan

Biasa disebut *merchant shop floor control* (SFC), tindakan membuat barang setelah bahan dibeli, terdiri dari gerakan akhir awal tugas tergantung pada permintaan di mana pekerjaan muncul, kemudian, pada saat itu menurunkan pekerjaan ke stasiun kerja, dan melaporkan. Hasil dari laporan tersebut akan menjadi masukan bagi MPS.

j. Membeli

Ini adalah gerakan memilih penjual, membuat permintaan beli, dan merencanakan pedagang.

k. Pengukuran Eksekusi

Menilai kerangka kerja untuk melihat seberapa jauh hasil yang diperoleh dikontraskan dengan pengaturan yang telah ditentukan sebelumnya. Sebagai bahan penilaian atas keberhasilan penataan usaha.

7. Metode Peramalan

Untuk mengantisipasinya diperlukan perhitungan yang tepat sehingga diperlukan penentuan yang sah. Pada dasarnya ada dua cara umum untuk menangani semua model pilihan antisipasi. Selanjutnya adalah gambaran penentuan kategori ilmiah.

a. Model Kualitatif

Model kualitatif mencoba mengingat variabel emosional untuk model antisipasi, model ini akan sangat membantu jika informasi kuantitatif yang tepat sulit diperoleh. Contoh dari teknik ini adalah strategi *Delphi*, penilaian utama, komposit kekuatan dan gambaran pasar pembelanja. Strategi *Delphi* adalah teknik yang digunakan secara luas dan diakui untuk mengumpulkan informasi dari responden di ruang eksplorasi. Prosedur ini direncanakan sebagai langkah pengumpulan korespondensi yang berarti untuk mencapai kombinasi sentimen pada masalah utama. Prosedur ini telah digunakan di berbagai bidang studi, misalnya, penyusunan program, evaluasi penilaian, pembuatan strategi, dan penggunaan aset untuk mendorong pilihan lain, menyelidiki atau mengungkap asumsi dasar, dan menghubungkan penilaian pada titik yang melintasi berbagai disiplin ilmu. Prosedur *Delphi* cocok sebagai strategi untuk kesepakatan kerja dengan memanfaatkan serangkaian survei yang dikirim menggunakan penekanan yang berbeda untuk mengumpulkan informasi dewan dari mata pelajaran yang dipilih.

Selama tahun 1950 prosedur *Delphi* diciptakan oleh Dalkey dan Helmer di *Rand Corporation*. Strategi ini umumnya digunakan dan diakui untuk mencapai kombinasi penilaian tentang informasi yang dapat disertifikasi yang disebutkan dari spesialis di wilayah titik tertentu. Strategi *Delphi* digambarkan sebagai teknik untuk mengatur siklus korespondensi sehingga interaksi ini bersifat memaksa yang memungkinkan berkumpulnya orang-orang, prosedur *Delphi* adalah salah satu strategi untuk mengantisipasi.

Salah satu tujuan dari prosedur *Delphi* ini adalah untuk mendorong kemungkinan pilihan program yang berbeda, mengungkap kecurigaan yang tersembunyi dari data yang mendorong berbagai keputusan. Ada beberapa

tahapan dalam melakukan strategi ini, salah satunya menurut Dermawan bahwa pemimpin harus melalui interaksi Delphi dengan mengenali masalah-masalah prinsip yang harus diselesaikan, kemudian pada saat itu dilakukan survei dan setelah itu jajak pendapat dikirim oleh spesialis didalam asosiasi dan diluar asosiasi untuk menemukan masalah dihadapkannya. Kemudian, pada saat itu para ahli akan melengkapi persetujuan dan memberikan pengaturan berpikir kritis, untuk situasi ini sebuah kelompok ahli akan dibuat untuk meringkas konsekuensi dari survei dan mengaudit hasil sinopsis kemudian pada siklus terakhir para pemimpin dapat setuju untuk memutuskan pengaturan elektif atau strategi terbaik. Berikutnya adalah keuntungan dan hambatan dari strategi Delphi:

Keuntungan dari teknik Delphi:

- 1) Hasil yang diperoleh tergantung pada spesialis
- 2) Sentimen yang dikomunikasikan dari para ahli sangat luas, karena setiap inti penemuan memiliki penilaian.

Kerugian dari strategi Delphi:

- 1) Beban yang ditimbulkan lebih menonjol.
- 2) Hasil yang didapat tergantung pada anggapan.
- 3) Akan menghabiskan waktu lama.

b. Model Kuantitatif

Model kuantitatif adalah pengukuran yang menggunakan setidaknya satu model numerik dengan informasi masa lalu dan faktor penyebab untuk menggambarkan minat. Pada dasarnya model subjektif dibagi menjadi dua, khususnya tergantung pada deret waktu (seri waktu) dan kausal (metode kausal). Model kausal, Model yang menggabungkan dan menguji faktor-faktor yang diperlukan untuk mempengaruhi variabel dependen, model ini sebagian besar menggunakan investigasi untuk mengetahui faktor-faktor mana yang secara keseluruhan mempengaruhi variabel dependen. Seri waktu adalah model yang digunakan untuk meramalkan masa depan dengan memanfaatkan informasi otentik. Dengan demikian, model deret waktu mencoba untuk memahami apa yang terjadi pada waktu tertentu dan menggunakan informasi

masa lalu untuk mengantisipasi. Contoh model deret waktu ini menggabungkan *Moving Average*, *Exponential Smoothing*, dan normal. (Murahartawaty, 2009)

1) Metode *Moving Average*

Pergerakan sangat berharga sambil mengharapkan permintaan pasar tetap stabil dalam jangka panjang. Teknik normal bergerak dibagi menjadi dua strategi, yaitu:

- a) *Single moving everage* Teknik ini digunakan untuk menggambarkan hal-hal yang tidak teratur, yang berarti tidak ada pola naik atau turun, ketidakteraturan, dll, namun sulit untuk mengetahui contohnya. Strategi ini memiliki dua sifat yang tidak biasa, untuk lebih spesifiknya membuat peramal membutuhkan informasi yang dicatat untuk jangka waktu tertentu, semakin lama waktu pergerakan normal akan menghasilkan pergerakan normal yang lebih mulus.
- b) *Weight Moving Average* Dalam teknik ini, jika sebuah pola diidentifikasi, bobot dapat digunakan untuk lebih menekankan nilai saat ini. Strategi ini membuat prosedur pengukuran lebih mudah menerima perubahan karena periode yang lebih dekat mendapatkan bobot yang lebih berat.

2) Metode *Exponential Smoothing*

Metode *Exponential* merupakan sistem perbaikan terus-menerus untuk menentukan objek persepsi terbaru. Teknik pengukuran ini berpusat di sekitar kebutuhan yang berkurang secara dramatis pada objek persepsi yang lebih berpengalaman. Dalam pemulusan setidaknya ada satu batas pemulusan yang ditunjukkan dengan tegas, dan hasil ini menentukan bobot yang dialokasikan untuk nilai yang diperhatikan. (Douglas C. Montgomery, 2015)

Secara keseluruhan, persepsi yang sedang berlangsung akan diberikan kebutuhan yang lebih tinggi untuk mengukur daripada persepsi yang lebih berpengalaman. Teknik smoothing juga dibagi menjadi beberapa strategi.

a) *Single Exponential Smoothing*

Juga dikenal sebagai smoothing dasar yang digunakan dalam estimasi sesaat, biasanya hanya beberapa bulan ke depan. Model mengharapkan bahwa informasi bervariasi di sekitar rata-rata tetap, tanpa pola atau contoh pengembangan yang stabil.

b) *Double Exponential Smoothing*,

Strategi ini digunakan ketika informasi menunjukkan suatu pola. Pemulusan dalam melihat pola menyerupai pemulusan langsung selain itu kedua bagian harus disegarkan setiap periode tingkat dan pola. Tingkat adalah ukuran dari nilai informasi menjelang akhir setiap periode. Pola adalah ukuran dari perkembangan normal menuju akhir setiap periode.

c) *Triple Exponential Smoothing*

Teknik ini digunakan ketika informasi menunjukkan pola dan perilaku sesekali. Untuk mengelola ketidakaturan, batas kondisi ketiga telah dibuat yang disebut teknik "*Holt Winters*" seperti yang ditunjukkan oleh nama inovator. Ada dua model Holt Winters bergantung pada jenis ketidakaturan, khususnya model Multiplicative sesekali dan model Additive sesekali, yang akan dibicarakan di bagian lain blog ini. Strategi perataan luar biasa yang dibicarakan sebelumnya dapat digunakan untuk hampir semua jenis informasi tetap atau tidak tetap diperbaiki selama informasi tidak mengandung komponen sesekali. Bagaimanapun, jika ada kejanggalan, teknik ini digunakan sebagai pendekatan untuk mengantisipasi informasi yang mengandung variabel sesekali, namun strategi ini saja tidak dapat mengatasi masalah dengan baik.

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Apa yang maksud peramalan?
2. Contoh konsep peramalan dalam dunia kerja?
3. Apa tujuan adanya perencanaan/peramalan dalam bekerja?
4. Apa yang diketahui setelah mempelajari konsep dasar peramalan?
5. Sebutkan karakteristik peramalan?

D. REFERENSI

Agil Saputro, Bambang Purwanggono, 2016. Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode *Exponential Smoothing* Pada PT. Semen Indonesia (Persero). Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, G. Geoffrey Vining. 2015 Introduction to Linear Regression Analysis, Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc

Kisang Ryu, Alfonso Sanchez, 2013. The Evaluation of Forecasting Methods at an Institutional Foodservice Dining Facility. Journal of Hospitality Financial Management vol 11 no 1 hal 27-45.

M. Azman Maricar, 2017. Analysis of Data Mining for Forecasting Total Goods Delivery with Moving Average Method. Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, Indonesia.

Murahartawaty. (2009). Peramalan. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

Vivi Putri, Meylia.(2019) Konsep Dasar Peramalan (16 Februari 2019)

PERTEMUAN 2

METODE PREDIKSI RATA-RATA BERGERAK

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari materi pertemuan ke dua diharapkan mahasiswa dapat Memahami dan menjabarkan tentang “**Metode prediksi rata-rata bergerak**”.

B. URAIAN MATERI

1. Permasalahan dalam peramalan

Peramalan adalah aktivitas penting pertama yang diperlukan dalam perencanaan dan penjadwalan proses. Pengukuran dan evaluasi presisi adalah poin penting dari prediksi. Banyak prediktor dan pengambil keputusan, seperti manajer eksekutif, perencana, manajer produksi, manajer penjualan dan manajer persediaan kebutuhan yang berbeda dalam hal berikut: Waktu suatu peristiwa, misalnya, saat resesi berikutnya akan dimulai; besaran variabel (misalnya, volume penjualan mendekati bulan); waktu dan kuantitas beberapa variabel (misalnya, kapan dan berapa banyak bahan baku khusus); dan pemantauan beberapa kuantitas (misalnya, saham). Manajer membutuhkan prakiraan di atas dan menghadapi masalah harus memilih teknik peramalan dari banyak yang tersedia. Teknik peramalan berkisar dari model naif, rata-rata bergerak, eksponensial pelurusan (tunggal, ganda, dll.), teknik adaptif dan model ekonometrik untuk teknik canggih.

Masalah peramalan sering diklasifikasikan sebagai jangka pendek, jangka menengah dan panjang. Masalah peramalan jangka pendek melibatkan peramalan acara hanya beberapa periode waktu (hari, minggu, bulan) di masa depan. Jangka menengah prakiraan memperpanjang satu sampai dua tahun ke depan, dan prakiraan jangka panjang masalah bisa berlangsung selama bertahun-tahun setelah itu. Prakiraan jangka pendek dan menengah dibutuhkan untuk kegiatan mulai dari manajemen operasi hingga penganggaran dan pemilihan proyek

penelitian dan pengembangan baru. Masalah dampak prakiraan jangka panjang sebagai perencanaan strategis.

Prakiraan jangka pendek dan menengah biasanya didasarkan pada identifikasi, pemodelan, dan ekstrapolasi pola yang ditemukan dalam data historis. Karena data historis ini umumnya menunjukkan kelembaman dan tidak banyak berubah dengan cepat, metode statistik sangat berguna untuk prakiraan jangka pendek dan menengah.

Alasan mengapa peramalan sangat penting adalah karena peramalan peristiwa masa depan merupakan masukan penting dalam banyak jenis proses perencanaan dan pengambilan keputusan. dengan aplikasi di berbagai bidang seperti berikut:

- a. Manajemen operasi. Organisasi bisnis secara rutin menggunakan perkiraan penjualan produk atau permintaan layanan untuk menjadwalkan produksi. mengontrol inventaris, mengelola rantai pasokan, dan menentukan kebutuhan staf. dan kapasitas rencana. Ramalan juga dapat digunakan untuk menentukan campuran produk atau layanan yang akan ditawarkan dan lokasi di mana produk tersebut akan diproduksi.
- b. Pemasaran. Peramalan penting dalam banyak keputusan pemasaran. Perkiraan tanggapan penjualan terhadap pengeluaran iklan, promosi baru atau perubahan dalam kebijakan harga memungkinkan perusahaan untuk menilai keefektifan mereka, menentukan apakah target terpenuhi dan membuat penyesuaian.
- c. Keuangan dan manajemen risiko. Investor dalam aset keuangan tertarik untuk memprediksi pengembalian investasi mereka. Aset ini termasuk, tetapi tidak terbatas pada saham, obligasi, dan komoditas; Keputusan investasi lainnya dapat dibuat dalam kaitannya dengan prakiraan tingkat suku bunga, opsi, dan nilai tukar. Manajemen risiko keuangan memerlukan prakiraan volatilitas pengembalian aset sehingga risiko yang terkait dengan portofolio investasi dapat dinilai dan diasuransikan dan derivatif keuangan dapat dinilai dengan semestinya.
- d. Ekonomi. Pemerintah, lembaga keuangan, dan organisasi politik menuntut prakiraan dari variabel ekonomi utama, seperti produk domestik bruto,

pertumbuhan penduduk, pengangguran, suku bunga, inflasi, pertumbuhan lapangan kerja, produksi dan konsumsi. Prakiraan ini merupakan bagian integral dari panduan di balik kebijakan moneter dan fiskal serta rencana dan keputusan anggaran pemerintah. Mereka juga penting dalam keputusan perencanaan strategis yang dibuat oleh organisasi bisnis dan lembaga keuangan.

- e. Pengendalian Proses Industri. Perkiraan nilai masa depan karakteristik kualitas kritis dari suatu proses produksi dapat membantu menentukan kapan variabel penting yang dapat dikontrol dalam proses harus diubah, atau jika proses tersebut harus ditutup dan dirombak. Bahan kimia umpan balik dan umpan maju banyak digunakan dalam pemantauan dan penyesuaian proses industri, dan prediksi hasil proses merupakan bagian integral seni dari kimia ini.
- f. Demografi. Perkiraan populasi menurut negara dan wilayah merupakan perkiraan, seringkali dikelompokkan berdasarkan variabel seperti jenis kelamin, usia dan ras. Ahli demografi juga memprediksi kelahiran, kematian, dan pola migrasi populasi. Pemerintah menggunakan prakiraan ini untuk merencanakan kebijakan dan tindakan layanan sosial, seperti belanja perawatan kesehatan, program pensiun, dan program untuk memerangi kemiskinan. Banyak perusahaan menggunakan prakiraan populasi menurut kelompok umur untuk membuat rencana strategis mengenai pengembangan lini produk baru atau jenis layanan yang akan ditawarkan.

Konsekuensi bagi organisasi ketika akurasi perkiraan terbatas bisa menjadi serius, terutama jika akurasi terus dibatasi lebih periode waktu. Meremehkan kebutuhan masa depan dapat mengakibatkan hilangnya penjualan atau ketidakmampuan untuk memenuhi komitmen organisasi, misalnya masalah persediaan. Over estimasi, di sisi lain, dapat menyebabkan modal yang berlebihan terkait dengan biaya persediaan yang pada akhirnya tidak mungkin untuk dijual. Dalam pengendalian persediaan, konflik tujuan antara menjaga persediaan tetap rendah dan menghindari kehabisan stok dan kehilangan penjualan itu harus seimbang.

Gardner membandingkan lima studi metode peramalan untuk permintaan intermiten dan sampai pada kesimpulan bahwa kinerja metode yang berbeda

tergantung pada jenis data permintaan dan ukuran kesalahan. Kesimpulan serupa untuk situasi non-intermiten digambarkan oleh Makridakis et al. Saat metode prediksi digunakan, kita ingin tahu seberapa baik metode tersebut dalam memprediksi apa kemungkinan yang akan terjadi. Menurut Armstrong dan Yokom akurasi adalah alasan paling umum untuk menggunakan jenis ramalan tertentu. Alasan kedua untuk menggunakan kesalahan peramalan tertentu adalah karena relatif mudah untuk menafsirkan kesalahan pengukuran. Mathews dan Diamantopoulos menyatakan bahwa satu jenis kesalahan tidak akan cukup untuk mencakup semua aspek yang menarik bagi pengguna mengenai keakuratan prediksi. Meskipun demikian, ada ramalan perangkat lunak yang mengukur hanya satu jenis kesalahan. kesalahan adalah umumnya dianggap terisolasi satu sama lain, atau setidaknya korelasi antara tindakan yang berbeda jarang dibahas. Tak satu pun dari artikel yang dipelajari memiliki mempertimbangkan hubungan antara kesalahan dan metode peramalan ketika Permintaan intermiten menjadi perhatian. (Murahartawaty, 2009)

Menurut Fildes dan Makridakis penelitian prediktif yang berkonsentrasi pada kontribusi teoritis, mengabaikan empiris hasil. Kita tidak dapat memahami bagaimana teori dapat diterima tanpa menguji teori pada data nyata, bukan hanya simulasi. Para ahli statistik teoritis menanggapi kritik tersebut. Clements dan Henry menyatakan bahwa ahli statistik teoritis tidak mengabaikan hasil empiris. Referensi, yang digunakan Clements dan Henry untuk membuktikan pendapat mereka, ada tiga referensi dari penulis lain dan sepuluh referensi dari diri mereka sendiri. Bulan dkk menggambarkan penelitian prediktif sebagai penelitian yang menekankan mengembangkan metode peramalan baru dari pada mengidentifikasi kebutuhan profesional di lingkungan di mana metode peramalan diharapkan untuk berkontribusi pada suatu organisasi.

Ada banyak studi penelitian yang merangkum akurasi dan kinerja teknik peramalan kuantitatif dan kualitatif. Misalnya, beberapa penelitian menunjukkan bahwa teknik kuantitatif berkinerja lebih baik daripada teknik kualitatif, sementara yang lain menemukan hasil yang berlawanan atau kinerjanya hampir sama. Survei lain mengevaluasi kinerja model tertentu dalam kaitannya dengan model lain. Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa teknik peramalan sederhana bekerja

sama baiknya dengan teknik canggih dan, dalam beberapa kasus, lebih baik. Peneliti lain telah menunjukkan pentingnya menggunakan teknik peramalan campuran dan dampaknya pada peningkatan akurasi, baik menggunakan pendekatan pencampuran sederhana atau berbobot. Informasi rinci tentang banyak penemuan dirangkum dalam sebuah artikel oleh Mahmoud, yang secara singkat merangkum beberapa penemuan yang paling penting. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode kuantitatif mengalahkan metode kualitatif. Ini sangat penting bagi para profesional yang ingin meningkatkan keakuratan perkiraan mereka. Peramal atau praktisi harus, bagaimanapun, menyadari keadaan tertentu di mana penelitian empiris telah menunjukkan keunggulan metode kuantitatif. Hanya ketika keadaan serupa dalam praktiknya, prediksi yang lebih akurat dapat diharapkan menggunakan teknik kuantitatif. Misalnya, ketika peramal berurusan dengan sejumlah pengamatan sebelumnya yang terbatas, penerapan metode kualitatif mungkin lebih tepat.

Armstrong menyarankan bahwa adalah menguntungkan untuk bereksperimen dengan lebih dari satu metode kualitatif, karena beberapa lebih akurat daripada yang lain. Kesimpulan lain yang menarik dari sudut pandang praktisi yang telah diungkapkan oleh banyak penelitian sebelumnya adalah bahwa metode peramalan sederhana bekerja sama akuratnya dengan metode yang canggih. Hal ini telah dibuktikan oleh berbagai penelitian. Implikasi dari temuan ini adalah untuk mendorong praktisi untuk melihat metode peramalan sebagai seperangkat metode dalam kemampuan mereka untuk memahami dan menggunakannya. Hal ini terutama berlaku untuk manajer yang ingin memprediksi dan menghadapi ketidakpastian masa depan, tetapi tidak memiliki pelatihan atau pengalaman untuk menangani teknik peramalan yang sangat kompleks. Bagi para ahli teori, implikasinya adalah memfokuskan upaya mereka pada pengembangan dan penyempurnaan model prediksi yang disederhanakan dan penyederhanaan teknik yang lebih kompleks. (Vivi Putri, 2019)

Upaya dalam aktivitas peramalan melibatkan dua jenis biaya. Sementara lagi upaya peramalan menyebabkan peningkatan biaya karena pengumpulan dan analisis data; aktivitas peramalan yang lebih sedikit melibatkan hilangnya pendapatan, yang mungkin disebabkan oleh: tenaga kerja, bahan yang tidak

direncanakan, atau biaya modal yang tidak direncanakan. Oleh karena itu, setiap perusahaan harus jaga keseimbangan dalam upaya peramalan anda dan jaga agar zona tetap dekat dengan akurasi offset biaya. Beberapa pembongkaran (selain beberapa pengembangan) adalah selama beberapa tahun terakhir di bidang industri yang menawarkan kita semua kesempatan untuk mengintegrasikan peramalan dan pengambilan keputusan. Studi kasus ini pekerjaan penelitian dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran akan istilah "Perkiraan Penjualan". Hampir semua keputusan manajerial didasarkan pada prediksi. Setiap keputusan menjadi operasional di beberapa titik dalam masa depan, sehingga harus didasarkan pada prediksi kondisi masa depan. Prediksinya adalah dibutuhkan di seluruh organisasi - dan tentu saja tidak boleh diproduksi oleh sekelompok ahli meteorologi yang terisolasi. Tak satu pun dari prediksi yang "selesai". Prakiraan diperlukan terus menerus dan, seiring berjalannya waktu, dampak dari prediksi tentang kinerja aktual diukur; perkiraan asli diperbarui; dan keputusan diubah dan sebagainya. Oleh karena itu, peramalan adalah metode untuk menerjemahkan pengalaman masa lalu ke dalam perkiraan di masa depan.

2. Pertimbangan dalam metode peramalan

Beberapa metode yang paling umum untuk memprediksi permintaan yang terputus putus adalah SES dan rata-rata bergerak. Rata-rata bergerak adalah rata-rata dari sejumlah tetap permintaan dari periode sebelumnya, saat permintaan baru terjadi. Namun, kemampuan SES adalah memprediksi pergerakan yang lambat item atau permintaan intermiten dipertanyakan. Croston menyajikan metode yang diperbarui hanya jika ada permintaan dan oleh karena itu prakiraan akurasi harus meningkat. Metode ini terdiri dari dua prediksi, satu untuk prediksi permintaan dan lainnya untuk periode antara permintaan. Segerstedt menyarankan varian Croston, tetapi dengan prediksi. Syntetos dan Boylan mempresentasikan versi Croston di mana koreksi bias ditambahkan. Hal ini merupakan kesalahan sistematis ketika perkiraan rata-rata jauh di atas atau di bawah permintaan selama periode yang dijadwalkan.

Pertimbangan penting dalam memilih metode peramalan untuk aplikasi tertentu adalah jenis pola dalam data. Biasanya ada empat pola data yang berbeda: horizontal, musiman, siklus dan tren. Namun, mungkin menemukan bahwa satu atau lebih dari pola ini mungkin ada dalam deret waktu tertentu. Mengidentifikasi jenis data akan memungkinkan peramal untuk fokus pada sekelompok metode yang paling cocok untuk pola data tertentu.

Namun, sebelum pola data diidentifikasi, penting bahwa peramal mengenali ketergantungan metode peramalan apapun pada database 3-reliable. Untuk Misalnya, Mahmoud dan Rice dan Mahmoud memberikan informasi dalam berbagai database yang tersedia yang akan berguna bagi organisasi atau bisnis internasional. Daftar tersebut mengidentifikasi jenis data yang tersedia dan penerapannya dalam peramalan. Selain itu, mereka membahas pentingnya mengukur keakuratan database dan bagaimana keandalannya akan diidentifikasi untuk sumber tertentu. Operasi yang tepat dan pemeliharaan yang akurat dan tepat waktu sistem data memberi peramal instrumen untuk mengontrol dan meminimalkan kerugian dari berbagai metode peramalan. Dan maka dari itu, penting untuk mengevaluasi database yang tersedia untuk memverifikasi keandalan data sebelum menganalisis pola data. Akhirnya, dari sudut pandang praktis, jika berharga hasil harus diperoleh dengan penerapan model peramalan, manajer dan analis harus ingat bahwa perkiraan seakurat kumpulan data tentang yang berbasis.

3. Rata-rata Bergerak Sederhana

Simple Moving Average (SMA) adalah rata-rata pergerakan aritmatika yang dihitung dengan menambahkan harga terkini dan kemudian membagi angka tersebut dengan jumlah periode waktu dalam rata-rata yang dihitung. Misalnya, Anda dapat menambahkan harga penutupan sekuritas untuk beberapa periode waktu dan kemudian membagi total itu dengan jumlah periode waktu yang sama. Rata-rata jangka pendek merespon dengan cepat terhadap perubahan harga sekuritas yang mendasarinya, sementara rata-rata jangka panjang lebih lambat bereaksi. Metodenya sederhana rata-rata dari n pengamatan terakhir. Gunakan

rata-rata dari N pengamatan terbaru untuk memprediksi periode berikutnya. Dari satu periode ke periode berikutnya, mean "bergerak" menggantikan pengamatan tertua di rata-rata dengan pengamatan terbaru. Dalam prosesnya, penyimpangan jangka pendek dalam kumpulan data "dihaluskan".

Rumus untuk menghitung rata-rata pergerakan sederhana suatu sekuritas adalah sebagai berikut:

$$SMA = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}$$

Dimana:

A = Rata-rata pada periode n

n = Jumlah periode waktu

4. ***Moving Average*** (rata-rata bergerak)

Moving Average atau rata-rata bergerak adalah indikator teknis yang dikenal luas yang digunakan untuk memprediksi data masa depan dalam analisis deret waktu. Dalam perkembangannya banyak variasi dan implementasi yang dilakukan oleh para peneliti. Menurut Ng Ee Hwa , *Moving Average* (MA) adalah alat yang biasa digunakan oleh analis pasar, sama populernya dengan penggunaan garis tren dan pola grafik untuk memahami perilaku harga saham. Harga suatu saham dapat berfluktuasi banyak dari waktu ke waktu karena seringnya terjadi perubahan di pasar sentimen, sektor atau industri yang dipertaruhkan dan pengambilan keuntungan. Ini membuat interpretasi dari pergerakan harga dasar dari saham yang sulit. Oleh karena itu, biasanya rata-rata bergerak diambil dengan harga rata-rata selama periode waktu tertentu, menghasilkan garis yang lebih halus. Meskipun periode waktu tertentu yang digunakan untuk membentuk garis MA tergantung pada cakrawala investasi dan preferensi individu, periode seperti 20 hari, 50 hari, 100 hari dan 200 hari yang umum digunakan.

Moving Average atau rata-rata bergerak juga merupakan metode yang menggunakan kumpulan data yang ada sebelumnya untuk menghasilkan kalkulasi

prakiraan di masa depan [3]. Rumus rata-rata bergerak dapat dilihat pada formulasi (1) [10].

$$F(x) = \frac{A_{x-1} + A_{x-2} + A_{x-3} + \dots + A_{x-n}}{n}$$

Ket: $F(x)$ = Peramalan dalam periode x

$A_{x-1}, A_{x-2}, A_{x-3} \dots A_{x-n}$ = Data aktual dalam periode sebelum periode yang akan dihitung

n = jumlah periode yang digunakan

Misalkan $(t_1, y_1), (t_2, y_2), \dots, (t_n, y_n)$ adalah deret waktu yang diberikan $y_1, y_2, \dots, y_n$ adalah nilai dari variabel y ; sesuai dengan periode waktu $t_1, t_2, \dots, t_n$, masing-masing.

Rata-rata pergerakan orde m didefinisikan sebagai

$$\frac{y_1 + y_2 + \dots + y_m}{m}; \quad \frac{y_2 + y_3 + \dots + y_{m+1}}{m};$$

Di sini $y_1 + y_2 + \dots + y_m, y_2 + y_3 + \dots + y_{m+1}, \dots$ disebut total bergerak dari m . Saat menggunakan rata-rata bergerak untuk memperkirakan tren, kita harus memutuskan seperti apa urutan rata-rata bergerak. Urutan rata-rata bergerak harus sama dengan durasi siklus dalam deret waktu. Jika urutan rata-rata bergerak diberikan dalam soal itu sendiri, kita akan menggunakan urutan ini untuk menghitung rata-rata bergerak. Urutan rata-rata bergerak bisa ganjil atau genap.

Rata-rata pergerakan urutan 3 adalah

$$\frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}; \quad \frac{y_2 + y_3 + y_4}{3}; \dots; \quad \frac{y_{n-2} + y_{n-1} + y_n}{3}$$

Rata-rata bergerak ini disebut nilai tren. Mereka dianggap sesuai dengan tahun ke-2, ke-3, ..., $(n-1)$. Menghitung nilai tren menggunakan rata-rata pergerakan pesanan genap agak rumit. Langkah-langkah berikut terlibat dalam metode ini:

- a. Langkah 1: Pada langkah pertama, sekelompok tahun awal (periode), yang merupakan siklus, dipilih untuk perhitungan rata-rata. Rata-rata ini ditempatkan sebelum pertengahan tahun grup.
- b. Langkah 2: Sekarang hapus nilai tahun pertama dari grup dan tambahkan nilai tahun berikutnya ke grup. Temukan rata-rata kelompok yang dibentuk kembali dan letakkan di depan kelompok ini.
- c. Langkah 3: Jika jumlah tahun dalam suatu kelompok ganjil, tahun tengah akan ditemukan tanpa masalah. Tetapi jika jumlah tahun dalam kelompok itu genap, rata-rata dari rata-rata berpasangan dihitung dan ditempatkan terhadap pertengahan tahun untuk keduanya.
- d. Langkah 4: Ulangi Langkah 2 sampai semua tahun data habis.
- e. Langkah 5: Rata-rata bergerak yang dihitung dianggap sebagai deret waktu yang dibuat secara artifisial.
- f. Langkah 6: Plot rata-rata bergerak ke kertas grafik yang membutuhkan waktu bertahun-tahun di sepanjang sumbu x dan rata-rata bergerak di sepanjang sumbu y, pilih skala yang sesuai.
- g. Langkah 7: Bergabunglah dengan titik-titik yang diplot dalam urutan periode waktu. Grafik yang dihasilkan memberikan tren.

Selayaknya suatu metode peramalan permintaan, rata-rata bergerak juga memiliki kelebihan dan juga kekurangan, yaitu:

- a. Kelebihan dan Kekurangan Metode Rata-Rata Bergerak
 - 1) Metode rata-rata bergerak menghilangkan fluktuasi jangka pendek.
 - 2) Mengurangi efek nilai ekstrim.
 - 3) Sebagai metode tangan bebas, metode ini tidak tunduk pada bias dan bias pribadi estimator.
 - 4) Metode ini merupakan metode yang fleksibel.
- b. Kekurangan Metode Rata-Rata Bergerak
 - 1) Metode rata-rata bergerak tidak sepenuhnya matematis.

- 2) Jika seri yang diberikan terlalu besar, menghitung rata-rata bergerak akan menjadi rumit.
- 3) Memilih periode rata-rata bergerak membutuhkan banyak kehati-hatian. Jika periode yang tidak tepat dipilih, gambaran tren yang sebenarnya tidak dapat diperoleh. Hal ini sangat dipengaruhi oleh nilai-nilai ekstrim

Contoh:

Berikut ini merupakan data permintaan produk dari Januari sampai dengan September 2020.

Tabel 2.1 Tabel permintaan periode Jan-Sep 2020

Periode (2020)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep
Permintaan	65	95	80	115	105	135	125	150	140

Dari tabel permintaan di atas tentukan nilai peramalan periode Oktober 2020 dengan menggunakan metode:

- a. Rata-rata bergerak 3 bulanan (MA-3)
- b. Rata-rata bergerak 4 bulanan (MA-4)

Jawab:

- a. Hasil perhitungan peramalan dengan menggunakan metode rata-rata bergerak 3 bulanan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Hasil Perhitungan Metode Rata-rata Bergerak 3 Bulanan

Periode (2020)	Permintaan	Hitungan	Nilai Peramalan
Jan	65	-	-
Feb	95	-	-

Mar	80	-	-
Apr	115	$(65+95+80)/3$	80.0
Mei	105	$(95+80+115)/3$	96.7
Juni	135	$(80+115+105)/3$	100.0
Jul	125	$(115+105+135)/3$	118.3
Agst	150	$(105+135+125)/3$	121.7
Sept	140	$(135+125+150)/3$	136.7
D Okt a	?	$(125+150+140)/3$	138.3

ri hasil perhitungan dengan menggunakan metode peramalan rata-rata bergerak (*Moving Average*) 3 bulanan pada periode oktober adalah 138.3

- b. Hasil perhitungan peramalan dengan menggunakan metode rata-rata bergerak 4 bulanan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Hasil Perhitungan Metode Rata-rata Bergerak 4 Bulanan

Periode (2020)	Permintaan	Hitungan	Nilai Peramalan
Jan	65	-	-
Feb	95	-	-
Mar	80	-	-
Apr	115	-	-
Mei	105	$(65+95+80+115)/4$	88.8
Juni	135	$(95+80+115+105)/4$	98.8

Jul	125	$(80+115+105+135)/4$	108.8
Agst	150	$(115+105+135+125)/4$	120.0
Sept	140	$(105+135+125+150)/4$	128.8
Okt	?	$(135+125+150+140)/4$	137.5

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode peramalan rata-rata bergerak (Moving Average) 3 bulanan pada periode oktober adalah 137.5

C. LATIHAN SOAL / TUGAS

1. Apa definisi dari rata-rata bergerak?
2. Sebutkan kelemahan dan kelebihan metode rata-rata bergerak !
3. Berikut jumlah permintaan produk selama periode 2021

Periode	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Permintaan	109	111	101	90	123	110	112	130	124	107	121	?

Hitunglah nilai peramalan periode desember dengan menggunakan metode rata-rata bergerak 3 bulanan dan 4 bulanan?

4. Sebutkan tiga aspek Prosedur peramalan rata-rata bergerak!

D. REFERENSI

Agil Saputro, Bambang Purwanggono, 2016. Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode *Exponential Smoothing* Pada PT. Semen Indonesia (Persero). Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, G. Geoffrey Vining. © 2015 Introduction to Linear Regression Analysis, Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc

Kisang Ryu, Alfonso Sanchez, 2013. The Evaluation of Forecasting Methods at an Institutional Foodservice Dining Facility. Journal of Hospitality Financial Management vol 11 no 1 hal 27-45.

M. Azman Maricar, 2017. Analysis of Data Mining for Forecasting Total Goods Delivery with *Moving Average Method*. Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, Indonesia.

PERTEMUAN 3

METODE PERAMALAN RATA-RATA BERGERAK TERBOBOT (*WEIGHTED MOVING AVERAGE*)

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Mahasiswa mengerti dan memahami cara melakukan peramalan dengan tepat, dengan cara mengukur nilai permintaan barang dari data sebelumnya sebagai dasar untuk mendapatkan perkiraan jumlah permintaan barang untuk mengurangi terjadinya overstock barang.

B. URAIAN MATERI

1. Latar Belakang

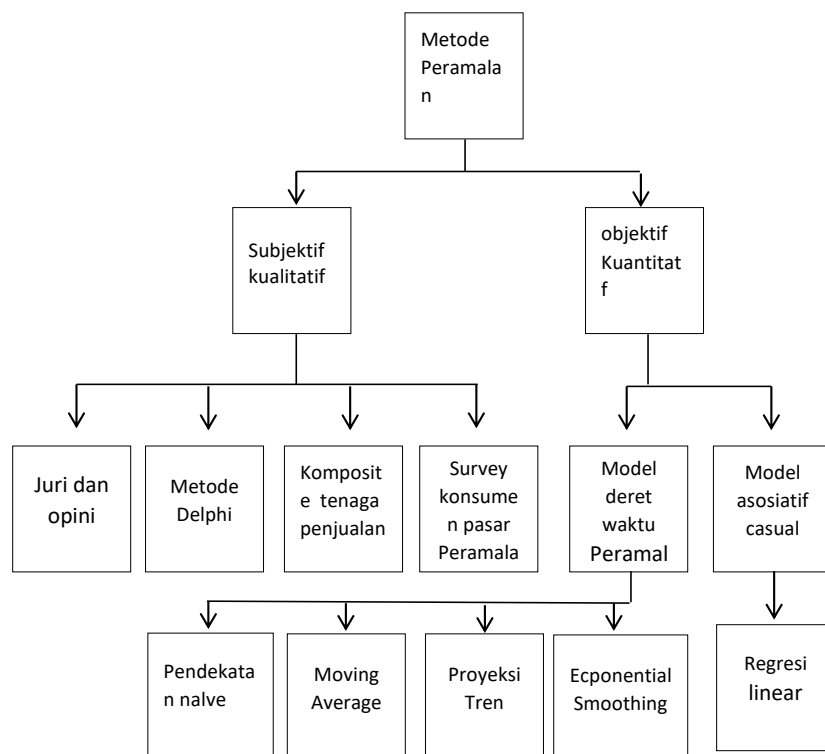
Dalam proses pengelolaan persediaan masalah yang sering di alami adalah risiko persediaan yang berlebihan. terdapat beberapa penyebab terjadinya inventory backlog, yang pertama tingginya volume penjualan, dan yang lainnya adalah umur simpan barang yang terbatas. Persediaan yang berlebihan akan menyebabkan kelebihan modal kerja, karena persediaan yang terlalu banyak pada akhirnya akan menjadi barang yang tidak dapat dijual karena keusangan, kadaluarsa, perubahan rasa atau alasan lainnya. Maka dari itu sistem metode peramalan diperlukan untuk mendapatkan perkiraan jumlah permintaan, dari peramalan penjualan ini perusahaan juga dapat mengukur jumlah order pada bulan berikutnya, sehingga perusahaan dapat memenuhi permintaan konsumen dan dapat membantu perusahaan untuk mengontrol barang yang ada di gudang.

Peramalan adalah bagian terpenting dari setiap keputusan manajemen untuk setiap perusahaan atau organisasi bisnis. Metode peramalan digunakan sebagai dasar perencanaan jangka pendek, menengah dan panjang suatu perusahaan. Dalam metode *weighted Moving Average* (WMA), menggunakan perhitungan sederhana, untuk setiap data masa lalu yang ada teknik WMA memberikan bobot nilai yang berbeda , dengan asumsi bahwa data historis terbaru akan menghasilkan bobot yang lebih besar dari pada data historis lama. data terbaru

adalah ramalan data yang paling relevan. Metode ini menghasilkan penyesuaian nilai bobot, tetapi sulit untuk menentukan bobot yang optimal.

2. Peramalan

Peramalan adalah proses memperkirakan permintaan masa depan terkait dengan kuantitas, kualitas, waktu terjadinya dan lokasi di mana jasa atau produk terkait dibutuhkan. “(Herianto dan Solikin, 2015,). Metode peramalan dirancang untuk memperkirakan permintaan barang , penggunaan produk, dan permintaan pasar sehingga jumlah produksi produk tersebut sesuai. Metode peramalan bertujuan untuk memperkiraan permintaan masa depan berdasarkan data formal dan informal. Metode peramalan memiliki ide dasar yaitu menggunakan data- data penjualan sebelumnya untuk memprediksi data permintaan masa depan. Berdasarkan teknologi ini, metode ini dapat dibagi menjadi metode kualitatif dan metode kuantitatif



Gambar 3.1 Metode Peramalan Menurut Heizer dan Renderr

Peramalan digunakan ketika akan mengambil keputusan. pengambilan keputusan yang baik adalah yang berdasarkan pada apa yang terjadi setelah keputusan itu dibuat. Metode peramalan dirancang sebagai upaya untuk mengurangi dampak ketidakpastian pada masalah permintaan barang. Sehingga tujuan dari metode peramalan adalah untuk menghasilkan peramalan yang dapat mengurangi kesalahan perkiraan, biasanya diukur dengan kuadrat rata-rata *Error* (MSE), *mean absolute Deviation* (MAD), mean persentase *error* absolut (MAPE) dan lain-lain. Akurasi penelitian sangat penting, tetapi harus ditunjukkan bahwa Selalu ada kesalahan dalam perkiraan, jadi yang perlu diperhatikan adalah upaya meminimalkan kesalahan peramalan. (Candra, 2019).

3. Pemilihan dan Pengendalian Teknik Peramalan

Pemilihan teknik peramalan sangat perlu dilakukan. Pemilihan teknik diperlukan untuk mendapatkan akurasi setinggi mungkin, agar mendapatkan penyimpangan yang rendah antara hasil prakiraan dan kenyataan. Selain memeriksa keakuratan, peramalan juga dipilih mengikuti tingkat respons pada perubahan data. Selain itu, bila terjadi data yang menunjukkan data yang berulang, teknik peramalan yang

Setelah memilih teknik peramalan, maka selanjutnya adalah melakukan proses kontrol atas proses peramalan. Teknik peramalan dapat diperiksa serta kontrol proses produksi dengan bantuan daftar periksa. Dengan menggunakan diagram kendali, proses peramalan dapat membedakan antara kondisi yang masih berguna secara signifikan dan kondisi abnormal yang sulit untuk ditangani. Oleh karena itu, beberapa metode peramalan digunakan secara bersamaan dan diamati kemajuannya pada peta kendali untuk berganti ke metode yang berbeda saat terjadi kegagalan pada teknik peramalan.

4. *Weight Moving Average*

Weight Moving Average (WMA) adalah metode yang digunakan untuk menentukan tren suatu deret waktu dan digunakan untuk data yang tidak

mengalami perubahan dengan cepat. metode WMA menerapkan beberapa data permintaan terbaru untuk menghasilkan perkiraan jumlah order di masa mendatang (Nugroho, 2017). *Weight Moving Average* menghasilkan nilai yang berlainan untuk setiap data historis masa lalu yang tersedia. Diasumsikan bahwa data historis terbaru akan memiliki bobot yang lebih besar daripada data historis lama, karena data terakhir yang didapat adalah data yang paling relevan. Keuntungan lain dari metode *Weight Moving Average* adalah nilai bobot dapat disesuaikan, tetapi sulit untuk menentukan bobot yang optimal.

Secara matematis perhitungan *Weighted Moving Average* dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$WMA(n) = \frac{\sum (\text{Pembobot periode nilai } n) (\text{Permintaan aktual periode } a)}{\sum \text{Pembobot}}$$

Keterangan

Data = Data aktual pada periode t

Bobot = Penilaian sesuai panjang periode

Pemberian bobot untuk model rata-rata bergerak n-periode terbobot WMA(n) Secara umum dilakukan dengan rumus seperti berikut:

Tabel 3.1 Pemberian Bobot untuk Model WMA

Periode	Koefisien Pembobot (P)
1 periode lalu	N
2 periode lalu	n-1
3 periode lalu	n-2
:	:
n-1 periode lalu	n - (n - 2) = 2
n periode lalu	n - (n - 1) = 1
Jumlah	$\sum p_i (i = 1, 2, \dots, n)$

Pada **Tabel 1.1** terlihat bahwa periode lalu yang terbaru diberikan bobot yang lebih besar dibanding periode terdahulu karena pada periode terbaru permintaan

masih konstan. Sedangkan contoh pemberian bobot untuk *Weighted Moving Average* 4 bulan terbobot dilakukan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Contoh Pemberian bobot WMA 4 Bulan

Periode (Bulan)	Koefisien Pembobot
1 bulan yang lalu	4
2 bulan yang lalu	3
3 bulan yang lalu	2
4 bulan yang lalu	1
Jumlah	10

Contoh pemberian bobot untuk *Weighted Moving Average* 3 bulan terbobot dilakukan, sebagai berikut.

Tabel 3.3 Contoh Pemberian bobot WMA 3 Bulan

Periode (Bulan)	Koefisien Pembobot
1 bulan yang lalu	3
2 bulan yang lalu	2
3 bulan yang lalu	1
jumlah	6

Sementara itu rumus perhitungan galat adalah sebagai berikut:

$$E_t = x_t - f_t$$

Keterangan :

E_t = Nilai galat

x_t = Data aktual pada priode ke t

f_t = Data peramalan pada periode t

Keakuratan hasil prediksi sangat penting dalam sistem prediksi, yaitu bagaimana menggunakan data prediksi untuk mengukur penerapan data yang ada. MAD adalah nilai rata-rata dari nilai mutlak simpangan. MAD adalah metode yang menggunakan angka kesalahan absolut untuk mengevaluasi metode peramalan. Mean Absolute Deviation (MAD) mengukur keakuratan prediksi dengan kesalahan estimasi rata-rata (nilai absolut dari setiap kesalahan). MAD berguna saat mengukur kesalahan prediksi dalam unit yang sama dengan seri aslinya. Nilai MAD dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n y(t) - y'(t)}{n}$$

Keterangan :

$y(t)$ = Nilai aktual pada periode t

$y'(t)$ = Nilai hasil peramalan pada periode t

t = Periode peramalan

n = Banyaknya data

$$\text{Tracking Signal} = \frac{RSFE}{MAD}$$

RSFE = kumulatif (penjumlahan) kolom *error*

MAD = pembagian kolom kumulatif absolut *error* dengan kolom periode

Untuk dapat mengetahui ukuran kesalahan peramalan adalah menggunakan Mean Squared Error. Rumus untuk menghitung MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}$$

Keterangan :

- X_t = Nilai aktual pada periode t
 F_t = Nilai hasil peramalan pada periode t
 t = Periode peramalan
 n = Banyaknya data

5. Contoh Perhitungan *Weight Moving Average*

CV sumber rezki adalah perusahaan yang memproduksi kursi kayu, mempunyai masalah dalam merencanakan produksi, karena permintaan barang setiap bulan yang tidak menentu, CV sumber rezki harus memproduksi dengan jumlah yang sesuai agar tidak mengalami kerugian, CV sumber rezki ingin memprediksikan berapa kursi yang di produksi di bulan Januari 2022. Dengan data permintaan sebagai berikut:

Tabel 3.4 Data Permintaan Barang

Bulan	Indeks Waktu (t)	Permintaan Aktual
Jan	1	76
Feb	2	78
Mar	3	90
Apr	4	84
Mai	5	79
Jun	6	86
Jul	7	88
Agu	8	83
Sept	9	78

Okt	10	81
Nov	11	86
Des	12	82
Jan-22	13	???

Untuk menyelesaikan persoalan di atas maka kita bisa menggunakan menggunakan rumus metode WMA sebagai berikut:

$$\text{WMA (n)} = \sum \frac{(\text{Pembobot periode nilai n}) (\text{Permintaan aktual periode a})}{\sum \text{Pembobot}}$$

Perhitungan bulan Mei

$$\text{WMA} = ((4 \times 84) + (3 \times 90) + (2 \times 78) + (1 \times 76)) / 10 = 83,8$$

Perhitungan bulan juni :

$$\text{WMA} = ((4 \times 79) + (3 \times 84) + (2 \times 90) + (1 \times 78)) / 10 = 82,6$$

Perhitungan bulan juli :

$$\text{WMA} = ((4 \times 86) + (3 \times 79) + (2 \times 84) + (1 \times 90)) / 10 = 83,9$$

Perhitungan bulan agustus :

$$\text{WMA} = ((4 \times 88) + (3 \times 86) + (2 \times 79) + (1 \times 84)) / 10 = 85,2$$

Perhitungan bulan september :

$$\text{WMA} = ((4 \times 83) + (3 \times 88) + (2 \times 86) + (1 \times 79)) / 10 = 84,7$$

Perhitungan bulan oktober :

$$\text{WMA} = ((4 \times 78) + (3 \times 83) + (2 \times 88) + (1 \times 86)) / 10 = 82,3$$

Perhitungan bulan November :

$$\text{WMA} = ((4 \times 81) + (3 \times 78) + (2 \times 83) + (1 \times 88)) / 10 = 81,2$$

Perhitungan bulan Desember :

$$WMA = ((4 \times 86) + (3 \times 81) + (2 \times 78) + (1 \times 83)) / 10 = 82,6$$

Perhitungan bulan Januari 22

$$WMA = ((4 \times 82) + (3 \times 86) + (2 \times 81) + (1 \times 78)) / 10 = 82,6.$$

Hasil perhitungan menggunakan metode *Weighted Moving Average* 4 bulanan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut ini:

Tabel 3.5 Menghitung nilai WMA (4)

Bulan	Indeks Waktu (t)	Permintaan Aktual	Hitungan
Jan	1	76	
Feb	2	78	
Mar	3	90	
Apr	4	84	
Mai	5	79	83,8
Jun	6	86	82,6
Jul	7	88	83,9
Agu	8	83	85,2
Sept	9	78	84,7
Okt	10	81	82,3
Nov	11	86	81,2
Des	12	82	82,6
Jan-22	13	???	82,6

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa kemungkinan permintaan jumlah kursi CV. sumber rezki pada Bulan Januari 2022 sebanyak 82,6 unit atau dibulatkan menjadi 83 unit.

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Jelaskan fungsi dari metode WMA?
2. Bagaimana cara menghitung WMA?
3. Jelaskan perbedaan teknik WMA dengan teknik permalan Rata-rata Bergerak Sederhana?
4. Jelaskan mengapa rata-rata tertimbang lebih akurat dibandingkan dengan Rata-rata Bergerak Sederhana?
5. PT. ABG memproduksi kursi berkualitas, PT ABG merencanakan produksi pada bulan Januari 2022. , berapakah permintaan yang akan PT. ABG terima pada bulan Januari 2022 ? . Data permintaan sebagai berikut :

Bulan	Indeks Waktu (t)	Permintaan Aktual
Januari	1	76
February	2	78
March	3	90
April	4	84
May	5	79
June	6	86
July	7	88

August	8	83
September	9	78
October	10	81
November	11	86
December	12	82
Jan-22	13	???

D. REFRENSI

- Alfarisi, S. (2017). Sistem Prediksi Penjualan Gamis Toko QITAZ Menggunakan Metode Single *Exponential Smoothing*. JABE (Journal of Applied Business and Economic), 4(1), 80-95.
- Dikdawan, Y. E., Pradibta, H., & Astiningrum, M. (2016, November). Peramalan Penjualan Sparepart Motor Honda Menggunakan Metode Trendmoment (Studi Kasus: AHASS MOTOR PARE).
- Gofur, A. A. (2015). Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material Unit Injection di PT.XYZ. Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika, 2(2).
- Nurlifa, A., & Kusumadewi, S. (2017). Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average Pada Rumah Jilbab Zaky. INOVTEK Polbeng-Seri Informatika, 2(1), 18-25.
- Palmitraazzah, A., Slamini, S., & Juwita, O. Sistem Perencanaan Dan Peramalan Distribusi Produk Berdasarkan Jumlah Permintaan Menggunakan Metode Weight Moving Average. Skripsi, 1-177
- Riyadi, S. (2015). Aplikasi Peramalan Penjualan Obat Menggunakan Metode Pemulusan (Studi Kasus: Instalasi Farmasi Rsud Dr Murjani). SEMNASTEKNOMEDIA ONLINE, 3(1), 5-3.

PERTEMUAN 4

MENENTUKAN NILAI KESALAHAN (*ERROR*) METODE RAMALAN

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Mahasiswa mampu Memahami dan menentukan nilai kesalahan metode peramalan dengan menghitung nilai MAD, MSE, MAPE serta menentukan tingkat keandalan suatu metode peramalan dengan *Tracking Signal*.

B. URAIAN MATERI

1. Peramalan

Peramalan adalah ilmu yang digunakan untuk meramalkan suatu hal atau nilai yang belum terjadi dan mempunyai tujuan untuk meramalkan sesuatu yang bisa terjadi di masa yang akan datang. Peramalan penting dan berlaku untuk industri dan bisnis, pemerintahan, politik, ekonomi, kedokteran, akuntansi, sosial, lingkungan, dan lain-lain, Dari definisi tersebut peramalan memiliki prosedur yaitu:

- a. Menganalisa masalah
- b. Pengumpulan data
- c. Kumpulkan data yang akan dianalisis
- d. Pilih metode yang akan digunakan
- e. Pengujian metode yang dipilih
- f. Menggunakan metode yang dipilih
- g. Pantau kinerja metode perkiraan

Peramalan juga merupakan teknik untuk menerjemahkan pengalaman masa lalu menjadi perkiraan masa depan. Perkiraan tersebut melibatkan studi yang cermat terhadap data sebelumnya dan skenario saat ini. Tujuan utama dari ramalan adalah untuk memperkirakan kejadian, waktu atau besarnya acara di masa depan. Telah banyak penelitian penelitian yang merangkum keakuratan dan kinerja teknik peramalan kuantitatif dan kualitatif. Misalnya beberapa penelitian

telah menunjukkan bahwa teknik kuantitatif melakukan lebih baik daripada teknik kualitatif, sementara yang lain menemukan sebaliknya. Banyak studi menunjukkan bahwa teknik peramalan sederhana berhasil sebaik yang diharapkan teknik dan dalam beberapa kasus mereka melakukannya lebih baik. Peneliti lain telah menunjukkan pentingnya menggunakan teknik perkiraan gabungan dan dampaknya meningkatkan akurasi menggunakan pendekatan kombinasi sederhana atau pendekatan yang berbobot.

Pertimbangan utama dalam pemilihan metode peramalan untuk aplikasi tertentu adalah jenis pola dalam data. Biasanya, ada empat pola data yang berbeda: horizontal, musiman, siklus, dan tren. Namun, orang mungkin menemukan bahwa satu atau lebih dari pola ini bisa ada dalam rangkaian waktu tertentu. Mengidentifikasi jenis data akan memungkinkan peramal untuk berkonsentrasi pada sekelompok metode yang lebih cocok untuk pola data tertentu. Namun, sebelum pola data diidentifikasi, penting bagi peramal untuk mengenali ketergantungan metode peramalan apa pun pada database 3 yang andal. Misalnya, Mahmoud dan Rice memberikan informasi tentang berbagai basis data yang tersedia yang akan berguna untuk organisasi atau bisnis internasional. Daftar tersebut mengidentifikasi jenis data yang tersedia dan penerapannya dalam peramalan. Juga, mereka membahas pentingnya mengukur keakuratan database dan bagaimana seseorang akan mengidentifikasi keandalannya untuk sumber tertentu. Pengoperasian dan pemeliharaan yang tepat dari sistem data yang akurat dan tepat waktu memberikan peramal instrumen yang dapat digunakan untuk mengontrol dan meminimalkan kekurangan berbagai metode prakiraan. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi database yang tersedia untuk memverifikasi keandalan data sebelum menganalisis pola data. Akhirnya, dari sudut pandang praktis, jika hasil yang berharga akan diperoleh dari penerapan model prakiraan, manajer dan peramal harus ingat bahwa prakiraan hanya seakurat kumpulan data yang menjadi dasarnya.

Ukuran akurasi peramalan memainkan peran penting dalam mengevaluasi metode peramalan. Akurasi dapat mengacu pada "*goodness of fit*" yang mengukur seberapa baik model peramalan mampu mereproduksi data yang digunakan untuk mengembangkan model peramalan. Yang terpenting, bagaimanapun, itu harus

merujuk ke masa depan (pasca-sampel). Artinya, untuk data yang belum digunakan untuk mengembangkan model peramalan. Akurasi yang dirasakan bervariasi dari satu aplikasi ke aplikasi lainnya atau dari satu pembuat keputusan ke yang lain seperti yang dijelaskan oleh Wheelwright dan Makridakis. Untuk beberapa situasi keputusan, plus atau minus 10% mungkin cukup, namun variasi sedikitnya 5% bisa berarti tidak cukup baik. Jadi, menjadi familiar dengan ukuran akurasi yang berbeda dan pro dan kontra mereka akan memungkinkan para pembuat keputusan yang mencari akurasi tingkat tinggi untuk mencapai perkiraan yang lebih akurat. Meskipun akurasi merupakan faktor penting dalam mengevaluasi prakiraan, sulit untuk menentukannya. Kesulitan dikaitkan dengan tidak adanya ukuran akurasi tunggal yang diterima secara umum. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa ukuran akurasi tertentu sesuai untuk berbagai jenis aplikasi peramalan. Sebagai contoh, ukuran akurasi didefinisikan sebagai fungsi kerugian dan dapat berupa fungsi linier, kuadrat, atau non-simetris. Misalkan model peramalan dapat dipasang paling baik menggunakan model kuadrat dan model akurasi seperti *Mean Absolute Error* (MAE) digunakan yang lebih cocok untuk mengukur fungsi linier atau non-simetris. Dalam hal ini ukuran akurasi tidak sesuai untuk jenis data yang digunakan. Masalah ini dapat dihindari dengan pemahaman yang jelas tentang berbagai ukuran akurasi. Sayangnya, tidak ada pengukuran akurasi tunggal yang dapat diterapkan di setiap situasi peramalan. Selain itu, telah ditunjukkan dalam banyak penelitian bahwa model terbaik yang dipasang (*ex-ante*) dalam hal akurasi tidak selalu memberikan perkiraan terbaik dalam perkiraan fase (*ex-post*). Misalnya, kinerja tiga belas model peramalan diuji dengan serangkaian perwakilan data penjualan mingguan yang mencakup cakrawala waktu 104 minggu, di mana 12 periode digunakan untuk fase *ex-post*. Tiga belas model peramalan berkisar dari metode peramalan naif yang sederhana hingga pendekatan Box-Jenkins yang kompleks. Ketiga belas model peramalan terdaftar dalam urutan *Mean Square Error* (MSE) dari akurasi peramalan. Urutan peringkat MSE adalah dari rendah ke tinggi. Perhatikan bahwa urutan peringkat dari *Mean Square Error* (*ex-ante*) dan *U-Statistic* biasanya terkait erat. Ada sedikit asosiasi antara urutan peringkat dari ukuran akurasi pada fase *ex-ante* dan *ex-post*. Biaya kesalahan peramalan tampaknya tidak terkait dengan ukuran akurasi lain yang digunakan pada fase perkiraan. Beberapa dari tindakan yang paling banyak

diterapkan akan dibahas untuk menunjukkan kelebihan dan kekurangannya. Perlu dicatat bahwa salah satu tujuan umum adalah meminimalkan kesalahan dalam ramalan.

Dengan demikian, kesalahan didefinisikan sebagai: $Error = Actual - Forecast$ or $et = At - Ft$, dimana, et merepresentasikan *error* pada periode t . At mewakili nilai aktual pada periode t dan Ft merupakan nilai prakiraan pada periode t . Untuk deret waktu variabel seperti penjualan produk A, nilai aktual penjualan bulanan produk dari Januari 1980 hingga Desember 1985, yaitu 72 periode. Dengan mengidentifikasi pola data dan memilih model yang sesuai, peramal dapat mengukur kinerja model dengan menghitung total kesalahan dari Januari 1980 hingga Desember 1985 (fase terpasang). Perbedaan antara kedua nilai tersebut (prakiraan aktual) merupakan ukuran kesalahan dalam meramalkan variabel ini untuk setiap periode. Dengan cara ini, t_1 = Januari 2005 dan t_n Desember 2010. Ingatlah bahwa Desember 2011 mewakili arus.

2. Analisis Kesalahan Peramalan

Hampir tidak mungkin untuk selalu mendapatkan ramalan yang akurat. Hal ini disebabkan banyak faktor yang mempengaruhi trend data. Sulit untuk menangkap keterkaitan yang tepat dari faktor-faktor yang mempengaruhi ini. Oleh karena itu, sering terjadi kesalahan dalam nilai prediksi dan nilai sebenarnya. Terkadang penting untuk mengetahui apakah prediktor (teknik peramalan) tidak memihak atau tidak. Model yang tidak memihak harus lebih-lebihkan atau meremehkan perkiraan dengan proporsi yang hampir sama. Ada dua aspek kesalahan peramalan yang harus diperhatikan - Bias dan akurasi. Bias - prakiraan bias jika kesalahannya terjadi lebih banyak di satu arah daripada di arah lain: Metode ini cenderung sub-ramalan atau super-ramalan. Akurasi - keakuratan ramalan mengacu pada jarak dari ramalan permintaan nyata, mengabaikan arah kesalahan ini.

Beberapa indikator umum yang digunakan untuk mengevaluasi akurasi adalah deviasi absolut rata-rata, kesalahan kuadrat rata-rata, kesalahan persentase absolut rata-rata, kesalahan persentase rata-rata, kesalahan kuadrat

rata-rata akar, dan statistik-U. Terlepas dari ukuran yang digunakan, nilai terendah yang dihasilkan menunjukkan model peramalan yang paling akurat. Ramalannya tentu saja tidak akan sama dengan salah atau salah karena tidak ada prediksi. Meskipun banyak digunakan, ini benar-benar akurat digunakan pada berbagai metode peramalan, maka kita harus melakukannya, pilih hasil atau metode yang hampir akurat. Ini dapat dilihat menggunakan Kesalahan pengukuran atau kesalahan penghitungan. Nasution (2003) mengemukakan bahwa mengukur akurasi hasil perkiraan, kesalahan terukur Prakiraan adalah ukuran rasio Perbedaan antara hasil prediksi Permintaan itu terjadi. Menurut Hartini (2011), beberapa rumus dapat digunakan untuk menentukan kriteria perbedaan, antara lain *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Prediksi Error* (MFE), *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Representasi Error* (MAPE) dan *Cumulative Forecast Error* (CFE), sehingga Anda dapat memilih metode prediksi yang hampir akurat. Berikut ini adalah beberapa metode analisis kesalahan prediksi, yaitu:

a. MAD (*Mean Absolute Deviation*)

Deviasi absolut rata-rata. *Mean Absolute Deviation* (MAD) adalah Metode umum untuk mengukur kesalahan ramalan keseluruhan. Heizer dan Render mencatat bahwa nilai ini dihitung dengan membagi jumlah nilai absolut dari kesalahan perkiraan individu dengan ukuran sampel (jumlah periode perkiraan). Persamaannya adalah:

$$\text{MAD} = \frac{\sum |\text{Actual} - \text{forecast}|}{n}$$

Actual = nilai sebenarnya pada periode waktu t

Forecat = nilai ramalan dalam periode waktu t

n = jumlah periode

Jika suatu metode cocok dengan data deret waktu lampau dengan sempurna, MADnya adalah nol, sedangkan jika metode tersebut tidak cocok dengan data deret waktu lampau, MADnya besar. Jadi, jika dua atau lebih metode peramalan dibandingkan, metode dengan MAD minimum dapat dipilih sebagai yang paling akurat.

b. MSE (*Mean Square Error*)

Jarrett menyatakan bahwa *Mean Square Error* (MSE) adalah teknik yang diterima secara umum untuk mengevaluasi metode pemulusan eksponensial dan metode lainnya. Persamaannya adalah:

$$\text{MSE} = \frac{\sum (\text{Actual} - \text{forecast})^2}{n - 1}$$

Actual = nilai sebenarnya

Forecast = nilai ramalan

n = jumlah periode

Ukuran ini mendefinisikan kesalahan sebagai jumlah kuadrat dari kesalahan perkiraan ketika dibagi dengan jumlah periode data.

c. MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Rata-rata persentase kesalahan (MAPE) adalah rata-rata atau rata-rata dari jumlah semua persentase kesalahan untuk kumpulan data tertentu yang diambil tanpa memperhatikan tanda. Ini adalah salah satu ukuran akurasi yang biasa digunakan dalam metode peramalan kuantitatif (Makridakis et al., 1998). Persamaannya adalah:

$$\text{MAPE} = \frac{\sum (|\text{Actual} - \text{forecast}| / \text{Actual} * 100)}{n}$$

atau

Actual = nilai sebenarnya

Forecast = nilai ramalan

n = jumlah periode

d. Tracking Signal

Tujuan dari *Tracking Signal* adalah untuk mendeteksi perubahan sistematis dalam permintaan atau kesalahan sistematis dari metode prakiraan. Sinyal

pelacakan umum didasarkan pada hasil bagi antara CFE dan MAD. Hasil perhitungan diplot secara kronologis dalam diagram kendali atau ditampilkan dalam perangkat lunak prakiraan. Pilihan batas kendali adalah keseimbangan antara indikasi kondisi di luar kendali ketika tidak ada penyebab yang jelas dan di mana ramalan benar-benar di luar kendali tetapi berada dalam batas kendali.

$$\text{Tracking signal} = \frac{CFE_t}{MAD_t}$$

Salah satu masalah yang dapat terjadi adalah hasil bagi yang tidak stabil yang disebabkan oleh kesalahan yang membuat penyebut mendekati nol. Untuk menghindari masalah ini, fungsi penghalusan yang mirip dengan SES dapat diterapkan pada CFE dan MAD. Kerugian dari pemulusan MAD dan CFE adalah pengaruh nilai konstanta pemulusan (untuk MAD dan CFE) yang mempengaruhi kemungkinan untuk mendeteksi perubahan sistematis. Masalah lainnya adalah distribusi *quotient*. Distribusi yang diasumsikan adalah distribusi normal. Jika distribusi riil bukan berdistribusi normal maka jumlah sinyal di luar batas kendali akan bertambah dibandingkan dengan distribusi normal. Dalam kasus seperti itu, mungkin perlu untuk menganalisis distribusi untuk menemukan batas kendali yang sesuai.

Sinyal pelacakan menunjukkan apakah prakiraan secara konsisten condong ke atas atau ke bawah. Ini dihitung dengan membagi kesalahan kumulatif dengan rata-rata kumulatif absolut deviasi atau MAD:

$$\text{Tracking signal } (T) = \frac{\sum_{t=1}^T E_t}{\sum_{t=1}^T |E_t| / T}$$

Sinyal pelacakan dihitung ulang setiap periode, dengan pembaruan, "eksekusi" kesalahan kumulatif dan nilai MAD. Pergerakan sinyal pelacakan dibandingkan dengan batas kendali; selama sinyal pelacakan masih dalam batas tersebut, prakiraan cuaca terkendali. Batas kontrol yang sering digunakan pada perhitungan tracking signal adalah ± 4 . Artinya jika sebaran nilai *tracking*

signal berada diantara -4 sampai dengan 4 berarti metode peramalan layak digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Contoh Kasus

Dari hasil perhitungan diketahui data aktual dan nilai peramalan sebagai berikut:

Periode	Permintaan Aktual	Nilai Peramalan
1	775	820.00
2	680	815.50
3	655	801.95
4	750	787.26
5	802	783.53
6	798	785.38
7	689	786.64
8	775	776.88

Dari data aktual dan peramalan di atas tentukan nilai MAD, MSE dan MAPE?

Untuk menjawab persoalan di atas yang harus dilakukan adalah membuat tabel perhitungan nilai MAD, MSE dan MAPE seperti berikut ini:

Periode	Aktual	Forecast	(A-F)	A-F	(A-F)^2	(A-F /Actual)*100
1	775	820.00	-45.00	45.00	2025.00	5.81
2	680	815.50	-135.50	135.50	18360.25	19.93

3	655	801.95	-146.95	146.95	21594.30	22.44
4	750	787.26	-37.26	37.26	1387.94	4.97
5	802	783.53	18.47	18.47	341.16	2.30
6	798	785.38	12.62	12.62	159.35	1.58
7	689	786.64	-97.64	97.64	9533.35	14.17
8	775	776.88	-1.88	1.88	3.52	0.24
S				495.31	53404.87	71.43

Selanjutnya kita tentukan nilai MAD, MSE dan MAPE.

a.
$$\text{MAD} = \frac{\sum |\text{Actual} - \text{forecast}|}{n}$$

$$\text{MAD} = 495.31/8 = 61.91$$

b.
$$\text{MSE} = \frac{\sum (\text{Actual} - \text{forecast})^2}{n - 1}$$

$$\begin{aligned} \text{MSE} &= \frac{7653404.87}{8-1} \\ &= 53404.87/7 \\ &= 7629.26 \end{aligned}$$

c.
$$\text{MAPE} = \frac{\sum (|\text{Actual} - \text{forecast}| / \text{Actual} * 100)}{n}$$

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= 71.43/8 \\ &= 8.93 \end{aligned}$$

3. Memeriksa Keandalan model peramalan yang dipilih berdasarkan peta control *Tracking Signal*

Untuk mengetahui sejauh mana keandalan dari model peramalan yang dipilih, sebaiknya kita membangun peta control tracking Signal.

Contoh:

Dari beberapa model peramalan misalkan kita sudah menentukan atau memilih salah satu metode peramalan yang terbaik berdasarkan nilai kesalahan (MAD, MSE dan MAPE) yang paling kecil.

Periode (1)	F (2)	A (3)	Error $E = A - F$ (4)	RSFE (5) = Kumulatif dari (4)	Absolute Error (6) = Absolut dari (4)	Kumulatif Absolut Error (7) = Kumulatif 6	MAD = (7)/(1)	Tracking Signal = (5)/(8)
1	181	201	20	20	20	20	20	1.0
2	180	314	134	155	134	155	77	2.0
3	238	179	-59	96	59	214	71	1.3
4	231	159	-72	23	72	286	72	0.3
5	217	134	-83	-60	83	369	74	-0.8
6	157	224	67	7	67	436	73	0.1
7	172	281	109	115	109	545	78	1.5
8	213	234	21	136	21	566	71	1.9

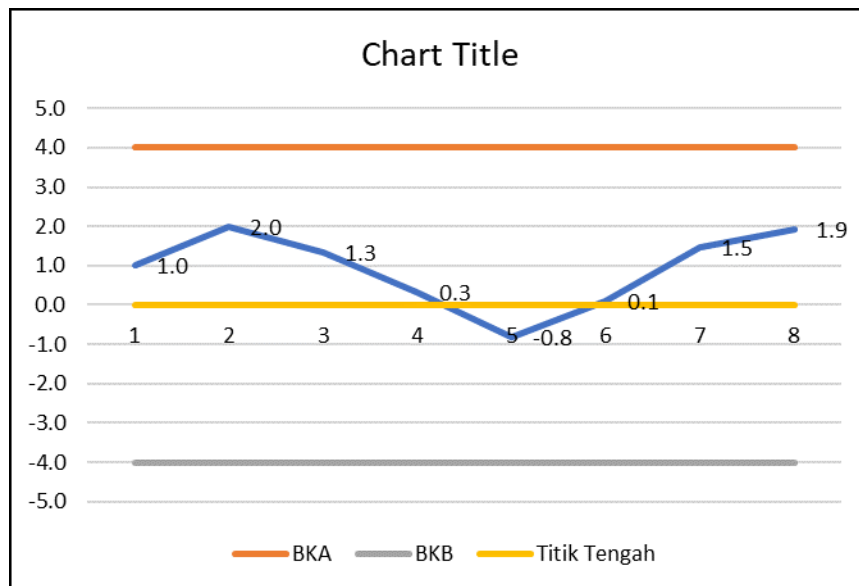
Ket: A = Aktual Permintaan

F = Nilai Forecast (Peramalan)

Dari tabel di atas tampak bahwa nilai-nilai tracking signal untuk model peramalan yang dipilih semuanya berada di dalam batas kendali tracking signal

yang disarankan (± 4). Hal ini menunjukkan bahwa akurasi dari model peramalan yang dipilih dapat diandalkan karena tidak ada nilai tracking signal yang di luar batas-batas pengendalian tracking signal (± 4). Nilai-nilai tracking signal yang hampir semuanya positif juga menunjukkan bahwa nilai aktual permintaan rata-rata lebih besar dari pada nilai ramalan. Suatu tracking signal yang baik memiliki nilai RSFE (*Running Sum of the Forecast Error*) yang rendah dan memiliki *positive error* yang sama banyak atau seimbang dengan *negative error*, sehingga pusat dari tracking signal mendekati nol.

Berikut gambar grafik atau kurva dari peta control tracking signal.



Keterangan: Semua nilai tracking signal tidak ada yang melewati batas kontrol atas (+4) dan batas kontrol bawah (-4), sehingga model peramalan dapat diterima.

C. LATIHAN SOAL / TUGAS

Berikut ini merupakan data permintaan aktual periode 1 s/d 11:

Bulan	Permintaan
1	200
2	135
3	195
4	197
5	310
6	175
7	155
8	130
9	220
10	277
11	230
12	?

Dari data di atas Hitunglah:

1. Nilai peramalan periode ke-12 dengan menggunakan pendekatan MA3 dan MA4.
2. Dengan menghitung MAD, MSE dan MAPE tentukan metode peramalan yang terbaik.
3. Ujilah hasil peramalan yang digunakan dengan peta kontrol *tracking signal* dan penjelasannya.

D. REFERENSI

- Agil Saputro, B. P. (2016). Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode Exponential Smoothing Pada PT. Semen Indonesia (Persero). Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Assauri Sofjan. 1984. Teknik dan Metode Peramalan (Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha). Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Candra, A. (2019). Pengendalian Persediaan Material Pada Produksi Hot Mix Dengan Pendekatan Metode Economic Order Quantity (Eoq). Jitmi (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri), 1(2), 145-153.
- Douglas C. Montgomery, E. A. (2015). Introduction to Linear Regression Analysis,. Fifth Edition 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
- Gasperz, Vincent. 2008. Production Planning And Inventory Control. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Makridakis Spyros, dkk. 2002. Metode dan Aplikasi Peramalan. Tangerang Selatan : Binarupa Aksara.
- Murahartawaty. (2009). Peramalan. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Vivi Putri, M. (2019). Konsep Dasar Peramalan.

PERTEMUAN 5

METODE PERAMALAN *EXPONENTIAL SMOOTHING* (PEMULUSAN EKSPONENSIAL)

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Memahami dan menjelaskan tentang pengertian dasar, permasalahan dan konsep metode peramalan *Exponential Smoothing*

B. URAIAN MATERI

1. Latar Belakang

Peramalan adalah alat perencanaan yang dirancang untuk membantu manajemen memenuhi ketidakpastian masa depan berdasarkan data sebelumnya dan analisis tren. Hal ini dianggap penting dan bantuan yang diperlukan untuk perencanaan yang merupakan tulang punggung operasi yang efektif. Sejarah mengungkapkan bahwa banyak organisasi menjadi tidak berhasil karena teknik peramalan yang tidak tepat pada dimana seluruh perencanaan perusahaan dibentuk. Peramalan yang efektif membantu mengurangi persediaan yang tidak perlu, meningkatkan ketersediaan produk dan tingkat kepuasan pelanggan. Dalam iklim bisnis yang maju, memuaskan kebutuhan pelanggan pada kesempatan yang sempurna dan dalam ukuran waktu yang tepat adalah dorongan utama prinsip untuk menciptakan keuntungan. Oleh karena itu, untuk menjamin aksesibilitas barang dengan biaya seminimal mungkin, pengukuran dengan presisi sebanyak yang diharapkan adalah penting.

Ada dua macam pendekatan estimasi yaitu subjektif dan kuantitatif. Beberapa prosedur estimasi berusaha untuk memperluas wawasan yang direkam ke masa depan sebagai deret periode. Metode peramalan eksponensial tunggal merupakan salah satu peramalan deret waktu yang cocok untuk peramalan data tanpa tren atau pola musiman. *Smoothing exponential* diusulkan dalam karya Robert G. Brown sebagai penyidik untuk Angkatan Laut AS selama Perang Dunia II. Pada bagian terakhir tahun 1950-an, Brown mengubah pemulusan eksponensial

untuk informasi diskrit dan menciptakan strategi untuk pola dan ketidakaturan. Saat ini, metode ini telah umum digunakan untuk tujuan estimasi. Karmaker et al (2017). melakukan analisis deret waktu termasuk pendekatan pemulusan eksponensial untuk mengetahui strategi penentuan yang paling tepat untuk memperkirakan minat benang rami di Bangladesh. Hasil pengamatan merekomendasikan pemulusan eksponensial sederhana dengan yang sesuai menghaluskan nilai konstan untuk memprediksi tingkat permintaan rantai ritel. Jalil et al menerapkan lima metode pemulusan eksponensial untuk peramalan permintaan beban listrik dan mengidentifikasi yang terbaik satu membandingkan kesalahan persentase absolut rata-rata (MAPE) dari pendekatan yang berbeda.

Namun, dalam metode pemulusan eksponensial parameter penting adalah penggunaan konstanta pemulusan (α) yang mewakili persentase kesalahan peramalan. Nilai perkiraan bervariasi dengan nilai konstanta ini. Keakuratan dan kontrol pemulusan eksponensial teknik sangat tergantung pada pilihan pemulusan konstan. Pilihan pemulusan yang tepat konstan meningkatkan teknik peramalan. Nilai konstanta harus dipilih sedemikian rupa bahwa itu akan meminimalkan kesalahan perkiraan. Pilihan konstanta pemulusan dapat memainkan peran penting dalam menentukan seberapa reaktif prakiraan terhadap data historis. Nilai konstanta yang rendah menunjukkan bahwa ramalan tidak akan responsif terhadap pengamatan. Metode peramalan eksponensial digunakan untuk tujuan peramalan jangka pendek biasanya satu bulan. Jadi, untuk menggunakan teknik ini dengan benar, pemilihan nilai konstanta pemulusan (α) yang tepat sangat penting.

Beberapa peneliti telah menyarankan banyak pendekatan untuk menggunakan nilai yang berbeda dari penghalusan konstan. Menurut Stevenson, W. J. dan Hojati, M. mendefinisikan nilai konstanta pemulusan adalah sebuah masalah penilaian atau percobaan dan kesalahan. Dia menyarankan untuk menggunakan kesalahan perkiraan untuk memandu keputusan dan menentukan yang optimal. Stevenson, W. J. dan Hojati, M. menyatakan bahwa nilai rentang konstan yang umum digunakan dari 0,05 hingga 0,50. Marzena dan Toporowski menyatakan bahwa konstanta pemulusan mendekati 0 adalah tepat untuk menghaluskan komponen siklus dan tidak teratur yang tidak diinginkan dari deret

waktu sedangkan untuk nilai 1 sudah cukup baik untuk peramalan. Chiang, T. C. menunjuk pada penggunaan penghalusan konstan. Penulis menyatakan bahwa nilai konstanta yang rendah harus digunakan ketika seri menunjukkan variasi kecil dan jika nilai perkiraan cenderung bergantung pada perubahan terkini dalam aktual nilai, maka nilai konstanta yang tinggi harus dipilih.

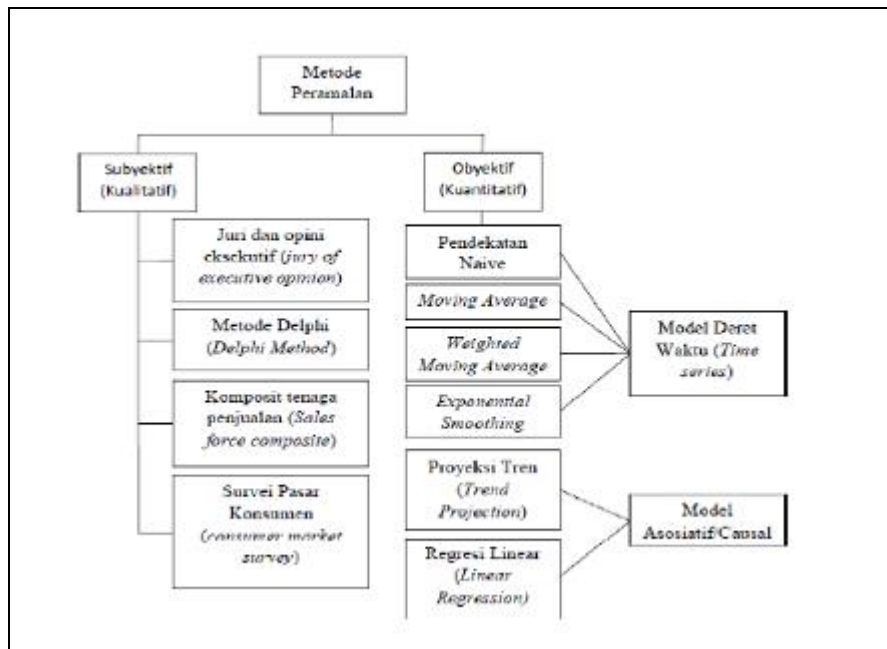
Namun, pengambilan acak konstanta pemulusan dalam kisaran tampaknya tidak logis. Nilai-nilai khas konstanta pemulusan berkisar dari 0 hingga 1 tetapi nilai yang memuaskan dapat ditentukan secara umum dengan model *trial and error* yang nilainya meminimalkan kesalahan peramalan. Sanjoy menggunakan percobaan dan pendekatan *error* untuk mengidentifikasi nilai konstanta pemulusan yang optimal. Dia membuat sekitar 20 percobaan memvariasikan nilai konstanta dan diperoleh deviasi absolut rata-rata yang sesuai dan kesalahan kuadrat rata-rata. Kemudian, kesalahan dibandingkan dan nilai optimal adalah yang kriteria seleksi diminimalkan. Cho, V. mengusulkan teknik pencarian grid untuk menemukan yang optimal nilai konstanta pemulusan. Dia terinspirasi untuk memilih nilai yang menunjukkan jumlah terkecil dari kesalahan persegi (SSE) dengan pencarian grid. Dielman, T. E. melakukan penelitian untuk memilih smoothing parameter untuk pemulusan eksponensial. Dalam penelitian, penulis menggunakan hasil ramalan akurasi untuk membandingkan jumlah kuadrat dan jumlah kesalahan absolut.

Metode *trial* (percobaan) dan *error* (kesalahan) lainnya adalah strategi pencarian pola yang diusulkan oleh Berry, W. L. dan Bliemel, F. W. Dalam teknik ini, serangkaian evaluasi percobaan adalah: dilakukan dan menggunakan hasil percobaan untuk memutuskan apa yang harus dilakukan selanjutnya. Ravinder H. V. menggunakan berbasis unggul untuk pengoptimal non-linier (*Excel Solver*) untuk menentukan nilai konstanta pemulusan yang optimal. Di dalam penelitian, penulis membuat beberapa rekomendasi tentang penggunaan solver. MU'AZU, H. G mengusulkan algoritma heuristik untuk menurunkan konstanta eksponensial dari eksponensial tunggal metode penghalusan. Kontribusi pekerjaan ini adalah untuk memandu analis dan pengguna single model pemulusan eksponensial untuk mendapatkan nilai optimal daripada pilihan yang sewenang-wenang. Pada banyak penelitian telah dikembangkan peta jalan untuk pemilihan nilai pemulusan yang

optimal konstan. Model terdiri dari menggunakan dua pendekatan bernama *trial* (percobaan) dan *error* (kesalahan) serta *excel solver* (pemecah keunggulan). Meskipun kedua metode menunjukkan perkiraan hasil yang serupa tetapi *excel solver* jauh lebih mudah dan membutuhkan lebih sedikit waktu untuk menurunkan konstanta eksponensial optimal.

2. Penerapan Metode Exponential Smoothing

Menurut pendapat Heizer dan Rander (2015, 118), untuk membuat sosok yang menarik harus menggunakan strategi tertentu. Pada dasarnya, semua teknik antisipasi memiliki pemikiran yang sama, yaitu menggunakan informasi masa lalu untuk meramalkan atau memproyeksikan informasi masa depan. Menurut strategi, teknik peramalan dapat diurutkan ke dalam teknik subjektif dan kuantitatif. Faktor-faktor yang tidak diragukan lagi akan memiliki opsi untuk membuat angka akan berlanjut seperti sebelumnya, khususnya dan variabel otonomnya adalah x .



Gambar 5.1 Metode Peramalan Menurut Heizer dan Render

Strategi *smoothing exponential* adalah prosedur penentuan normal bergerak dengan pembobotan dimana informasi dibobot dengan kapasitas luar biasa.

Smoothing exponential merupakan teknik peramalan normal bergerak dengan pembobotan mutakhir, namun mudah digunakan. Teknik ini sangat sedikit mencatat informasi masa lalu. Permasalahan umum yang dihadapi apabila menggunakan model pemulusan eksponensial adalah memilih konstanta pemulusan α yang diperkirakan tepat. Nilai konstanta pemulusan α dapat dipilih diantara nilai 0 dan 1, karena berlaku: $0 < \alpha < 1$. Menurut Vincent Gaspersz penentuan nilai α dapat ditentukan dengan cara melihat pola data aktual. Apabila pola historis data aktual permintaan sangat bergejolak atau tidak stabil dari waktu ke waktu, kita memilih nilai α yang mendekati 1. Misalkan saja dipilih $\alpha = 0.9$ atau nilai $\alpha = 0.8$ (di atas 0.6) tergantung pada sejauh mana gejolak data tersebut. Semakin bergejolak maka nilai α yang dipilih harus semakin tinggi mendekati angka 1. Kemudian jika pola historis data aktual permintaan relative stabil dari waktu ke waktu, kita bisa memilih nilai α yang mendekati 0. Misalkan saja dipilih $\alpha = 0.1$ atau nilai $\alpha = 0.2$ (di bawah 0.5) tergantung pada sejauh mana kestabilan data tersebut. Semakin stabil maka nilai α yang digunakan semakin mendekati nilai 0. Perhitungan metode *Exponential Smoothing* dapat dituliskan dalam persamaan (Candra, 2019)

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Keterangan :

F_t = Pengukur Peramalan untuk periode ke t

F_{t-1} = Nilai Peramalan untuk periode waktu sebelum t

A_{t-1} = Nilai Peramalan untuk periode waktu sebelum t

α = Berat yang menunjukkan konstanta penghalus ($0 < \alpha < 1$)

Contoh:

Jika diasumsikan nilai $F_1 = A_1$ dan nilai $\alpha = 0.3$, hitunglah nilai peramalan periode ke-12 (desember) dengan metode *Exponential Smoothing* dari data permintaan aktual berikut ini

Tabel 5.1 Data Permintaan

Bulan	Periode Waktu	Permintaan
Januari	1	200
Februari	2	135
Maret	3	195
April	4	197
Mei	5	310
Juni	6	175
Juli	7	155
Agustus	8	130
September	9	220
Oktober	10	277
November	11	235

Untuk menyelesaikan persoalan di atas maka kita tinggal memasukan semua nilai aktual dan peramalannya pada setiap periode. Berdasarkan keterangan pada soal bahwa nilai forecast periode pertama diasumsikan sama dengan nilai aktual periode pertama ($F_1 = A_1$) yaitu 200 dengan nilai $\alpha = 0.3$, sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$F_1 = A_1 = 200$$

$$F_2 = F_1 + \alpha(A_1 - F_1)$$

$$F_2 = 200 + 0.3(200 - 200)$$

$$= 200$$

$$F_3 = F_2 + \alpha(A_2 - F_2)$$

$$F_3 = 200 + 0.3(135 - 200)$$

$$= 181$$

$$F_4 = F_3 + \alpha(A_3 - F_3)$$

$$F_4 = 181 + 0.3(195 - 181)$$

$$= 185$$

$$F_5 = F_4 + \alpha(A_4 - F_4)$$

$$F_5 = 185 + 0.3(197 - 185)$$

$$= 188$$

$$F_6 = F_5 + \alpha(A_5 - F_5)$$

$$F_5 = 188 + 0.3(310 - 188)$$

$$= 225$$

$$F_7 = F_6 + \alpha(A_6 - F_6)$$

$$F_7 = 225 + 0.3(175 - 225)$$

$$= 210$$

$$F_8 = F_7 + \alpha(A_7 - F_7)$$

$$F_8 = 210 + 0.3 (155 - 210)$$

$$= 193$$

$$F_9 = F_8 + \alpha(A_8 - F_8)$$

$$F_9 = 193 + 0.3 (130 - 193)$$

$$= 174$$

$$F_{10} = F_9 + \alpha(A_9 - F_9)$$

$$F_{10} = 174 + 0.3 (220 - 174)$$

$$= 188$$

$$F_{11} = F_{10} + \alpha(A_{10} - F_{10})$$

$$F_{11} = 188 + 0.3 (277 - 188)$$

$$= 215$$

$$F_{12} = F_{10} + \alpha(A_{11} - F_{11})$$

$$F_{12} = 215 + 0.3 (235 - 215)$$

$$= 221$$

Dari hasil perhitungan menggunakan metode *Exponential Smoothing*, diketahui nilai peramalan permintaan periode ke-12 (desember) adalah sebesar 221. Selanjutnya kita rangkum hasil perhitungan di atas dalam bentuk tabel.

Tabel 5.2 Data Perhitungan Peramalan

Bulan	Periode Waktu	Aktual Permintaan	Nilai Peramalan
Januari	1	200	200
Februari	2	135	200
Maret	3	195	181
April	4	197	185
Mei	5	310	188
Juni	6	175	225
Juli	7	155	210
Agustus	8	130	193
September	9	220	174
Oktober	10	277	188
November	11	235	215
Desember	12		221

Untuk mengetahui tingkat akurasi atau nilai kesalahan dari peramalan di atas maka kita bisa menghitung nilai MAD, MSE dan MAPE.

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Apa fungsi alpha pada metode peramalan *Exponential Smoothing*?
2. Bagaimana cara menentukan nilai alpha pada peramalan *Exponential Smoothing*?

3. Berikut merupakan data permintaan aktual:

Minggu	Aktual
1	210
2	145
3	205
4	207
5	320
6	185
7	165
8	140
9	230
10	287
11	240
12	

Dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing* dan nilai $\alpha = 0.6$ hitunglah:

- Nilai peramalan periode ke-12
- Hitunglah nilai MAD, MSE dan MAPE?
- Tentukan nilai tracking signal dan gambarkan peta kontrolnya?

D. REFERENSI

- Berry, W. L., & Bliemel, F. W. (1974). Selecting *Exponential Smoothing* constants: an application of pattern search. *International journal of production research*, 12(4), 483-499.
- Gasperz, Vincent. 2008. Production Planning And Inventory Control. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Gass, S. I., & Harris, C. M. (Eds.). (2001). Encyclopedia of operations research and management science: Centennial edition. Springer science & business media.
- Heizer, J dan Render, "Manajemen Operasi Buku 1", Salemba Empat, Jakarta, 118, 2015.
- Jalil, N. A. A., Ahmad, M. H., & Mohamed, N. (2013). Electricity load demand forecasting using Exponential Smoothing methods. *World applied sciences journal*, 22(11), 1540-1543.
- Kabir, G., & Moisin, H. B. (2011). Selection of an effective forecasting technique for level demand a case study of retail chain company. *Journal of science and technology*, 1 (2), 113- 119.
- Karmaker, C. L., Halder, P. K., & Sarker, E. (2017). A study of time series model for predicting jute yarn demand: case study. *Journal of industrial engineering*.
- Makridakis Spyros, dkk. 2002. Metode dan Aplikasi Peramalan. Tangerang Selatan: Binarupa Aksara.
- Makridakis, Spyros, dkk. 2007. Metode dan Aplikasi Peramalan. Binarupa Aksara Publisher: Tangerang
- MU'AZU, H. G. (2014). New approach for determining the smoothing constant of a single Exponential Smoothing method. *International journal of science and technology*, 3(11). Retrieved from www.journal of sciences-technology.org/archive/2014/nov.../6322514155342.pdf
- Paul, S. K. (2011). Determination of Exponential Smoothing constant to minimize mean square error and mean absolute deviation. *Global journal of research in engineering*, 11(3).

- Ravinder, H. V. (2013). Determining the optimal values of Exponential Smoothing constants-does solver really work?. *American journal of business education* (online), 6(3), 347.
- Simonoff, J. S. (2012). *Smoothing methods in statistics*. Springer science & business media
- Stevenson, W. J., & Hojati, M. (2007). *Operations management*. Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Xie, M., Hong, G. Y., & Wohlin, C. (1997). A study of Exponential Smoothing technique in software reliability growth prediction. *Quality and reliability engineering international*, 13(6), 347-353.

PERTEMUAN 6

PEMULUSAN EKSPONENSIAL GANDA (DOUBLE *EXPONENTIAL SMOOTHING*) DENGAN METODE LINEAR SATU PARAMETER DARI BROWN

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Memahami dan menjabarkan tentang “**Pemulusan Ekponensial (*Exponential Smoothing*) dan Double *Exponential Smoothing* Metode Linear Satu Parameter dari Brown.**

B. URAIAN MATERI

1. Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*)

Pemulusan eksponensial (*Exponential Smoothing*) merupakan suatu kaidah atau teknik yang memperlihatkan peramalan rata-rata bergerak dengan memberi nilai pembobot secara eksponensial atau bertingkat pada serangkaian data sehingga data hasil akhir memiliki bobot lebih besar daripada rata-rata bergerak. Kaidah ini sering dipakai untuk meramalkan permintaan produk atau barang dengan perubahan yang sangat cepat dan signifikan. Perubahan yang dilakukan secara terus-menerus pada sistem *Exponential Smoothing* ini dilakukan atas peramalan yang menggunakan pemulusan nilai dari serangkaian data yang lama, dengan cara mengurangi secara eksponensial atau bertingkat. Hal tersebut digunakan dengan memberi bobot yang spesifik pada suatu data.

Ada beberapa definisi *Exponential Smoothing* berdasarkan referensi seperti:

- a. *Exponential Smoothing* adalah suatu tipe teknik peramalan rata-rata bergerak yang melakukan penimbangan terhadap data masa lalu dengan cara eksponensial sehingga data paling akhir mempunyai bobot atau timbangan lebih besar dalam rata-rata bergerak.
- b. *Exponential Smoothing* adalah metode peramalan pergerakan rata-rata bobot lainnya. Ini melibatkan sangat sedikit catatan yang mempertahankan data masa sebelumnya dan mudah untuk digunakan secara wajar.

Formula penghalusan eksponensial dasar dapat diperlihatkan sebagai berikut:

$$\text{Peramalan baru} = \text{peramalan periode sebelumnya} + \alpha (\text{permintaan aktual periode sebelumnya} - \text{peramalan periode sebelumnya})$$

Dimana α adalah bobot atau penghalusan konstan (*smoothing constan*) dipilih oleh peramal yang memiliki nilai lebih tinggi dari pada atau sama dengan 0 dan kurang dari atau sama dengan 1. Dapat juga ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1})$$

Dimana: F_t = peramalan yang baru

F_{t-1} = peramalan periode sebelumnya

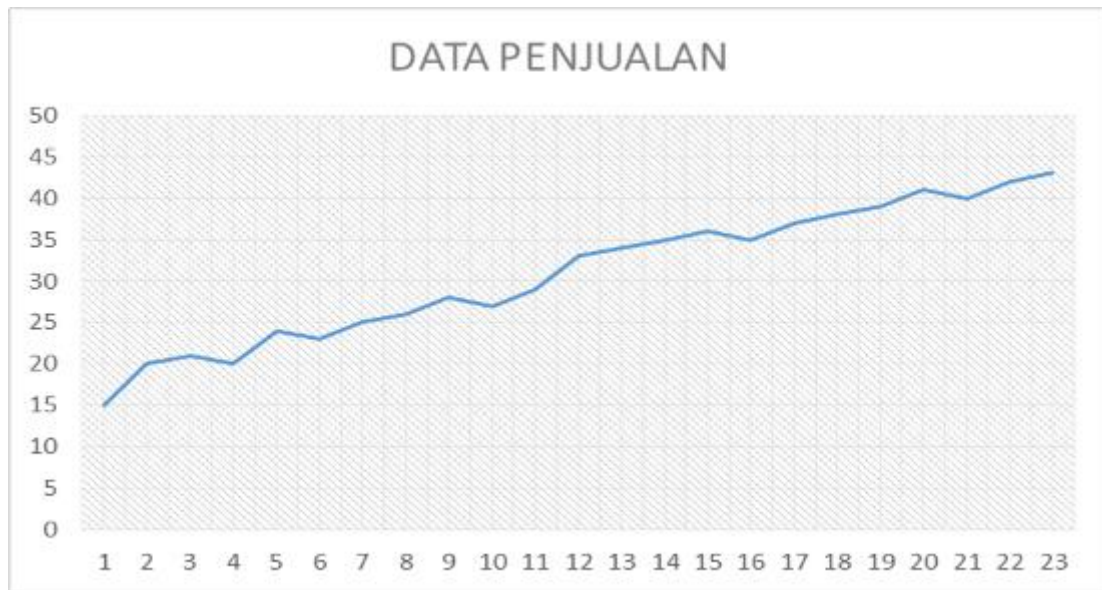
α = penghalusan atau bobot konstan ($0 \leq \alpha \leq 1$)

A_{t-1} = permintaan aktual periode sebelumnya

Metode Pemulusan Eksponensial terdiri dari: metode pemulusan eksponensial tunggal, metode pemulusan eksponensial ganda dan metode eksponensial *triple*. Metode eksponensial ganda (*double Exponential Smoothing*) digunakan apabila plot data deret waktu berpola acak dan terdapat *trend* linier, tetapi tidak terdapat unsur musiman dan siklus. Salah satu metode pemulusan eksponensial ganda adalah metode pemulusan eksponensial ganda metode linier satu parameter dari Brown.

2. **Double Exponential Smoothing Metode Linear Satu Parameter dari Brown**

Metode pemulusan eksponensial ganda metode linier satu parameter dari Brown dikembangkan dari metode pemulusan eksponensial tunggal dan pemulusan eksponensial ganda. Namun, yang berbeda antara keduanya adalah adanya persamaan yang digunakan untuk memuluskan *trend* atau kecenderungan pola data menaik pada metode pemulusan eksponensial ganda metode linier satu parameter dari Brown. Berikut ilustrasi pola data:



Gambar 6.1 Pola Data

Dasar pemikiran dari *double Exponential Smoothing* dari Brown adalah serupa dengan *double Moving Average* karena kedua nilai *single smoothing* dan *double smoothing* ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur *trend*. Perbedaan antara nilai *single smoothing* dan *double smoothing* ($S'_t - S''_t$) dapat ditambahkan dengan kepada nilai *single smoothing* (S'_t) dan disesuaikan untuk *trend*.

Perumusan untuk memperhitungkan *double Exponential Smoothing* metode linear satu parameter dari Brown adalah sebagai berikut:

- a. Pemulusan eksponensial tunggal

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

- b. Pemulusan eksponensial ganda

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

- c. Pemulusan keseluruhan

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) 2S'_t - S''_t$$

d. Pemulusan trend

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$

e. Ramalan

$$F_{t+m} = a_t + mb_t$$

Keterangan:

S'_t = pemulusan eksponensial tunggal periode ke-t

S'_{t-1} = pemulusan eksponensial tunggal periode ke-(t-1)

S''_t = pemulusan eksponensial ganda periode ke-t

S''_{t-1} = pemulusan eksponensial ganda periode ke-(t-1)

α = konstanta pemulusan

X_t = data aktual periode ke-t

a_t = pemulusan keseluruhan periode ke-t

b_t = pemulusan *trend* periode ke-t

F_{t+m} = ramalan untuk m periode ke depan

Untuk dapat menggunakan rumus, maka nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus tersedia. Tetapi pada saat $t = 1$, nilai-nilai tersebut tidak tersedia. Karena nilai-nilai ini harus ditentukan pada awal periode, untuk mengatasi masalah ini dapat dilakukan dengan menetapkan S'_t dan S''_t sama dengan nilai X_1 (data aktual).

3. Pemilihan Parameter α Terbaik

Dalam menentukan metode peramalan dengan besarnya nilai parameter (α) terbaik berkaitan dengan perhitungan nilai *error* dalam sebuah peramalan. Ada dua jenis perhitungan nilai *error* peramalan digunakan yaitu, keputusan pertama yaitu adalah membandingkan akurasi dalam memilih metode peramalan paling optimal diantara metode-metode yang ada dan keputusan kedua yaitu adalah untuk

mengevaluasi atau verifikasi seberapa mendekati kenyataan (keberhasilan atau kegagalan) suatu metode peramalan. Teori tentang akurasi akurasi dalam peramalan terdiri dari *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Forecast Error* (MFE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Metode besarnya ukuran akurasi peramalan yang paling sering digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE memberikan petunjuk seberapa besar galat peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Suatu model data akan memiliki kinerja yang sangat baik apabila MAPE di bawah 10% . Nilai MAPE ditentukan dengan cara persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(X_t - F_t)}{X_t} 100\%$$

Keterangan:

n : banyaknya data yang diamati

F_t : nilai peramalan ke- t

X_t : nilai data pada periode ke- t

Besarnya nilai MAPE digunakan untuk mencari nilai besarnya parameter α terbaik dengan cara *trial and error*. Dalam menentukan nilai besarnya parameter α terbaik dalam praktek hanya mengambil nilai kisaran yang terbatas, walaupun secara teoritis α dapat dianggap bernilai 0 dan 1. Karena adanya himpunan pilihan nilai α yang dipersempit ini, maka metode *double Exponential Smoothing* dari Brown ini biasanya dipandang sebagai metode yang lebih mudah diterapkan.

4. Contoh Soal Double *Exponential Smoothing*

Hitunglah besarnya nilai prediksi pada periode ke-15 sampai dengan periode ke-20 pada data tabel 7.1 berikut ini:

Tabel 6. 1 Data Ilustrasi

Periode	Penjualan
---------	-----------

Periode	Penjualan
1	127
2	100
3	129
4	210
5	105
6	68
7	141
8	133
9	159
10	228
11	145
12	155
13	165
14	172
15	180

Dalam *double Exponential Smoothing* dari Brown terdapat beberapa tahapan yang harus ditempu yaitu sebagai berikut:

- Tentukan nilai besarnya parameter α yaitu antara 0 sampai 1.

Dikarenakan tidak ada dasar yang obyektif untuk menentukan nilai besarnya parameter α yang untuk digunakan, maka di dalam penelitian ini nilai parameter α yang ditentukan yaitu 2 angka dibelakang desimal yang dicari dengan cara *trial and error* dan ditentukan dengan cara dipilih berdasarkan nilai MAPE terbaik (terkecil). Nilai parameter α yang ditentukan yaitu sebagai berikut 0,10, 0,20, 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, 0,70, 0,80 dan 0,90

Tabel 6.2 Nilai MAPE

Nilai Parameter α	MAPE
0,10	22,07978
0,20	25,64085
0,30	29,32424
0,40	32,09381
0,50	33,99184
0,60	34,36970
0,70	36,01997
0,80	37,72026
0,90	45,02455

Sumber: Hasil Pengelohan Data Penulis Sendiri

Berdasarkan Tabel 7.2, terlihat nilai parameter α dengan menggunakan *Software Zaitun Time Series*. Bahwa nilai parameter α yang terbaik digunakan yaitu 0,10 dengan nilai MAPE 22,07978.

b. Melakukan perhitungan *moothing exponential* yang pertama

Perhitungan dilakukan dengan cara menggunakan pemulusan eksponensial tunggal (*single Exponential Smoothing*) dan dituliskan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

$$S'_1 = S''_1 = X_1 = 127$$

Perhitungan untuk eksponensial tunggal (*single Exponential Smoothing*) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S'_2 &= \alpha X_2 + (1 - \alpha) S'_{2-1} \\ &= (0,1 \times 100) + ((1 - 0,1) \times 127) \\ &= 124,30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S'_3 &= \alpha X_3 + (1 - \alpha) S'_{3-1} \\ &= (0,1 \times 129) + ((1 - 0,1) \times 124,30) \\ &= 124,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S'_4 &= \alpha X_4 + (1 - \alpha) S'_{4-1} \\ &= (0,1 \times 210) + ((1 - 0,1) \times 124,77) \\ &= 133,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S'_5 &= \alpha X_5 + (1 - \alpha) S'_{5-1} \\ &= (0,1 \times 105) + ((1 - 0,1) \times 133,29) \\ &= 130,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S'_6 &= \alpha X_6 + (1 - \alpha) S'_{6-1} \\ &= (0,1 \times 68) + ((1 - 0,1) \times 130,46) \\ &= 124,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S'_7 &= \alpha X_7 + (1 - \alpha) S'_{7-1} \\ &= (0,1 \times 141) + ((1 - 0,1) \times 124,22) \\ &= 125,90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_8 &= \alpha X_8 + (1 - \alpha) S'_{8-1} \\
 &= (0,1 \times 133) + ((1-0,1) \times 125,90) \\
 &= 126,61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_9 &= \alpha X_9 + (1 - \alpha) S'_{9-1} \\
 &= (0,1 \times 159) + ((1 - 0,1) \times 126,61) \\
 &= 129,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_{10} &= \alpha X_{10} + (1 - \alpha) S'_{10-1} \\
 &= (0,1 \times 228) + ((1 - 0,1) \times 129,85) \\
 &= 139,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_{11} &= \alpha X_{11} + (1 - \alpha) S'_{11-1} \\
 &= (0,1 \times 145) + ((1 - 0,1) \times 139,66) \\
 &= 140,19
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_{12} &= \alpha X_{12} + (1 - \alpha) S'_{12-1} \\
 &= (0,1 \times 155) + ((1 - 0,1) \times 140,19) \\
 &= 141,68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_{13} &= \alpha X_{13} + (1 - \alpha) S'_{13-1} \\
 &= (0,1 \times 165) + ((1 - 0,1) \times 141,68) \\
 &= 144,01
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_{14} &= \alpha X_{14} + (1 - \alpha) S'_{14-1} \\
 &= (0,1 \times 172) + ((1 - 0,1) \times 144,01) \\
 &= 146,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S'_{15} &= \alpha X_{15} + (1 - \alpha) S'_{15-1} \\
 &= (0,1 \times 180) + ((1 - 0,1) \times 146,81) \\
 &= 146,81
 \end{aligned}$$

c. Menghitung nilai *smoothing* kedua.

Melakukan perhitungan *smoothing* yang kedua menggunakan pemulusan eksponensial ganda (*double Exponential Smoothing*) dengan memperhatikan besarnya nilai *smoothing* pertama dan dituliskan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

Perhitungan untuk pemulusan eksponensial ganda (*double Exponential Smoothing*) yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S''_2 &= \alpha S'_2 + (1 - \alpha) S''_1 \\ &= (0,1 \times 124,30) + ((1 - 0,1) \times 127) \\ &= 126,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S''_3 &= \alpha S'_3 + (1 - \alpha) S''_2 \\ &= (0,1 \times 124,77) + ((1 - 0,1) \times 126,73) \\ &= 126,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S''_4 &= \alpha S'_4 + (1 - \alpha) S''_3 \\ &= (0,1 \times 133,29) + ((1 - 0,1) \times 126,53) \\ &= 127,21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S''_5 &= \alpha S'_5 + (1 - \alpha) S''_4 \\ &= (0,1 \times 130,46) + ((1 - 0,1) \times 127,21) \\ &= 127,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S''_6 &= \alpha S'_6 + (1 - \alpha) S''_5 \\ &= (0,1 \times 124,22) + ((1 - 0,1) \times 127,54) \\ &= 127,20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S''_7 &= \alpha S'_7 + (1 - \alpha) S''_6 \\ &= (0,1 \times 125,90) + ((1 - 0,1) \times 127,20) \\ &= 127,07 \end{aligned}$$

$$S''_8 = \alpha S'_8 + (1 - \alpha) S''_7$$

$$= (0,1 \times 126,61) + ((1 - 0,1) \times 127,07)$$

$$= 127,03$$

$$S''_9 = \alpha S'_9 + (1 - \alpha) S''_8$$

$$= (0,1 \times 129,85) + ((1 - 0,1) \times 127,03)$$

$$= 127,31$$

$$S''_{10} = \alpha S'_{10} + (1 - \alpha) S''_9$$

$$= (0,1 \times 139,66) + ((1 - 0,1) \times 127,31)$$

$$= 128,54$$

$$S''_{11} = \alpha S'_{11} + (1 - \alpha) S''_{10}$$

$$= (0,1 \times 140,19) + ((1 - 0,1) \times 128,54)$$

$$= 129,71$$

$$S''_{12} = \alpha S'_{12} + (1 - \alpha) S''_{11}$$

$$= (0,1 \times 141,68) + ((1 - 0,1) \times 129,71)$$

$$= 130,91$$

$$S''_{13} = \alpha S'_{13} + (1 - \alpha) S''_{12}$$

$$= (0,1 \times 144,01) + ((1 - 0,1) \times 130,91)$$

$$= 132,22$$

$$S''_{14} = \alpha S'_{14} + (1 - \alpha) S''_{13}$$

$$= (0,1 \times 146,81) + ((1 - 0,1) \times 132,22)$$

$$= 133,67$$

$$S''_{15} = \alpha S'_{15} + (1 - \alpha) S''_{14}$$

$$= (0,1 \times 150,13) + ((1 - 0,1) \times 133,67)$$

$$= 135,32$$

d. Menentukan besarnya nilai Konstanta a_t .

Pengujian penelitian ini dilakukan dengan cara mengacu terhadap penyesuaian pemulusan eksponensial tunggal (*single Exponential Smoothing*) dengan perbedaan pemulusan eksponensial tunggal (*single Exponential Smoothing*) dan pemulusan eksponensial ganda (*double Exponential Smoothing*) dengan cara menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) 2S'_t - S''_t$$

Perhitungan untuk pemulusan keseluruhan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_1 &= 2S'_1 - S''_1 \\ &= (2 \times 127) - 127 \\ &= 127 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= 2S'_2 - S''_2 \\ &= (2 \times 124,30) - 126,73 \\ &= 121,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3 &= 2S'_3 - S''_3 \\ &= (2 \times 124,77) - 126,53 \\ &= 123,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_4 &= 2S'_4 - S''_4 \\ &= (2 \times 133,29) - 127,21 \\ &= 139,38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_5 &= 2S'_5 - S''_5 \\ &= (2 \times 130,46) - 127,54 \\ &= 133,39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_6 &= 2S'_6 - S''_6 \\ &= (2 \times 124,22) - 127,20 \\ &= 121,23 \end{aligned}$$

$$a_7 = 2S'_7 - S''_7$$

$$= (2 \times 125,90) - 127,07$$

$$= 124,72$$

$$a_8 = 2S'_8 - S''_8$$

$$= (2 \times 126,61) - 127,03$$

$$= 126,19$$

$$a_9 = 2S'_9 - S''_9$$

$$= (2 \times 129,85) - 127,31$$

$$= 132,38$$

$$a_{10} = 2S'_{10} - S''_{10}$$

$$= (2 \times 139,66) - 128,54$$

$$= 150,78$$

$$a_{11} = 2S'_{11} - S''_{11}$$

$$= (2 \times 140,19) - 129,71$$

$$= 150,68$$

$$a_{12} = 2S'_{12} - S''_{12}$$

$$= (2 \times 141,68) - 130,91$$

$$= 152,45$$

$$a_{13} = 2S'_{13} - S''_{13}$$

$$= (2 \times 144,01) - 132,22$$

$$= 155,80$$

$$a_{14} = 2S'_{14} - S''_{14}$$

$$= (2 \times 146,81) - 133,67$$

$$= 159,94$$

$$a_{15} = 2S'_{15} - S''_{15}$$

$$= (2 \times 150,13) - 135,32$$

$$= 164,93$$

e. Menentukan besarnya nilai b_t .

Perhitungan penelitian ini dilakukan untuk menentukan taksiran besarnya nilai *trend* dari periode waktu yang satu ke periode waktu berikutnya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t)$$

Perhitungan untuk pemulusan trend sebagai berikut:

$$b_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_1 - S''_1)$$

$$= \frac{0,1}{1-0,1} (127 - 127)$$

$$= 0$$

$$b_2 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_2 - S''_2)$$

$$= \frac{0,1}{1-0,1} (124,30 - 126,73)$$

$$= -0,27$$

$$b_3 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_3 - S''_3)$$

$$= \frac{0,1}{1-0,1} (124,77 - 126,53)$$

$$= -0,20$$

$$b_4 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_4 - S''_4)$$

$$= \frac{0,1}{1-0,1} (133,29 - 127,21)$$

$$= 0,68$$

$$b_5 = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_5 - S''_5)$$

$$= \frac{0,1}{1-0,1} (130,46 - 127,54)$$

$$= 0,33$$

$$\begin{aligned} b_6 &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_6 - S''_6) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (124,22 - 127,20) \\ &= -0,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_7 &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_7 - S''_7) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (125,90 - 127,07) \\ &= -0,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_8 &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_8 - S''_8) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (126,61 - 127,03) \\ &= -0,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_9 &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_9 - S''_9) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (129,85 - 127,31) \\ &= 0,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{10} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_{10} - S''_{10}) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (139,66 - 128,54) \\ &= 1,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{11} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_{11} - S''_{11}) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (140,19 - 129,71) \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{12} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_{12} - S''_{12}) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (141,68 - 130,91) \end{aligned}$$

$$= 1,20$$

$$\begin{aligned} b_{13} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_{13} - S''_{13}) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (144,01 - 132,22) \\ &= 1,31 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{14} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_{14} - S''_{14}) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (146,81 - 133,67) \\ &= 1,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{15} &= \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_{15} - S''_{15}) \\ &= \frac{0,1}{1-0,1} (150,32 - 135,32) \\ &= 1,65 \end{aligned}$$

- f. Hasil peramalan penjualan periode ke-15 samapai periode ke-20. Setelah melakukan perhitungan penelitian besarnya nilai *smoothing* pertama, besarnya nilai *smoothing* kedua, nilai a_t dan nilai b_t dengan cara menggunakan niali parameter α terbaik, maka selanjutnya dapat digunakan untuk meramalkan penjualan periode ke-15 sampai periode ke-20 dengan menggunakan persamaan:

$F_{t+m} = a_t + mb_t$

Perhitungan untuk nilai peramalan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_2 &= a_{2-1} + b_{2-1} \times 1 \\ &= 127 + (0 \times 1) \\ &= 127 \\ F_3 &= a_{3-1} + b_{3-1} \times 1 \\ &= 121,87 + (-0,27 \times 1) \end{aligned}$$

$$= 122$$

$$F_4 = a_{4-1} + b_{4-1} \times 1$$

$$= 123,01 + (-0,20 \times 1)$$

$$= 123$$

$$F_5 = a_{5-1} + b_{5-1} \times 1$$

$$= 139,38 + (0,68 \times 1)$$

$$= 140$$

$$F_6 = a_{6-1} + b_{6-1} \times 1$$

$$= 133,39 + (0,33 \times 1)$$

$$= 134$$

$$F_7 = a_{7-1} + b_{7-1} \times 1$$

$$= 121,23 + (-0,33 \times 1)$$

$$= 121$$

$$F_8 = a_{8-1} + b_{8-1} \times 1$$

$$= 124,72 + (-0,13 \times 1)$$

$$= 125$$

$$F_9 = a_{9-1} + b_{9-1} \times 1$$

$$= 126,19 + (-0,05 \times 1)$$

$$= 126$$

$$F_{10} = a_{10-1} + b_{10-1} \times 1$$

$$= 132,38 + (0,28 \times 1)$$

$$= 133$$

$$F_{11} = a_{11-1} + b_{11-1} \times 1$$

$$= 150,78 + (1,24 \times 1)$$

$$= 152$$

$$\begin{aligned}F_{12} &= a_{12-1} + b_{12-1} \times 1 \\&= 150,68 + (1,17 \times 1) \\&= 152\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{13} &= a_{13-1} + b_{13-1} \times 1 \\&= 152,45 + (1,20 \times 1) \\&= 154\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{14} &= a_{14-1} + b_{14-1} \times 1 \\&= 155,80 + (1,31 \times 1) \\&= 157\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{15} &= a_{15-1} + b_{15-1} \times 1 \\&= 159,94 + (1,46 \times 1) \\&= 157\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{16} &= a_{16-1} + b_{16-1} \times 1 \\&= 164,93 + (1,65 \times 1) \\&= 161\end{aligned}$$

Untuk peramalan periode ke-17 dengan $m = 2$ yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}F_{17} &= a_{16-1} + b_{16-1} \times 2 \\&= 164,93 + (1,65 \times 2) \\&= 167\end{aligned}$$

Untuk peramalan periode ke-18 dengan $m = 3$ yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}F_{18} &= a_{16-1} + b_{16-1} \times 3 \\&= 164,93 + (1,65 \times 3) \\&= 170\end{aligned}$$

Untuk peramalan periode ke-19 dengan $m = 4$ yaitu sebagai berikut:

$$F_{19} = a_{16-1} + b_{15-1} \times 4$$

$$= 164,93 + (1,65 \times 4)$$

$$= 172$$

Untuk peramalan periode ke-20 dengan $m = 5$ yaitu sebagai berikut:

$$F_{20} = a_{20-1} + b_{20} \times 5$$

$$= 164,93 + (1,65 \times 5)$$

$$= 173$$

Berikut ini hasil tabel rangkuman untuk perhitungan peramalan pemulusan eksponensial ganda satu parameter dari Brown pada tabel 6.2.

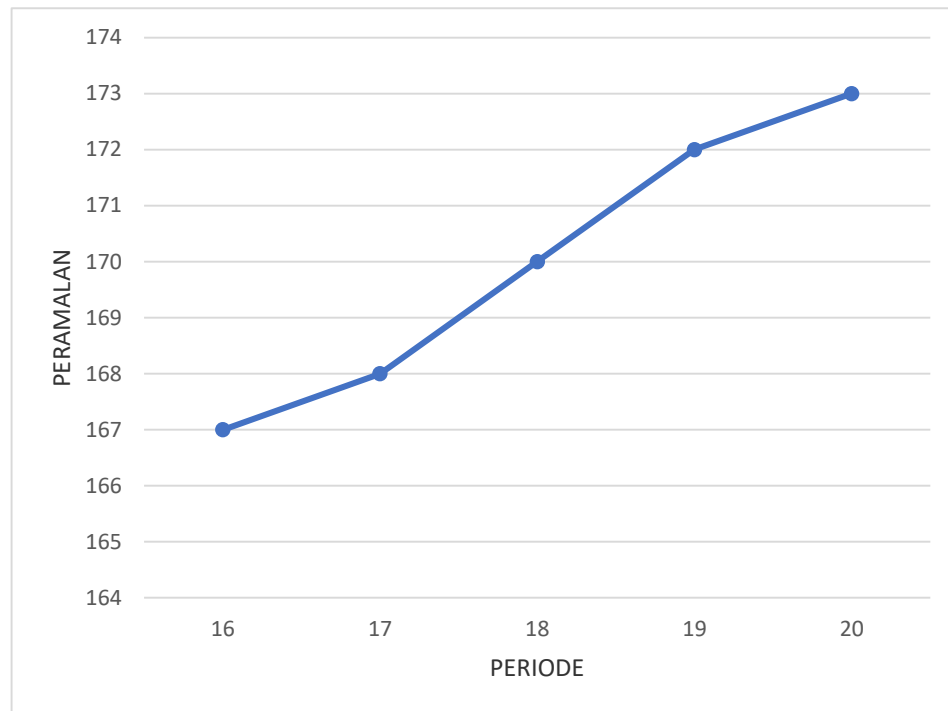
Tabel 6.3 Rangkuman Perhitungan Contoh Soal

Periode	Penjualan	S'	S''	at	bt	Ft
1	127	127,00	127,00	127,00	0,00	
2	100	124,30	126,73	121,87	-0,27	127
3	129	124,77	126,53	123,01	-0,20	122
4	210	133,29	127,21	139,38	0,68	123
5	105	130,46	127,54	133,39	0,33	140
6	68	124,22	127,20	121,23	-0,33	134
7	141	125,90	127,07	124,72	-0,13	121
8	133	126,61	127,03	126,19	-0,05	125
9	159	129,85	127,31	132,38	0,28	126
10	228	139,66	128,54	150,78	1,24	133
11	145	140,19	129,71	150,68	1,17	152

Periode	Penjualan	S'	S''	at	bt	Ft
12	155	141,68	130,91	152,45	1,20	152
13	165	144,01	132,22	155,80	1,31	154
14	172	146,81	133,67	159,94	1,46	157
15	180	150,13	135,32	164,93	1,65	161
	m					
16	1					167
17	2					168
18	3					170
19	4					172
20	5					173

Sumber: Hasil Perhitungan Penulis Sendiri

Sehingga dapat disimpulkan bahwa prediksi pada periode ke-16 yaitu 167, periode ke-17 yaitu 168, periode ke-18 yaitu 170, periode ke-19 yaitu 172 dan periode ke-20 yaitu 173. Berikut tabel prediksi dalam bentuk grafik:



(Sumber: Hasil Perhitungan Penulis Sendiri)

Gambar Grafik Contoh Perhitungan Peramalan

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Setelah mempelajari ruang lingkup *Double Exponential Smoothing* Metode Linear Satu Parameter dari Brown, bagaimana pandangan anda mengenai *Double Exponential Smoothing* Metode Linear Satu Parameter dari Brown?
2. Dari materi modul ini terdapat beberapa definisi dari *exponential smoothing* dari berbagai pakar, buatlah penjabaran menurut anda tentang definisi *exponential smoothing*!
3. Ada berapa metode pemulusan eksponensial dan jelaskan!
4. Prediksikan 4 periode bulan berikutnya pada tabel 7.4 dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dengan satu parameter dari Brown dengan $\alpha = 0,2$.

Tabel 7.4: Data Ilustrasi Penjualan

Periode	Penjualan
1	199
2	172
3	111
4	209
5	161
6	119
7	195
8	131
9	131
10	183

5. Prediksikan 5 periode bulan berikutnya pada tabel 7.5 dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dengan satu parameter dari Brown dengan pemilihan parameter α terbaik.

Tabel 7.5 Data Ilustrasi Penjualan

Periode	Penjualan
1	259
2	220
3	283

Periode	Penjualan
4	201
5	200
6	214
7	240
8	238
9	261
10	217

D. REFERENSI

Aden. (2020). *Forecasting The Eksponetial Smoothing Methods* (Ilmadi (ed.); Issue 1). Tangerang Selatan: Unpam Press.

Habsari, H. D. P., Purnamasari, I., & Yuniarti, D. (2020). Peramalan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dan Verifikasi Hasil Peramalan Menggunakan Grafik Pengendali Tracking Signal (Studi Kasus : Data IHK Provinsi Kalimantan Timur) Forecasting Uses Double Exponential Smoothing Method and Forecastin. *Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(1), 13–22.

Handoko, T. H. (2017). *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta: Salemba Empat (Edisi Pertama Cetakan ke Duapuluh Satu). Fakultas Ekonomi Universitas Gajah Mada.

McGee, Makridagis dan Wheelwright. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalanle* (Edisi Kedua). Jakarta: Binarupa Aksara.

Render, J. H. dan Barry Render (2015). *Manajemen Operasi* (Edisi Sebelas). Jakarta: Salemba Empat.

PERTEMUAN 7

PEMULUSAN EKSPONENSIAL GANDA (*DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*) DENGAN METODE LINEAR DUA PARAMETER DARI *HOLT*

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Memahami dan menjabarkan tentang “Dasar-dasar metode pemulusan, pemulusan exponential, dan pemulusan eksponensial ganda dengan metode linear dua parameter dari *holt*”.

B. URAIAN MATERI

1. Pengantar Metode Pemulusan

Metode smoothing merupakan metode peramalan dengan cara *smoothing* atau perbaikan data sebelumnya, dapatkan nilai rata-rata beberapa tahun untuk menilai nilainya di tahun-tahun mendatang. Secara umum, metode pelurusan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian yaitu:

a. Metode perataan (*Average*)

- 1) Nilai rata-rata (*mean*)
- 2) Rata-Rata Bergerak Tunggal (*Single Moving Average*)
- 3) Rata-Rata Bergerak Ganda (*Double Moving Average*)
- 4) Kombinasi lain dari rata-rata bergerak

b. Metode pemulusan eksponensial

Bentuk umum dari metode pemulusan eksponensial adalah:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t$$

Di mana:

F_{t+1} : ramalan satu periode ke depan

X_t : data aktual pada periode ke- t

F_t : ramalan pada periode ke- t

α : parameter pemulusan

Bilamana bentuk umum tersebut diperluas lagi, maka bentuk nya akan berubah menjadi:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)X_{t-1} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^N X_{t-(N-1)}$$

Dari keseluruhan pemulusan di atas, dapat dikatakan bahwa metode pemulusan eksponensial merupakan sekumpulan metode yang menunjukkan pembobotannya menurun secara eksponensial dengan nilai observasi terlama, dengan kata lain observasi baru diberi bobot yang relatif lebih besar dengan nilai observasi terlama. Metode ini terdiri dari:

a. Pemulusan Eksponensial Unik

- 1) Parameter
- 2) Pendekatan Aditif

Metode ini cukup baik digunakan pada peramalan yang memiliki pola *trend* atau yang datanya stasioner.

b. Pemulusan eksponensial ganda

- 1) Metode *Linear* dari Parameter Coklat
- 2) Metode *Holt* dua parameter

Metode ini digunakan untuk membuat prediksi dengan data tren.

c. Pemulusan Eksponensial Tiga Kali Lipat

- 1) Pemulusan kuadrat dari parameter coklat dapat digunakan jika pola data dasarnya adalah kuadrat kubik atau orde lebih tinggi.
- 2) Tren tiga parameter atau metode musim dingin musiman metode ini adalah salah satu dari beberapa metode pemulusan data eksponensial yang dapat menangani pola musiman.

d. Pemulusan eksponensial menurut klasifikasi Pegels.

2. Pemulusan Eksponensial (*Exponential Smoothing*)

Pemulusan eksponensial adalah metode yang menunjukkan bahwa pembobotan menurun secara eksponensial dengan nilai pengamatan yang lebih lama. Oleh karena itu, metode ini disebut prosedur pemulusan eksponensial. (Yulitasari, 2011) Seperti rata-rata bergerak, metode pemulusan eksponensial

terdiri dari metode tunggal, ganda, dan lebih rumit. Semuanya memiliki sifat yang sama, yaitu nilai yang lebih baru diberi bobot yang relatif lebih besar daripada nilai pengamatan yang lebih lama. Pada metode pemulusan eksponensial ini, pengamatan terus menerus dilakukan terhadap prediksi berdasarkan pengalaman yang lebih mutakhir, yaitu dengan melakukan rata-rata (*smoothing*) nilai dari rangkaian data lampau, mengurangnya secara eksponensial. Ini dilakukan dengan memberikan bobot tertentu untuk setiap data. Apabila data yang diperoleh bersifat stasioner maka dapat dikatakan cukup baik untuk digunakan. Bobot dilambangkan dengan α (alfa) dan bergerak antara 0 dan 1.

Bobot data yang lebih besar diberikan ke data yang lebih terkini, yaitu, α untuk data terbaru, $\alpha(1-\alpha)$ untuk data terkini berikutnya dan $\alpha(1-\alpha)^2$ untuk data berikutnya, dan seterusnya. Pemulusan eksponensial adalah metode yang menunjukkan bahwa pembobotan menurun secara eksponensial dengan nilai pengamatan yang lebih lama (Pakpahan et al., 2020). Oleh karena itu, metode ini disebut prosedur pemulusan eksponensial. Seperti rata-rata bergerak, metode pemulusan eksponensial terdiri dari metode tunggal, ganda, dan lebih rumit. Semuanya memiliki sifat yang sama, yaitu nilai yang lebih baru diberi bobot yang relatif lebih besar daripada nilai pengamatan yang lebih lama.

3. Pemulusan Eksponensial Ganda

Metode ini digunakan ketika informasi menunjukkan suatu pola atau trend. Pemulusan eksponensial dengan adanya tren, seperti pemulusan sederhana, kecuali bahwa komponen tersebut harus diperbarui setiap periode sampai tingkatan dan trennya (Hyndman et al., 2008). Tingkat adalah perkiraan halus dari nilai informasi di bagian atas masing-masing nilai. Tren bisa menjadi perkiraan mulus dari rata-rata pertumbuhan di awal setiap periode. Rumus pemulusan eksponensial ganda adalah:

$$S_n = \alpha Y_n + (1 - \alpha)(S_{n-1} + T_{n-1})$$

$$T_n = \gamma(S_n - S_{n-1}) + (1 - \gamma)T_{n-1}$$

4. Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Parameter Ganda *Holt dan Sejarah Singkat*

Metode *Holt* berbeda dengan metode Brown dalam hal menghaluskan tren dan musim komponen. Karya aslinya direproduksi dalam memo ONR (Holt 1957), yang dikutip secara luas, tetapi baru diterbitkan ketika muncul di *International Journal of Forecasting* pada tahun 2004. Karya *Holt* tentang pemulusan eksponensial musiman aditif dan multiplikatif menjadi terkenal melalui sebuah artikel oleh muridnya *Peter Winters* yang memberikan tes empiris untuk metode *Holt*. Akibatnya, bersifat musiman versi metode *Holt* sering disebut metode *Holt-Winters* (dan terkadang hanya metode *Winters*, yang sangat tidak adil bagi *Holt*). Kolaborator lain untuk *Holt* adalah *John Muth*, yang kemudian menjadi terkenal di bidang ekonomi karena merumuskan konsep ekspektasi rasional. Dalam pemulusan eksponensial, dia dikenal karena memperkenalkan dua model statistik (Muth 1960) di mana prediksi optimal setara dengan yang diperoleh dari pemulusan eksponensial sederhana (Yulitasari, 2011).

Metode ini secara teori dianalogikan dengan Double Exponential Smoothing Brown, kecuali bahwa *Holt* tidak menggunakan formula penghalus digandakan secara langsung. Sebagai gantinya, *Holt* melunakkan nilai-nilainya tren dengan parameter berbeda, yaitu berdasarkan parameter digunakan dalam seri data pertama. Prediksi penghalusan eksponensial linier *Holt* diperoleh dengan menggunakan dua konstanta penghalusan (dengan nilai 0 dan 1) dan tiga persamaan. Secara matematis ditulis dalam tiga persamaan:

$$S_n = \alpha Y_n + (1 - \alpha)(S_{n-1} + T_{n-1})$$

$$T_n = \gamma(S_n - S_{n-1}) + (1 - \gamma)T_{n-1}$$

$$F_{t+m} = S_n + T_n m$$

Dimana:

S_n = Nilai pemulusan ke-n

T_n = Pemulusan trend ke-n

m = Periode masa mendatang

F_{t+m} = nilai ramalan

5. Ukuran Akurasi Peramalan

Validasi metode perkiraan menggunakan metode Eksponensial Smoothing, tidak lepas dari indikator ketepatan pengukuran perkiraan, ada banyaknya metode yang bisa digunakan untuk validasi. Berikut adalah beberapa metode pengukuran validasi yang umum digunakan, seperti *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Mean Square Error* (MSE). Menurut Heizer dan Render (2009), itu adalah perhitungan yang biasa digunakan untuk menghitung seluruh kesalahan perkiraan. Perhitungan ini sering digunakan untuk membandingkan berbagai model perkiraan, memantau perkiraan dan memastikan bahwa perkiraan berjalan dengan lancar. Ukuran kesalahan yang digunakan adalah:

a. *Mean Absolute Deviation* (MAD)

Selama periode tertentu, tidak masalah apakah hasil prakiraan lebih besar atau benar. Akurasi peramalan akan tinggi jika nilai MAD, persentase kesalahan rata-rata absolut dan oleh karena itu kesalahan kuadrat rata-rata menjadi lebih kecil. MAD adalah nilai absolut total dari kesalahan ramalan dibagi dengan informasi atau, lebih umum digunakan, adalah nilai kesalahan absolut kumulatif dibagi kuantitas. Rumus penghitungan MAD adalah sebagai berikut:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$$

b. *Mean Square Error* (MSE)

Menurut Gasperz (2004), *Mean Square Error* (MSE) secara umum disebut sebagai kesalahan perkiraan. Kesalahan peramalan tidak dapat dihindari dalam sistem peramalan, Namun, kesalahan perkiraan harus dikelola dengan baik.

Manajemen kesalahan prediksi akan lebih sederhana saat analisis siap bertindak yang secara tepat terkait dengan penjelasan untuk kesalahan perkiraan. Selama sistem peramalan, menggunakan model peramalan yang berbeda akan memberikan nilai ramalan yang berbeda dan derajat kesalahan peramalan yang berbeda. Kesalahan kuadrat rata-rata memperkuat efek tingkat kesalahan yang sangat besar, tetapi mengurangi tingkat kesalahan perkiraan kurang dari satu unit. MSE dihitung dengan menambahkan kuadrat dari semua kesalahan perkiraan di setiap periode dan membaginya dengan jumlah periode perkiraan. Secara matematis MSE dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}$$

c. *Mean Forecast Error (MFE)*

Kesalahan perkiraan rata-rata (MFE) sangat tinggi, efektif untuk memastikan apakah suatu hasil perkiraan selama periode tertentu terlalu tinggi atau terlalu rendah. MFE dihitung dengan menambahkan semuanya kesalahan peramalan selama periode perkiraan dan pembagian berdasarkan nilai periode ramalan. MFE secara sistematis dideklarasikan sebagai berikut:

$$MFE = \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i]}{n}$$

d. *Mean Absolute Presentation Error (MAPE)*

Kesalahan persentase absolut rata-rata (MAPE) dapat menjadi ukuran kesalahan relatif. MAPE biasanya lebih baik daripada MAD karena MAPE mewakili persentase kesalahan hasil meramalkan permintaan khusus selama periode tertentu, yang dapat memberikan informasi bahwa persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah. Kuadrat dari persentase kesalahan rata-rata dapat menjadi ukuran ketepatan menggunakan persentase kesalahan absolut. MAPE menunjukkan kesalahan absolut rata-rata dari perkiraan dalam hal persentase dalam kaitannya dengan data tertentu. Secara matematis, MAPE dideklarasikan sebagai berikut:

$$MAPE = \sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}$$

Dimana :

X_t = Nilai actual pada periode-t

F_t = Nilai ramalan pada periode-t

n = banyaknya pengamatan

e. *Standart Error of Estimation* (SEE)

Rata-rata perkiraan kesalahan standar (*Standart Error of Estimation* = SEE)

$$SEE = \sqrt{\frac{(A_t - F_t)^2}{n - f_0}}$$

Dimana :

A_t = peramalan actual pada periode-t

F_t = peramalan permintaan pada periode-t

n = jumlah periode peramalan yang terlibat

f_0 = derajat kebebasan yang hilang

6. Contoh perhitungan dari metode *Double Exponential Smoothing* dari *Holt*

Seperti pembahasan yang sudah tadi dijabarkan bahwa metode ini merupakan model linier yang dikemukakan oleh *Holt*. Dalam hal ini *Holt* tidak menggunakan formula penghalus digandakan secara langsung. Sebagai gantinya, *Holt* memuluskan nilai-nilainya tren dengan parameter berbeda, yaitu berdasarkan parameter digunakan dalam seri data pertama. Prediksi penghalusan eksponensial linier *Holt* diperoleh dengan menggunakan dua konstanta penghalusan (dengan nilai 0 dan 1) dan tiga persamaan.

Perhitungan pemulusan pada data ke-n yaitu:

$$S_n = \alpha Y_n + (1 - \alpha)(S_{n-1} + T_{n-1})$$

Perhitungan nilai konstanta atau gradien atau nilai kemiringan digunakan persamaan:

$$T_n = y(S_n - S_{n-1})(1 - y)T_{n-1}$$

$$T_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2}$$

Dan untuk perhitungan peramalan atau prediksinya digunakan persamaan:

$$F_{t+m} = S_n + T_n m$$

Dimana:

S_n = Nilai pemulusan ke-n

T_n = Pemulusan trend ke-n

m = Periode masa mendatang

F_{t+m} = nilai ramalan pada period ke- (t+m)

Peramalan yang dihitung dengan metode eksponensial dua parameter holt dapat memprediksi beberapa siklus sebelumnya. Maka dapat dikatakan perhitungannya lebih efisien karena dapat digunakan pada beberapa siklus berikutnya kembali. Langkah penting setelah peramalan adalah memverifikasi atau mengkonfirmasi atau memvalidasi ramalan sehingga hasil peramalan benar-benar mencerminkan hubungan sebab akibat dari data masa lalu dan sistem

Contoh soal:

Prediksikan pendapatan di periode ke-19 sampai ke-27 pada data **Tabel 8.1** berikut ini dengan nilai $\alpha = 0.300$ dan $y = 0.127$

Tabel 7.1 Contoh Data

PERIODE	(X)
1	508
2	486

3	410
4	456
5	434
6	431
7	405
8	545
9	461
10	518
11	487
12	420
13	466
14	534
15	452
16	525
17	555
18	451

Sebelum kita melakukan perhitungan dengan menggunakan metode eksponensial dua parameter holt, terlebih dahulu kita gambarkan pola data dari tabel di atas.



Gambar 7.1 Kurva Pendatapan

Terlihat pada **Gambar 7.1** kurva garis pendapatan di atas adanya pola data horizontal, yaitu pola data yang cenderung fluktuatif namun data tersebut disekitaran rata-rata hitungan. Langkah selanjutnya adalah dengan menghitung nilai tren pemulusan dengan rumus serta perhitungan sebagai berikut

$$T_n = y(S_n - S_{n-1}) + (1 - y)T_{n-1}$$

$$T_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2}$$

$$T_1 = \frac{(486 - 508) + (456 - 410)}{2}$$

$$T_1 = 12.00$$

Pada perhitungan nilai tren pemulusan ke-2 terdapat perbedaan dalam perhitungan dan rumus nya, berikut adalah perhitungannya sebagai berikut

$$T_2 = y(S_2 - S_1) + (1 - y)T_1$$

$$T_2 = (0.127 \times (509.80 - 508.00) + (1 - 0.127)12.00$$

$$T_2 = 10.70$$

Dan seterusnya hingga perhitungan nilai tren pemulusan ke-18 dengan perhitungan yaitu sebagai berikut

$$T_{18} = (0.127 \times (499.73 - 515.33) + (1 - 0.127)5.29$$

$$T_{18} = 2.63$$

Langkah selanjutnya adalah dengan menghitung nilai pemulusan, untuk permulaan penghitungan nilai pemulusan ke-1 adalah nilai $S_1 = 508$ dan untuk nilai pemulusan ke-2 rumus dan perhitungannya adalah sebagai berikut

$$S_2 = \alpha Y_n + (1 - \alpha)(S_{n-1} + T_{n-1})$$

$$S_2 = (0.300 \times 486) + (1 - 0.300)(508.00 + 12.00)$$

$$S_2 = 509.80$$

Dan seterusnya hingga menuju perhitungan nilai pemulusan ke-18 dengan perhitungan yaitu sebagai berikut

$$S_{18} = (0.300 \times 451) + (1 - 0.300)(515.33 + 5.29)$$

$$S_2 = 499.73$$

Berlanjutlah ke perhitungan nilai peramalan. Untuk perhitungan nilai peramalan ke-1 tidak diisi karena tidak ada data yang bisa dihitung sebelumnya, melainkan langsung ke nilai peramalan ke-2 yang akan dihitung terlebih dahulu. Dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut

$$F_{t+m} = S_n + T_x m$$

$$F_2 = S_1 + (T_1 \times 1)$$

$$F_2 = 508.00 + 12.00 = 520.00$$

Dan seterusnya hingga menuju perhitungan nilai peramalan ke-19 dengan perhitungan yaitu sebagai berikut

$$F_{19} = S_{18} + (T_{18} \times 1)$$

$$F_{19} = 499.73 + 2.63 = 520.61$$

Perhitungan nilai peramalan ke-2 sampai ke-19 menggunakan nilai m sama dengan 1 ($m = 1$). Sedangkan untuk perhitungan nilai peramalan ke-20 nilai $m = 2$, peramalan ke-21 nilai $m = 3$ dan seterusnya sampai ke nilai peramalan ke-27 nilai $m = 9$. Berikut adalah perhitungan nilai peramalan ke-20 sampai ke-27

$$F_{20} = S_{18} + (T_{18} \times 2) = 499.73 + (2.63 \times 2) = 504.99$$

$$F_{21} = S_{18} + (T_{18} \times 3) = 499.73 + (2.63 \times 3) = 507.62$$

$$F_{22} = S_{18} + (T_{18} \times 4) = 499.73 + (2.63 \times 4) = 510.25$$

$$F_{23} = S_{18} + (T_{18} \times 5) = 499.73 + (2.63 \times 5) = 512.87$$

$$F_{24} = S_{18} + (T_{18} \times 6) = 499.73 + (2.63 \times 6) = 515.50$$

$$F_{25} = S_{18} + (T_{18} \times 7) = 499.73 + (2.63 \times 7) = 518.13$$

$$F_{26} = S_{18} + (T_{18} \times 8) = 499.73 + (2.63 \times 8) = 520.76$$

$$F_{27} = S_{18} + (T_{18} \times 9) = 499.73 + (2.63 \times 9) = 523.39$$

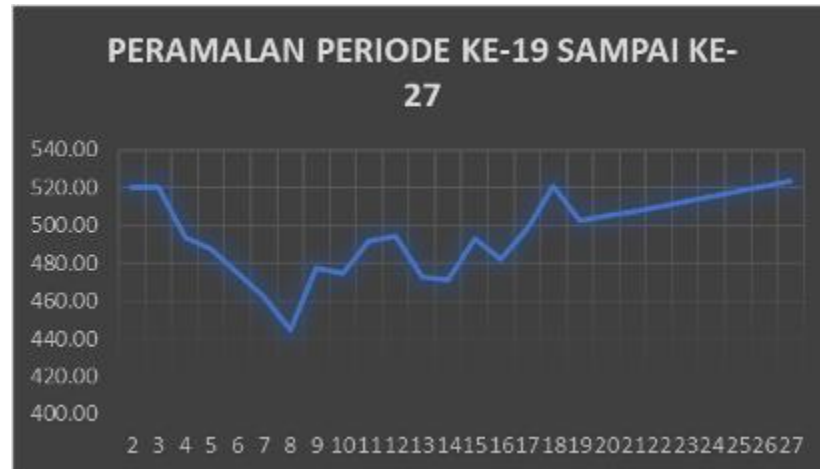
Maka didapatkanlah hasil nilai peramalan untuk period ke-20 sampai ke-27 nilai nya adalah 504.99 sampai 523.39. berikut adalah hasil lengkap perhitungannya pada Tabel berikut ini:

Tabel 7. 2 Hasil Peramalan

Periode	(X)	S't	Tt	Peramalan
1	508	508	12	-
2	486	509.80	10.70	520.00
3	410	487.35	6.48	520.50
4	456	482.48	5.04	493.83
5	434	471.46	2.99	487.52
6	431	461.42	1.33	474.46
7	405	445.43	-0.87	462.76
8	545	474.69	2.96	444.56
9	461	472.66	2.33	477.66
10	518	487.89	3.97	474.99
11	487	490.40	3.79	491.86

Periode	(X)	S't	Tt	Peramalan
12	420	471.93	0.95	494.19
13	466	470.82	0.69	472.88
14	534	490.26	3.08	471.51
15	452	480.93	1.50	493.33
16	525	495.20	3.12	482.43
17	555	515.33	5.29	498.32
18	451	499.73	2.63	520.61
PERIODE				PERAMALAN
19				<u>502.36</u>
20				<u>504.99</u>
21				<u>507.62</u>
22				<u>510.25</u>
23				<u>512.87</u>
24				<u>515.50</u>
25				<u>518.13</u>
26				<u>520.76</u>
27				<u>523.39</u>

Dilihat dari kurva yang ada pada di bawah ini terlihat di period ke-2 sampai ke-19 banyak terjadi penurunan di awal namun disekitar period ke-8 sampai ke-12 dan mulai terjadi kenaikan pada periode ke-13 sampai period ke-27



Gambar Kurva Peramalan Periode ke-19 Sampai ke-27

Setelah peramalan yang telah dilakukan tersebut selesai, kemudian akan di validasi menggunakan sejumlah indikator. Dikarenakan ada banyaknya rumus yang dapat digunakan untuk mengukur ketelitian peramalan, untuk perhitungan saat ini Indikator yang akan digunakan untuk contoh perhitungan disini yaitu diantaranya Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), dan Tracking Signal. Kita akan menggunakan data yang sebelum nya yang telah kita lakukan peramalan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dari dengan metode linear satu parameter dari Brown. Setelah peramalan yang telah dilakukan tersebut selesai, kemudian akan di validasi menggunakan sejumlah indikator. Dikarenakan ada banyaknya rumus yang dapat digunakan untuk mengukur ketelitian peramalan, untuk perhitungan saat ini Indikator yang akan digunakan untuk contoh perhitungan disini yaitu diantaranya Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), dan Tracking Signal. Kita akan menggunakan data yang sebelum nya yang telah kita lakukan peramalan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda dari dengan metode linear satu parameter dari Brown.

Tabel 7.3 Hasil Peramalan Periode

Periode	(X)	Peramalan
1	508	-
2	486	520.00
3	410	520.50
4	456	493.83
5	434	487.52
6	431	474.46
7	405	462.76
8	545	444.56
9	461	477.66
10	518	474.99
11	487	491.86
12	420	494.19
13	466	472.88
14	534	471.51
15	452	493.33
16	525	482.43
17	555	498.32
18	451	520.61

Tabel di atas tersebut menampilkan hasil peramalan yang sudah kita lakukan sebelum nya, selanjutnya kita akan lakukan penghitungan menggunakan Mean Absolute Deviation (MAD) terlebih dahulu dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$MAD = \frac{\sum(\text{absolut dari forecast errors})}{n}$$

Namun sebelum dapat menghitung nilai dari MAD, kita perlu mengetahui nilai gallet atau nilai *error* dari peramalan. Berikut perhitungan dari nilai gallet dan nilai MAD

$$e_i = X_i - F_i$$

$$e_1 = 508.00$$

$$e_2 = 486 - 520.00 = -34.00$$

Begitu selanjut nya sampai ke period ke-18

$$e_{18} = 451 - 520.61 = -69.61$$

Hasil dari penghitungan nilai gallet atau *error* yang sudah didapat diubah menjadi nilai absolut dan nilai gallet absolut tadi di jumlahkan dari awal periode hingga akhir periode dan didapatkan lah hasil nilai gallet absolut nya adalah 1363.80. setelah nilai gallet absolute didapat maka kita sudah bisa melakukan penghitungan nilai MAD, dengan penghitungan sebagai berikut.

$$MAD = \frac{1,363.80}{18}$$

$$MAD = 75.77$$

Berlanjut ke penghitungan nilai *Mean Squared Error* (MSE) dengan rumus seperti berikut

$$MSE = \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{N}$$

Sebelum bisa melakukan penghitungan MSE, Hasil dari penghitungan nilai gallet absolut yang telah dihitung harus di pangkatkan 2 lalu nilai yang telah di pangkatkan 2 kemudian dijumlahkan keseluruhan dari period ke-1 sampai ke-18,

maka hasil yang di dapatkan adalah 314225.93. hasil dari pemangkatan tadi sudah bisa digunakan untuk menghitung nilai MSE, dengan perhitungan sebagai berikut.

$$MSE = \frac{314,225.93}{18}$$

$$MSE = 17,457.00$$

Setelah mendapatkan nilai MSE maka di lanjut kan ke perhitungan nilai kesalahan akar mean kuadrat atau *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui besarnya tingkat kesalah hasil peramalan, dimana semkain kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prakiraan akan semakin akurat, berikut perhitungan nya.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (\text{prediksi aktual}_t - \text{aktual}_t)^2}{N}}$$

$$RMSE = \sqrt{17,457.00}$$

Berlanjut ke perhitungan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dengan mengetahui keseluruhan nilai gallat absolut yang dibagi dengan nilai aktual terlebih dahulu. Dengan perhitungan seperti berikut.

$$\text{Periode ke...} = \left| \frac{\text{nilai aktual} - \text{nilai peramalan}}{\text{nilai aktual}} \right|$$

$$\text{Periode 1} = \left| \frac{508 - 0}{508} \right| = 508$$

Lakukan perhitungan tersebut hingga period ke-18, dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Periode 18} = \left| \frac{451 - 520.61}{451} \right| = 0.063$$

kemudian keseluruhan hasil dijumlahkan dari period ke-1 sampai ke-18, dan didapatkan hasil angka 2.84. setelah mendapatkan nilai kita dapat melakukan penghitungan nilai MAPE, dengan rumus dan perhitungan seperti berikut.

$$MAPE = \sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}$$

$$MAPE = \frac{2.84}{18} \cdot 100$$

$$\text{MAPE} = 15.78$$

Terakhir berlanjut ke perhitungan *Tracking Signal*. Sebelumnya kita harus menghitung nilai jumlah kumulatif dari nilai gallat atau disebut *Running Sum of Forecast Error* (RSFE), dengan rumus dan perhitungan sebagai berikut

$$\text{RSFE} = \sum E_i$$

$$\text{RSFE} = 508.00 + \dots + -69.61$$

$$\text{RSFE} = 262.58$$

maka barulah kita dapat melakukan perhitungan . Keseluruhan dari nilai gallat adalah 262.58, dan berlanjut ke perhitungan *Tracking Signal* dengan rumus beserta perhitungannya sebagai berikut.

$$\text{Tracking Signal} = \frac{\text{RSFE}}{\text{MAD}}$$

$$\text{Tracking Signal} = \frac{262.58}{75.77}$$

$$\text{Tracking Signal} = 3.47$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat seksama pada **Tabel 8.4** yang menampilkan hasil perhitungan dari Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), sampai dengan *Tracking Signal*.

Tabel Hasil Perhitungan Peramalan, MAD, MSE, MAPE, Tracking Signal

Periode	(X)	Peramalan	Error St-Ft	Absolute Value Of Error St-Ft	Square Of Error (St-Ft) ²	Absolute Values Of Error Devide By Actual Values (St-Ft)/St
1	508	-	508	508	258,064.00	1.00
2	486	520	-34.00	34.00	1,156	0.07

Periode	(X)	Peramalan	Error St-Ft	Absolute Value Of Error St-Ft	Square Of Error (St-Ft) ²	Absolute Values Of Error Divide By Actual Values (St-Ft)/St
3	410	520.50	-110.50	110.50	12,210.64	0.27
4	456	493.83	-37.83	37.83	1,431.38	0.08
5	434	487.52	-53.52	53.52	2,864.52	0.12
6	431	474.46	-43.46	43.46	1,888.68	0.10
7	405	462.76	-57.76	57.76	3,335.75	0.14
8	545	444.56	100.44	100.44	10,088.51	0.18
9	461	477.66	-16.66	16.66	277.40	0.04
10	518	474.99	43.01	43.01	1,850.08	0.08
11	487	491.86	-4.86	4.86	23.64	0.01
12	420	494.19	-74.19	74.19	5,503.98	0.18
13	466	472.88	-6.88	6.88	47.40	0.01
14	534	471.51	62.49	62.49	3,905.14	0.12
15	452	493.33	-41.33	41.33	1,708.33	0.09
16	525	482.43	42.57	42.57	1,812.21	0.08
17	555	498.32	56.68	56.68	3,212.17	0.10
18	451	520.61	-69.61	69.61	4,846.10	0.15

Periode	(X)	Peramalan	Error St-Ft	Absolute Value Of Error St-Ft	Square Of Error (St-Ft) ²	Absolute Values Of Error Divide By Actual Values (St-Ft)/St
TOTAL			262.58	1,363.80	314,225.93	2.84

N	18
MAD	75.77
MSE	17457
RMSE	132.12
MAPE	15.78
RFSE	262.58
TRACKING SIGNAL	3.47

C. LATIHAN SOAL/TUAGAS

1. Apakah fungsi dan kegunaan dari Metode MAD, MSE, MAPE, dan *Tracking Signal* digunakan sebagai apa serta apakah fungsi nya dalam pemulusan *Holt*?
2. Apa perbedaan dari metode pemulusan dari *Brown* dan metode pemulusan dari *Holt*?

Bulan (2020)	Periode	(X)
Jan	1	461
Feb	2	479
Mar	3	433
Apr	4	596
Mei	5	553
Juni	6	523
July	7	622
Agust	8	653
Sept	9	633
Okto	10	665
Nov	11	622
Des	12	677

3. Prediksikan pendapatan di periode ke-13 sampai ke-14 pada data tabel diatas berikut ini dengan $\alpha = 0,4$
4. Hitunglah nilai ukuran keteitian peramalan hasil perhitungan dari soal nomor 3 menggunakan metode:

- a. MAD
- b. MSE

D. REFERENSI

- Aden, A. (2018). Analisis Komparasi Estimasi Jumlah Penjualan Produk Dengan Metode Eksponensial Tunggal Pendekatan Adaptif Dan Metode Eksponensial Ganda Dua Parameter Dari Holt. *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, 1(1), 1-19.
- Aden, A. (2020). Forecasting The Eksponential Smoothing Methods.
- Habsari, H. D. P., Purnamasari, I., & Yuniarti, D. (2020). Forecasting Use Double Exponential Smoothing Method And Forecasting Verification Uses Tracking Signal Control Chart (Case Study: Ihk Data Of East Kalimantan Province). *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(1), 013-022.
- Hyndman, R. J., Koehler, A. B., Ord, J. K., & Snyder, R. D. (2008). *Springer Series In Statistics Forecasting With Exponential Smoothing*.
- Imbar, R. V., & Andreas, Y. (2012). Aplikasi Peramalan Stok Barang Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Sistem Informasi*, 7(2), 123-141.
- Pakpahan, H. S., Basani, Y., & Hariani, R. R. (2020). Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Kalimantan Timur Menggunakan Single Dan Double Exponential Smoothing. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 15(1), 47–51.
- Pujiati, E., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2017). Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown. *Jurnal Eksponensial*, 7(1), 33–40.
- Wiyah, H. (2020). *Peramalan Jumlah Produksi Pangan Di Provinsi Riau Dengan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda* (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).
- Yanuar, M. F. (2019). Perbandingan Metode Pemulusan Eksponensial ganda Holt Dan Metode Pemulusan Ganda Brown.

Yulitasari, A. (2011). Perbandingan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Holt Dengan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown. Universitas Negeri Semarang, 1–84.

PERTEMUAN 8

PEMULUSAN EKSPONENSIAL TRIPEL: METODE KUADRATIK SATU-PARAMETER BROWN

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami dan mengaplikasikan tentang metode “ **Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter Brown**”.

B. URAIAN MATERI

1. Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter Brown

Metode eksponensial triple merupakan metode peramalan yang memprediksikan dari tiga aspek, yaitu pemulusan tunggal, ganda dan ketiga. Pemulusan eksponensial triple salah satu metodenya yaitu metode kuadratik satu parameter dari Brown yang artinya hanya terdapat satu faktor kesalahan. Data yang dapat digunakan dalam metode ini yaitu data yang berupa data trend baik trend menaik ataupun menurun. Metode kuadratik satu parameter dari Brown dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

$$S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha) S'''_{t-1}$$

$$\alpha_t = 3 S'_t - 3 S''_t + S'''_t$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S'_t - (10 - 8\alpha) S''_t + (4 - 3\alpha) S'''_t]$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S'_t - 2 S''_t + S'''_t)$$

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t \cdot m + \frac{1}{2} c_t \cdot m^2$$

$$\alpha_1 = x_1$$

$$b_1 = \frac{(x_2 - x_1) + (x_3 - x_2) + (x_4 - x_3)}{3}$$

$$c_1 = \frac{(x_3 - x_1)}{2}$$

Keterangan:

S'_t = Nilai pemulusan eksponensial tunggal (*Single*)

S''_t = Nilai pemulusan eksponensial ganda (*Double*)

S'''_t = Nilai pemulusan eksponensial rangkap tiga (*Triple*)

α_p = Parameter pemulusan eksponensial yang besarnya $0 < \alpha_p < 1$

α_t = Koefisien bebas

b_t = Koefisien terikat terhadap m

c_t = Koefisien terikat terhadap m^2

Metode satu parameter dari brown ini dapat memprediksikan beberapa periode berikutnya. Jika data yang diketahui sampai ke-10 maka dapat memprediksikan pada periode ke-11, 12, ..., 10+n.

2. Contoh Kasus metode kuadratik satu parameter dari Brown

Prediksikan data berikut dengan menggunakan metode kuadratik satu parameter dari Brown.

Tabel 8.1 Data Ilustrasi

Periode	Bulan	X_i
1	Januari	30
2	Februari	35
3	Maret	33
4	April	28

5	Mei	45
6	Juni	47
7	Juli	25
8	Agustus	27
9	September	31
10	Oktober	60
11	November	75

Penyelesaian :

Langkah – Langkah perhitungan pemulusan eksponensial kuadratik dari brown dengan menggunakan data di atas sebagai berikut :

a. Periode ke 1

- $X_1 = S_1' = S_1'' = S_1'''$

$$X_1 = 30 = 30 = 30 = 30$$

b. Periode ke 2

- $S_2' = \alpha X_2 + (1 - \alpha) S_1'$

$$= 0,15 \cdot 35 + 0,85 \cdot 30$$

$$= 30,75$$

- $S_2'' = \alpha S_2' + (1 - \alpha) S_1''$

$$= 0,15 \cdot 30,75 + 0,85 \cdot 30$$

$$= 30,1125$$

- $S_2''' = \alpha S_2'' + (1 - \alpha) S_1'''$

$$= 0,15 \cdot 30,1125 + 0,85 \cdot 30$$

$$= 30,0169$$

- $a_2 = 3 S_2' - 3 S_2'' + S_2'''$

$$= 3 \cdot 30,75 - 3 \cdot 30,1125 + 30,0169$$

$$= 31,9294$$
- $b_2 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_2' - (10 - 8\alpha) S_2'' + (4 - 3\alpha) S_2''']$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (161,437 - 264,985 + 106,559)$$

$$= 0,104 (3,011)$$

$$= 0,313$$
- $c_2 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_2' - 2 S_2'' + S_2''')$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (30,75 - 2 \cdot 30,1125 + 30,0169)$$

$$= 0,031 (0,543)$$

$$= 0,017$$
- $F_{t+m} = a_2 + b_2 \cdot m + \frac{1}{2} c_2 \cdot m^2$

$$= 31,9294 + 0,313 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 12$$

$$= 32,2509$$

c. Periode ke 3

- $S_3' = \alpha X_3 + (1 - \alpha) S_2'$

$$= 0,15 \cdot 33 + 0,85 \cdot 30,75$$

$$= 31,0875$$
- $S_3'' = \alpha S_3' + (1 - \alpha) S_2''$

$$= 0,15 \cdot 31,0875 + 0,85 \cdot 30,1125$$

$$= 30,2587$$
- $S_3''' = \alpha S_3'' + (1 - \alpha) S_2'''$

$$= 0,15 \cdot 30,2587 + 0,85 \cdot 30,0169$$

$$= 30,0532$$

$$\bullet \quad a_3 = 3 S_3' - 3 S_3'' + S_3'''$$

$$= 3 \cdot 31,0875 - 3 \cdot 30,2587 + 30,0532$$

$$= 32,5396$$

$$\bullet \quad b_3 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_3' - (10 - 8\alpha) S_3'' + (4 - 3\alpha) S_3''']$$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (163,209 - 266,276 + 106,688)$$

$$= 0,104 (3,621)$$

$$= 0,377$$

$$\bullet \quad c_3 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_3' - 2S_3'' + S_3''')$$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (31,0875 - 2 \cdot 30,2587 + 30,0532)$$

$$= 0,031 (0,6233)$$

$$= 0,019$$

$$\bullet \quad F_{t+m} = a_3 + b_3 \cdot m + \frac{1}{2} c_3 \cdot m^2$$

$$= 32,5396 + 0,377 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,019$$

$$= 32,9261$$

d. Periode ke 4

$$\bullet \quad S_4' = \alpha X_4 + (1 - \alpha) S_3'$$

$$= 0,15 \cdot 28 + 0,85 \cdot 31,0875$$

$$= 30,6243$$

$$\bullet \quad S_4'' = \alpha S_4' + (1 - \alpha) S_3''$$

$$= 0,15 \cdot 30,6243 + 0,85 \cdot 30,2587$$

$$= 30,3135$$

- $S_4''' = \alpha S_4'' + (1 - \alpha) S_3'''$

$$= 0,15 \cdot 30,3135 + 0,85 \cdot 30,0532$$

$$= 30,0922$$
- $a_4 = 3 S_4' - 3 S_4'' + S_4'''$

$$= 3 \cdot 30,6243 - 3 \cdot 30,3135 + 30,0922$$

$$= 31,0246$$
- $b_4 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_4' - (10 - 8\alpha) S_4'' + (4 - 3\alpha) S_4''']$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (160,777 - 266,759 + 106,827)$$

$$= 0,104 (0,845)$$

$$= 0,088$$
- $c_4 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_4' - 2 S_4'' + S_4''')$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (30,6243 - 2 \cdot 30,3135 + 30,0922)$$

$$= 0,031 (0,090)$$

$$= 0,0028$$
- $F_{t+m} = \alpha_3 + b_3 \cdot m + \frac{1}{2} c_3 \cdot m^2$

$$= 32,5396 + 0,377 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,019$$

$$= 32,9261$$

e. Periode ke 5

- $S_5' = \alpha X_5 + (1 - \alpha) S_4'$

$$= 0,15 \cdot 45 + 0,85 \cdot 30,6243$$

$$= 32,7806$$

- $$S_5'' = \alpha S_5' + (1 - \alpha) S_4''$$

$$= 0,15 \cdot 32,7806 + 0,85 \cdot 30,3135$$

$$= 30,6835$$
- $$S_5''' = \alpha S_5'' + (1 - \alpha) S_4'''$$

$$= 0,15 \cdot 30,6835 + 0,85 \cdot 30,0922$$

$$= 30,1808$$
- $$a_5 = 3 S_5' - 3 S_5'' + S_5'''$$

$$= 3 \cdot 32,7806 - 3 \cdot 30,6835 + 30,1808$$

$$= 36,4721$$
- $$b_5 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_5' - (10 - 8\alpha) S_5'' + (4 - 3\alpha) S_5''']$$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (172,098 - 270,014 + 107,141)$$

$$= 0,104 (9,225)$$

$$= 0,959$$
- $$c_5 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_5' - 2 S_5'' + S_5''')$$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (32,7806 - 2 \cdot 30,6835 + 30,1808)$$

$$= 0,031 (1,594)$$

$$= 0,049$$
- $$F_{t+m} = a_5 + b_5 \cdot m + \frac{1}{2} c_5 \cdot m^2$$

$$= 36,4721 + 0,959 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,049$$

$$= 37,4556$$

f. Periode ke 6

- $$S_6' = \alpha X_6 + (1 - \alpha) S_5'$$

$$= 0,15 \cdot 47 + 0,85 \cdot 32,7806$$

$$= 34,9135$$

$$\bullet S_6'' = \alpha S_6' + (1 - \alpha) S_5''$$

$$= 0,15 \cdot 34,9135 + 0,85 \cdot 30,6835$$

$$= 31,318$$

$$\bullet S_6''' = \alpha S_6'' + (1 - \alpha) S_5'''$$

$$= 0,15 \cdot 31,318 + 0,85 \cdot 30,1808$$

$$= 35,2785$$

$$\bullet a_6 = 3 S_6' - 3 S_6'' + S_6'''$$

$$= 3 \cdot 34,9135 - 3 \cdot 31,318 + 35,2785$$

$$= 46,065$$

$$\bullet b_6 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_6' - (10 - 8\alpha) S_6'' + (4 - 3\alpha) S_6''']$$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (183,296 - 275,599 + 125,239)$$

$$= 0,104 (32,936)$$

$$= 3,425$$

$$\bullet c_6 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_6' - 2 S_6'' + S_6''')$$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (34,9135 - 2 \cdot 31,318 + 35,2785)$$

$$= 0,031 (7,556)$$

$$= 0,234$$

$$\bullet F_{t+m} = a_6 + b_6 \cdot m + \frac{1}{2} c_6 \cdot m^2$$

$$= 46,065 + 3,425 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,234$$

$$= 49,607$$

g. Periode ke 7

- $S_7' = \alpha X_7 + (1 - \alpha) S_6'$
 $= 0,15 \cdot 25 + 0,85 \cdot 34,9135$
 $= 33,4264$
- $S_7'' = \alpha S_7' + (1 - \alpha) S_6''$
 $= 0,15 \cdot 33,4264 + 0,85 \cdot 31,318$
 $= 31,6343$
- $S_7''' = \alpha S_7'' + (1 - \alpha) S_6'''$
 $= 0,15 \cdot 31,6343 + 0,85 \cdot 35,2785$
 $= 34,7319$
- $a_7 = 3 S_7' - 3 S_7'' + S_7'''$
 $= 3 \cdot 33,4264 - 3 \cdot 31,6343 + 34,7319$
 $= 40,1082$
- $b_7 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_7' - (10 - 8\alpha) S_7'' + (4 - 3\alpha) S_7''']$
 $= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (175,489 - 278,3818 + 123,298)$
 $= 0,104 (20,4052)$
 $= 2,122$
- $c_7 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_7' - 2 S_7'' + S_7''')$
 $= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (33,4264 - 2 \cdot 31,6343 + 34,7319)$
 $= 0,031 (4,8897)$
 $= 0,1516$
- $F_{t+m} = a_7 + b_7 \cdot m + \frac{1}{2} c_7 \cdot m^2$
 $= 40,1082 + 2,122 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,1516$

$$= 42,306$$

h. Periode ke 8

- $$S_8' = \alpha X_8 + (1 - \alpha) S_7'$$

$$= 0,15 \cdot 27 + 0,85 \cdot 33,4264$$

$$= 32,4624$$
- $$S_8'' = \alpha S_8' + (1 - \alpha) S_7''$$

$$= 0,15 \cdot 32,4624 + 0,85 \cdot 31,6343$$

$$= 31,7585$$
- $$S_8''' = \alpha S_8'' + (1 - \alpha) S_7'''$$

$$= 0,15 \cdot 31,7585 + 0,85 \cdot 34,7319$$

$$= 34,2859$$
- $$a_8 = 3 S_8' - 3 S_8'' + S_8'''$$

$$= 3 \cdot 32,4624 - 3 \cdot 31,7585 + 34,2859$$

$$= 36,3976$$
- $$b_8 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_8' - (10 - 8\alpha) S_8'' + (4 - 3\alpha) S_8''']$$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (170,4276 - 279,4748 + 121,7149)$$

$$= 0,104 (12,6677)$$

$$= 1,3174$$
- $$c_8 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_8' - 2 S_8'' + S_8''')$$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (32,4624 - 2 \cdot 31,7585 + 34,2859)$$

$$= 0,031 (3,2313)$$

$$= 0,100$$

- $$F_{t+m} = \alpha_8 + b_8 \cdot m + \frac{1}{2} c_8 \cdot m^2$$

$$= 36,3976 + 1,3174 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,100$$

$$= 37,765$$

i. Periode ke 9

- $$S_9' = \alpha X_9 + (1 - \alpha) S_8'$$

$$= 0,15 \cdot 31 + 0,85 \cdot 32,4624$$

$$= 32,2430$$
- $$S_9'' = \alpha S_9' + (1 - \alpha) S_8''$$

$$= 0,15 \cdot 32,2430 + 0,85 \cdot 31,7585$$

$$= 31,8312$$
- $$S_9''' = \alpha S_9'' + (1 - \alpha) S_8'''$$

$$= 0,15 \cdot 31,8312 + 0,85 \cdot 34,2859$$

$$= 33,9177$$
- $$a_9 = 3 S_9' - 3 S_9'' + S_9'''$$

$$= 3 \cdot 32,2430 - 3 \cdot 31,8312 + 33,9177$$

$$= 35,1531$$
- $$b_9 = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_9' - (10 - 8\alpha) S_9'' + (4 - 3\alpha) S_9''']$$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (169,2758 - 280,1146 + 120,4078)$$

$$= 0,104 (9,569)$$

$$= 0,995$$
- $$c_9 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_9' - 2 S_9'' + S_9''')$$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (32,2430 - 2 \cdot 31,8312 + 33,9177)$$

$$= 0,031 (2,4983)$$

$$= 0,077$$

- $$F_{t+m} = \alpha_9 + b_9 \cdot m + \frac{1}{2} c_9 \cdot m^2$$

$$= 35,1531 + 0,995 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,077$$

$$= 36,1866$$

j. Periode ke 10

- $$S_{10}' = \alpha X_{10} + (1 - \alpha) S_9'$$

$$= 0,15 \cdot 60 + 0,85 \cdot 32,2430$$

$$= 36,4065$$
- $$S_{10}'' = \alpha S_{10}' + (1 - \alpha) S_9''$$

$$= 0,15 \cdot 36,4065 + 0,85 \cdot 31,8312$$

$$= 32,5174$$
- $$S_{10}''' = \alpha S_{10}'' + (1 - \alpha) S_9'''$$

$$= 0,15 \cdot 32,5174 + 0,85 \cdot 33,9177$$

$$= 33,7076$$
- $$a_{10} = 3 S_{10}' - 3 S_{10}'' + S_{10}'''$$

$$= 3 \cdot 36,4065 - 3 \cdot 32,5174 + 33,7076$$

$$= 45,375$$
- $$b_{10} = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_{10}' - (10 - 8\alpha) S_{10}'' + (4 - 3\alpha) S_{10}''']$$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2} \right) (191,134 - 286,153 + 119,661)$$

$$= 0,104 (24,642)$$

$$= 2,563$$

- $$c_{10} = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_{10}' - 2 S_{10}'' + S_{10}''')$$

$$= \left(\frac{0,15}{0,85}\right)^2 (36,4065 - 2 \cdot 32,5174 + 33,7076)$$

$$= 0,031 (5,079)$$

$$= 0,157$$
- $$F_{t+m} = a_{10} + b_{10} \cdot m + \frac{1}{2} c_{10} \cdot m^2$$

$$= 45,375 + 2,563 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,157$$

$$= 48,016$$

k. Periode ke 11

- $$S_{11}' = \alpha X_{11} + (1 - \alpha) S_{10}'$$

$$= 0,15 \cdot 75 + 0,85 \cdot 36,4065$$

$$= 42,1955$$
- $$S_{11}'' = \alpha S_{11}' + (1 - \alpha) S_{10}''$$

$$= 0,15 \cdot 42,1955 + 0,85 \cdot 32,5174$$

$$= 33,9691$$
- $$S_{11}''' = \alpha S_{11}'' + (1 - \alpha) S_{10}'''$$

$$= 0,15 \cdot 33,9691 + 0,85 \cdot 33,7076$$

$$= 33,7468$$
- $$a_{11} = 3 S_{11}' - 3 S_{11}'' + S_{11}'''$$

$$= 3 \cdot 42,1955 - 3 \cdot 33,9691 + 33,7468$$

$$= 58,426$$
- $$b_{11} = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha) S_{11}' - (10 - 8\alpha) S_{11}'' + (4 - 3\alpha) S_{11}''']$$

$$= \left(\frac{0,15}{2(0,85)^2}\right) (221,526 - 514,148 + 448,592)$$

$$= 0,104 (155,97)$$

$$= 16,220$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad c_{11} &= \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_{11}' - 2 S_{11}'' + S_{11}''') \\ &= \left(\frac{0,15}{0,85} \right)^2 (42,1955 - 2 \cdot 33,9691 + 33,7468) \\ &= 0,031 (8,0041) \\ &= 0,248 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_{t+m} &= \alpha_{11} + b_{11} \cdot m + \frac{1}{2} c_{11} \cdot m^2 \\ &= 58,426 + 16,220 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,248 \\ &= 74,77 \end{aligned}$$

Setelah sampai pada periode terakhir, maka dapat memprediksikan periode ke-12 dan ke-13 yaitu :

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_{12} &= \alpha_{11} + b_{11} \cdot m + \frac{1}{2} c_{11} \cdot m^2 \\ &= 58,426 + 16,220 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 0,248 \cdot 1^2 \\ &= 74,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_{13} &= \alpha_{11} + b_{11} \cdot m + \frac{1}{2} c_{11} \cdot m^2 \\ &= 58,426 + 16,220 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 0,248 \cdot 2^2 \\ &= 91,362 \end{aligned}$$

Tabel 8.2 Hasil Perhitungan Pemulusan Eksponensial Kuadratik Dari Brown

Periode	X_i	S_t'	S_t''	S_t'''	a_t	b_t	c_t	F_{t+m}
1	30	30	30	30				

2	35	30,75	30,1125	30,0169	31,9294	0,313	0,017	32,2509
3	33	31,0875	30,2587	30,0532	32,5396	0,377	0,019	32,9261
4	28	30,6243	30,3135	30,0922	31,0246	0,088	0,0028	32,9261
5	45	32,7806	30,6835	30,1808	36,4721	0,959	0,049	37,4556
6	47	34,9135	31,318	35,2785	46,065	3,425	0,234	49,607
7	25	33,4264	31,6343	34,7319	40,1082	2,122	0,1516	42,306
8	27	32,4624	31,7585	34,2859	36,3976	1,3174	0,100	37,765
9	31	32,2430	31,8312	33,9177	35,1531	0,995	0,077	36,1866
10	60	36,4065	32,5174	33,7076	45,375	2,563	0,157	48,016
11	75	42,1955	33,9691	33,7468	58,426	16,220	0,248	74,77
12								74,77
13								91,362

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

Prediksikan 4 periode bulan berikutnya pada tabel di bawah ini dengan menggunakan metode eksponensial triple dengan satu parameter dari brown.

Periode	Permintaan Persediaan untuk Produk (X)
1	40
2	45

3	60
4	75
5	90
6	95
7	130
8	145
9	180
10	210
11	230

D. REFERENSI

Direktorat Jendral Perkebunan. (2015). *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016 Kelapa Sawit Palm Oil*. Jakarta. <http://Wartaandalas.com/Berita-gubernur-agam-daerah-sentra-komoditi-perkebunan>.

Fricke, Thomas B. (2009). Buku Panduan Pabrik Kelapa Sawit Skala Kecil Untuk Produksi Bahan Baku Bahan Bakar Nabati (Bbn).

Larasati, Novia. (2016). Studi Analisa Ekonomi Pabrik CPO (Crude Palm Oil) Dari Buah Kelapa Sawit.

Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan McGee, V.E., (1999). Metode dan Aplikasi Peramalan Edisi Kedua. Erlangga: Jakarta.

Noeryanti, Oktafiani, E., dan Andriyani, F., (2012). Aplikasi Pemulusan Eksponensial Dari Brown Dan Dari Holt Untuk Data Yang Memuat Trend, Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi – IST AKPRIND Yogyakarta.

- Putra, H.P. dan Rachman, F.H., (2013). Sistem Peramalan Distribusi Beras Menggunakan Metode Eksponensial Smoothing, *Jurnal Teknik Informatika* 1: 1-8.
- Yuwida, N., Hanafi, L., dan Wahyuningsih, N., (2012). Estimasi Parameter α dan γ Dalam Pemulusan Eksponensial Ganda Dua Parameter Dengan Metode Modifikasi Golden Section, *Jurnal Sains dan Seni* 1: 18-22.

PERTEMUAN 9

PEMULUSAN EKSPONENSIAL TRIPEL: METODE KECENDERUNGAN DAN MUSIMAN TIGA PARAMETER DARI WINTER

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat memahami dan mengaplikasikan tentang metode “ **Pemulusan Ekspensial Tripel: Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter**”.

B. URAIAN MATERI

1. Pemulusan Ekspensial Tripel Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter

Metode winter di dasarkan atas tiga persamaan pemulusan yaitu satu untuk unsur stasioner, satu untuk trend, dan satu untuk musiman. Metode ini serupa dengan Holt yaitu data yang diteliti merupakan data berbentuk musiman. Perumusan metode winter sebagai berikut:

a. Pemulusan Keseluruhan (S_t)

Langkah awal kita menentukan nilai pemulusan periode ke $L + 1$ yaitu

$$S_{L+1} = X_{L+1}$$

Dimana L merupakan periode musiman sempurna. Kemudian pemulusan periode berikutnya dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha) (S_{t-1} + b_{t-1})$$

I = Pemulusan Musiman

B = Pemulusan Trend

b. Pemulusan Trend (b_t)

Pola data dikeloa dengan menggunakan metode winters ini yaitu pola data musiman dengan mengalami trend. Sehingga untuk menghilangkan trend

tersebut agar menjadi lebih baik dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

Menentukan pemulusan trend periode ke L yaitu :

$$b_L = \frac{1}{L^2} [(X_{L+1} - X_1) + (X_{L+2} - X_2) + \dots + (X_{L+L} - X_L)]$$

Untuk menentukan pemulusan trend periode ke L + 1 yaitu:

$$b_L = \frac{1}{3L} [(X_{L+1} - X_1) + (X_{L+2} - X_2) + (X_{L+3} - X_3)]$$

Sedangkan untuk menentukan pemulusan trend periode berikutnya menggunakan perumusan sebagai berikut:

$$b_t = y (S_t - S_{t-1}) + (1 - y) b_{t-1}$$

c. Pemulusan Musiman (I_t)

Metode winters ini dapat menyelesaikan data musiman dengan baik. Pada metode winters ini menentukan pemulusan musiman dapat diperhitungkan dengan perumusan sebagai berikut :

Langkah menentukan pemulusan musiman ke-1 sampai dengan ke-L dengan menggunakan perumusan:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^L X_i}{L}$$

Untuk menentukan pemulusan musiman ke-1 sampai dengan ke-L dengan menggunakan perumusan:

$$I_i = \frac{X_i}{X}$$

Dimana $i = 1, 2, \dots, L$.

Untuk pemulusan musiman pada periode ke- (L+1) dan seterusnya menggunakan perumusan:

$$I_t = \beta \frac{X_t}{S_t} + (1 - \beta) I_{t-L}$$

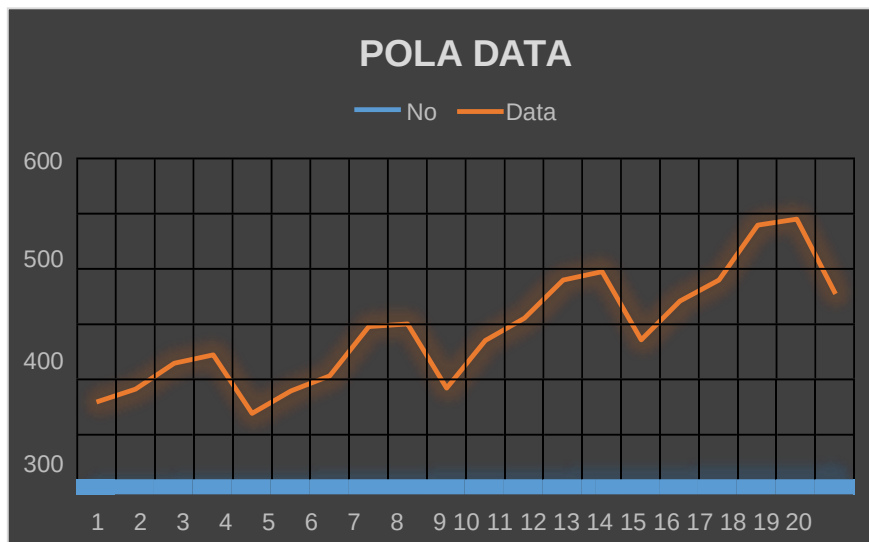
d. Ramalan (F)

Metode winters tiga parameter ini dapat meramalkan atau memprediksi L periode musiman untuk periode sesudahnya. Perumusan ramalan sebagai berikut:

$$F_{t+m} = (S_t + (b_{tm})) I_{t-L+m}$$

m merupakan sisa periode dari periode data terakhir atau data terkini.

Berikut ilustrasi pola data untuk metode winter:



Gambar 8.1 pola data metode peramalan winter

2. Contoh Kasus Pemulusan Eksponensial Tripel Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter

Diketahui data sebagai berikut:

Tabel 9.1 Data Ilustrasi

No	Data (x)
1	135
2	127

3	380
4	290
5	425
6	130
7	670
8	750
9	850
10	640
11	930
12	510
13	175
14	980
15	554
16	875
17	135
18	240
19	630
20	110
21	350

22	440
23	975
24	900

Tentukan prediksi pada periode ke 25, dan ke 28 dengan menggunakan pemulusan eksponensial triple metode tiga parameter dari winters dengan $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,05$ dan $\gamma = 0,1$.

Penyelesaian :

$$L = 4$$

$$X = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{L}$$

$$= \frac{135 + 127 + 380 + 290}{4} = \frac{930}{4} = 233$$

$$I_1 = \frac{X_1}{X} = \frac{135}{233} = 0,58$$

Dan seterusnya sampai dengan I_4 dikarenakan periode musimannya 4.

$$I_2 = \frac{X_2}{X} = \frac{127}{233} = 0,54$$

$$I_3 = \frac{X_3}{X} = \frac{380}{233} = 1,63$$

$$I_4 = \frac{X_4}{X} = \frac{290}{233} = 1,24$$

$$I_5 = \beta \frac{X_5}{S_5} + (1 - \beta) I_{5-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{425}{425})) + ((0,95) (0,58)) = 0,60$$

Dan seterusnya sampai dengan I_{24}

$$I_6 = \beta \frac{X_6}{S_5} + (1 - \beta) I_{6-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{130}{425})) + ((0,95) (0,55)) = 0,54$$

$$\begin{aligned}
 I_7 &= \beta \frac{X_7}{S_5} + (1 - \beta) I_{7-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{670}{425})) + ((0,95) (1,63)) = 1,63
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_8 &= \beta \frac{X_8}{S_5} + (1 - \beta) I_{8-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{750}{425})) + ((0,95) (1,24)) = 1,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_9 &= \beta \frac{X_9}{S_5} + (1 - \beta) I_{9-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{850}{425})) + ((0,95) (0,58)) = 0,65
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{10} &= \beta \frac{X_{10}}{S_5} + (1 - \beta) I_{10-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{640}{425})) + ((0,95) (0,55)) = 0,60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{11} &= \beta \frac{X_{11}}{S_5} + (1 - \beta) I_{11-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{930}{425})) + ((0,95) (1,63)) = 1,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{12} &= \beta \frac{X_{12}}{S_5} + (1 - \beta) I_{12-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{510}{425})) + ((0,95) (1,27)) = 1,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{13} &= \beta \frac{X_{13}}{S_5} + (1 - \beta) I_{13-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{175}{425})) + ((0,95) (0,65)) = 0,64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{14} &= \beta \frac{X_{14}}{S_5} + (1 - \beta) I_{14-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{980}{425})) + ((0,95) (0,60)) = 0,69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{15} &= \beta \frac{X_{15}}{S_5} + (1 - \beta) I_{15-4} \\
 &= ((0,05) (\frac{554}{425})) + ((0,95) (1,66)) = 1,64
 \end{aligned}$$

$$I_{16} = \beta \frac{X_{16}}{S_5} + (1 - \beta) I_{16-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{875}{425})) + ((0,95) (1,27)) = 1,31$$

$$I_{17} = \beta \frac{X_{17}}{S_5} + (1 - \beta) I_{17-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{135}{425})) + ((0,95) (0,64)) = 0,62$$

$$I_{18} = \beta \frac{X_{18}}{S_5} + (1 - \beta) I_{18-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{240}{425})) + ((0,95) (0,69)) = 0,68$$

$$I_{19} = \beta \frac{X_{19}}{S_5} + (1 - \beta) I_{19-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{630}{425})) + ((0,95) (1,64)) = 1,63$$

$$I_{20} = \beta \frac{X_{20}}{S_5} + (1 - \beta) I_{20-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{110}{425})) + ((0,95) (1,31)) = 1,26$$

$$I_{21} = \beta \frac{X_{21}}{S_5} + (1 - \beta) I_{21-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{350}{425})) + ((0,95) (0,62)) = 0,63$$

$$I_{22} = \beta \frac{X_{22}}{S_5} + (1 - \beta) I_{22-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{440}{425})) + ((0,95) (0,68)) = 0,70$$

$$I_{23} = \beta \frac{X_{23}}{S_5} + (1 - \beta) I_{23-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{975}{425})) + ((0,95) (1,63)) = 1,66$$

$$I_{24} = \beta \frac{X_{24}}{S_5} + (1 - \beta) I_{24-4}$$

$$= ((0,05) (\frac{900}{425})) + ((0,95) (1,26)) = 1,30$$

Perhitungan untuk b_4 dan b_5 khusus yaitu :

$$b_4 = \frac{1}{L^2} [(X_{L+1} - X_1) + (X_{L+2} - X_2) + (X_{L+3} - X_3) + (X_{L+4} - X_4)]$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{4^2} [(425 - 135) + (130 - 127) + (670 - 380) + (750 - 290)] \\
&= 0,0625 [(290) + (3) + (290)] \\
&= 65,19
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_5 &= \frac{1}{3L} [(X_{L+1} - X_1) + (X_{L+2} - X_2) + (X_{L+3} - X_3)] \\
&= \frac{1}{(3)(4)} [(425 - 135) + (130 - 127) + (670 - 380)] \\
&= 0,083 [(290) + (3) + (290)] \\
&= 48,39
\end{aligned}$$

Sedangkan untuk mencari b_6 harus mencari S_6 terlebih dahulu.

$$\begin{aligned}
S_6 &= \alpha \frac{X_6}{I_6 - 4} + (1 - \alpha) (S_{6-1} + b_{6-1}) \\
&= 0,2 \frac{130}{0,55} + (1 - 0,2) (425,00 + 48,39) \\
&= 47,27 + (378,71) \\
&= 425,98
\end{aligned}$$

Dan seterusnya sampai dengan S_{24}

$$\begin{aligned}
S_7 &= \alpha \frac{X_7}{I_7 - 4} + (1 - \alpha) (S_{7-1} + b_{7-1}) \\
&= 0,2 \frac{670}{1,63} + (1 - 0,2) (425,98 + 43,65) \\
&= 82,21 + (375,70) \\
&= 457,91
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_8 &= \alpha \frac{X_8}{I_8 - 4} + (1 - \alpha) (S_{8-1} + b_{8-1}) \\
&= 0,2 \frac{750}{1,24} + (1 - 0,2) (457,91 + 42,48) \\
&= 120,97 + (400,31) \\
&= 521,28
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_9 &= \alpha \frac{X_9}{I_9-4} + (1-\alpha) (S_{9-1} + b_{9-1}) \\
 &= 0,2 \frac{850}{0,60} + (1-0,2) (521,28 + 44,57) \\
 &= 283,33 + (452,68) \\
 &= 736,01
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{10} &= \alpha \frac{X_{10}}{I_{10}-4} + (1-\alpha) (S_{10-1} + b_{10-1}) \\
 &= 0,2 \frac{640}{0,54} + (1-0,2) (736,01 + 61,59) \\
 &= 237,04 + (638,08) \\
 &= 875,12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= \alpha \frac{X_{11}}{I_{11}-4} + (1-\alpha) (S_{11-1} + b_{11-1}) \\
 &= 0,2 \frac{930}{1,63} + (1-0,2) (875,12 + 69,86) \\
 &= 114,11 + (755,57) \\
 &= 869,68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{12} &= \alpha \frac{X_{12}}{I_{12}-4} + (1-\alpha) (S_{12-1} + b_{12-1}) \\
 &= 0,2 \frac{510}{1,27} + (1-0,2) (869,68 + 61,86) \\
 &= 80,31 + (745,23) \\
 &= 825,54
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{13} &= \alpha \frac{X_{13}}{I_{13}-4} + (1-\alpha) (S_{13-1} + b_{13-1}) \\
 &= 0,2 \frac{175}{0,65} + (1-0,2) (825,54 + 51,26) \\
 &= 53,85 + (701,44) \\
 &= 755,29
 \end{aligned}$$

$$S_{14} = \alpha \frac{X_{14}}{I_{14}-4} + (1-\alpha) (S_{14-1} + b_{14-1})$$

$$= 0,2 \frac{980}{0,60} + (1-0,2) (755,29 + 39,11)$$

$$= 326,67 + (635,52)$$

$$= 962,19$$

$$S_{15} = \alpha \frac{X_{15}}{I_{15-4}} + (1-\alpha) (S_{15-1} + b_{15-1})$$

$$= 0,2 \frac{554}{1,66} + (1-0,2) (962,19 + 55,89)$$

$$= 66,75 + (814,46)$$

$$= 881,21$$

$$S_{16} = \alpha \frac{X_{16}}{I_{16-4}} + (1-\alpha) (S_{16-1} + b_{16-1})$$

$$= 0,2 \frac{875}{1,27} + (1-0,2) (881,21 + 42,20)$$

$$= 137,80 + (738,73)$$

$$= 876,53$$

$$S_{17} = \alpha \frac{X_{17}}{I_{17-4}} + (1-\alpha) (S_{17-1} + b_{17-1})$$

$$= 0,2 \frac{135}{0,64} + (1-0,2) (876,53 + 37,41)$$

$$= 42,19 + (730,35)$$

$$= 772,54$$

$$S_{18} = \alpha \frac{X_{18}}{I_{18-4}} + (1-\alpha) (S_{18-1} + b_{18-1})$$

$$= 0,2 \frac{240}{0,69} + (1-0,2) (772,54 + 23,27)$$

$$= 69,57 + (636,65)$$

$$= 706,22$$

$$S_{19} = \alpha \frac{X_{19}}{I_{19-4}} + (1-\alpha) (S_{19-1} + b_{19-1})$$

$$= 0,2 \frac{630}{1,64} + (1-0,2) (706,22 + 14,31)$$

$$= 76,83 + (576,42)$$

$$= 653,25$$

$$S_{20} = \alpha \frac{X_{20}}{I_{20-4}} + (1-\alpha) (S_{20-1} + b_{20-1})$$

$$= 0,2 \frac{110}{1,31} + (1-0,2) (653,25 + 7,58)$$

$$= 16,79 + (528,89)$$

$$= 545,68$$

$$S_{21} = \alpha \frac{X_{21}}{I_{21-4}} + (1-\alpha) (S_{21-1} + b_{21-1})$$

$$= 0,2 \frac{350}{0,62} + (1-0,2) (545,68 + -3,94)$$

$$= 112,90 + (433,39)$$

$$= 546,29$$

$$S_{22} = \alpha \frac{X_{22}}{I_{22-4}} + (1-\alpha) (S_{22-1} + b_{22-1})$$

$$= 0,2 \frac{440}{0,68} + (1-0,2) (546,29 + -2,98)$$

$$= 129,41 + (434,65)$$

$$= 564,06$$

$$S_{23} = \alpha \frac{X_{23}}{I_{23-4}} + (1-\alpha) (S_{23-1} + b_{23-1})$$

$$= 0,2 \frac{975}{1,63} + (1-0,2) (564,06 + -0,303)$$

$$= 119,63 + (451,01)$$

$$= 570,64$$

$$S_{24} = \alpha \frac{X_{24}}{I_{24-4}} + (1-\alpha) (S_{24-1} + b_{24-1})$$

$$= 0,2 \frac{900}{1,26} + (1-0,2) (570,64 + 1,26)$$

$$= 142,86 + (457,52)$$

$$= 600,38$$

Untuk mencari b_6

$$\begin{aligned}
 b_6 &= y (S_6 - S_{6-1}) + (1 - y) b_{6-1} \\
 &= 0,1 (425,98 - 425,00) + (1 - 0,1) 48,39 \\
 &= 0,1 (0,98) + (0,9) 48,39 \\
 &= 43,65
 \end{aligned}$$

Dan seterusnya sampai dengan b_{24}

$$\begin{aligned}
 b_7 &= y (S_7 - S_{7-1}) + (1 - y) b_{7-1} \\
 &= 0,1 (457,91 - 425,98) + (1 - 0,1) 43,65 \\
 &= 0,1 (31,93) + (0,9) 43,65 \\
 &= 42,48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_8 &= y (S_8 - S_{8-1}) + (1 - y) b_{8-1} \\
 &= 0,1 (521,28 - 457,91) + (1 - 0,1) 42,48 \\
 &= 0,1 (63,37) + (0,9) 42,48 \\
 &= 44,57
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_9 &= y (S_9 - S_{9-1}) + (1 - y) b_{9-1} \\
 &= 0,1 (736,01 - 521,28) + (1 - 0,1) 44,57 \\
 &= 0,1 (214,73) + (0,9) 44,57 \\
 &= 61,59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{10} &= y (S_{10} - S_{10-1}) + (1 - y) b_{10-1} \\
 &= 0,1 (875,12 - 736,01) + (1 - 0,1) 61,59 \\
 &= 0,1 (139,11) + (0,9) 61,59 \\
 &= 69,34
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{11} &= y (S_{11} - S_{11-1}) + (1 - y) b_{11-1} \\
 &= 0,1 (869,68 - 875,12) + (1 - 0,1) 69,34
 \end{aligned}$$

$$= 0,1 (-5,44) + (0,9) 69,34$$

$$= 61,86$$

$$b_{12} = y (S_{12} - S_{12-1}) + (1 - y) b_{12-1}$$

$$= 0,1 (825,54 - 869,68) + (1 - 0,1) 61,86$$

$$= 0,1 (-44,14) + (0,9) 61,86$$

$$= 51,26$$

$$b_{13} = y (S_{13} - S_{13-1}) + (1 - y) b_{13-1}$$

$$= 0,1 (755,29 - 825,54) + (1 - 0,1) 51,26$$

$$= 0,1 (-70,25) + (0,9) 51,26$$

$$= 39,11$$

$$b_{14} = y (S_{14} - S_{14-1}) + (1 - y) b_{14-1}$$

$$= 0,1 (962,19 - 755,29) + (1 - 0,1) 39,11$$

$$= 0,1 (206,9) + (0,9) 39,11$$

$$= 55,89$$

$$b_{15} = y (S_{15} - S_{15-1}) + (1 - y) b_{15-1}$$

$$= 0,1 (881,21 - 962,19) + (1 - 0,1) 55,89$$

$$= 0,1 (-80,98) + (0,9) 55,89$$

$$= 42,20$$

$$b_{16} = y (S_{16} - S_{16-1}) + (1 - y) b_{16-1}$$

$$= 0,1 (876,53 - 881,21) + (1 - 0,1) 42,20$$

$$= 0,1 (-5,68) + (0,9) 42,20$$

$$= 37,41$$

$$b_{17} = y (S_{17} - S_{17-1}) + (1 - y) b_{17-1}$$

$$= 0,1 (772,54 - 876,53) + (1 - 0,1) 37,41$$

$$= 0,1 (-103,99) + (0,9) 37,41$$

$$= 23,27$$

$$b_{18} = y (S_{18} - S_{18-1}) + (1 - y) b_{18-1}$$

$$= 0,1 (706,22 - 772,54) + (1 - 0,1) 23,27$$

$$= 0,1 (-66,32) + (0,9) 23,27$$

$$= 14,31$$

$$b_{19} = y (S_{19} - S_{19-1}) + (1 - y) b_{19-1}$$

$$= 0,1 (653,25 - 706,22) + (1 - 0,1) 14,31$$

$$= 0,1 (-52,97) + (0,9) 14,31$$

$$= 7,58$$

$$b_{20} = y (S_{20} - S_{20-1}) + (1 - y) b_{20-1}$$

$$= 0,1 (545,68 - 653,25) + (1 - 0,1) 7,58$$

$$= 0,1 (-107,57) + (0,9) 7,58$$

$$= -3,94$$

$$b_{21} = y (S_{21} - S_{21-1}) + (1 - y) b_{21-1}$$

$$= 0,1 (546,29 - 545,68) + (1 - 0,1) -3,94$$

$$= 0,1 (0,61) + (0,9) -3,94$$

$$= -2,98$$

$$b_{22} = y (S_{22} - S_{22-1}) + (1 - y) b_{22-1}$$

$$= 0,1 (564,06 - 546,29) + (1 - 0,1) -2,98$$

$$= 0,1 (17,77) + (0,9) -2,98$$

$$= -0,303$$

$$b_{23} = y (S_{23} - S_{23-1}) + (1 - y) b_{23-1}$$

$$= 0,1 (570,64 - 564,06) + (1 - 0,1) -0,303$$

$$= 0,1 (6,58) + (0,9) -0,303$$

$$= 1,26$$

$$b_{24} = y (S_{24} - S_{24-1}) + (1 - y) b_{24-1}$$

$$= 0,1 (600,38 - 570,64) + (1 - 0,1) 1,26$$

$$= 0,1 (29,74) + (0,9) 1,26$$

$$= 4,11$$

Dan selanjutnya mencari nilai ramalan (F)

$$F_6 = x_5 + ((b_5) (1) (I_2))$$

$$= 425 + ((48,39) (1) (0,55)) = 451,61$$

Dan seterusnya sampai peramalan periode ke-25.

$$F_7 = x_6 + ((b_6) (1) (I_3))$$

$$= 130 + ((43,65) (1) (1,63)) = 201,15$$

$$F_8 = x_7 + ((b_7) (1) (I_4))$$

$$= 670 + ((42,48) (1) (1,24)) = 722,68$$

$$F_9 = x_8 + ((b_8) (1) (I_5))$$

$$= 750 + ((44,57) (1) (0,60)) = 778,54$$

$$F_{10} = x_9 + ((b_9) (1) (I_6))$$

$$= 850 + ((61,59) (1) (0,54)) = 883,26$$

$$F_{11} = x_{10} + ((b_{10}) (1) (I_7))$$

$$= 640 + ((69,34) (1) (1,63)) = 753,02$$

$$F_{12} = x_{11} + ((b_{11}) (1) (I_8))$$

$$= 930 + ((61,86) (1) (1,27)) = 1.008,56$$

$$F_{13} = x_{12} + ((b_{12}) (1) (I_9))$$

$$= 510 + ((51,26) (1) (0,65)) = 543,32$$

$$\begin{aligned}
 F_{14} &= x_{13} + ((b_{13}) (1) (I_{10})) \\
 &= 175 + ((39,11) (1) (0,60)) = 198,47 \\
 F_{15} &= x_{14} + ((b_{14}) (1) (I_{11})) \\
 &= 980 + ((55,89) (1) (1,66)) = 1.072,78 \\
 F_{16} &= x_{15} + ((b_{15}) (1) (I_{12})) \\
 &= 554 + ((42,20) (1) (1,27)) = 607,59 \\
 F_{17} &= x_{16} + ((b_{16}) (1) (I_{13})) \\
 &= 875 + ((37,41) (1) (0,64)) = 898,94 \\
 F_{18} &= x_{17} + ((b_{17}) (1) (I_{14})) \\
 &= 135 + ((23,27) (1) (0,69)) = 151,06 \\
 F_{19} &= x_{18} + ((b_{18}) (1) (I_{15})) \\
 &= 240 + ((14,31) (1) (1,64)) = 263,47 \\
 F_{20} &= x_{19} + ((b_{19}) (1) (I_{16})) \\
 &= 630 + ((7,58) (1) (1,31)) = 639,93 \\
 F_{21} &= x_{20} + ((b_{20}) (1) (I_{17})) \\
 &= 110 + ((-3,94) (1) (0,62)) = 107,56 \\
 F_{22} &= x_{21} + ((b_{21}) (1) (I_{18})) \\
 &= 350 + ((-2,98) (1) (0,68)) = 347,97 \\
 F_{23} &= x_{22} + ((b_{22}) (1) (I_{19})) \\
 &= 440 + ((-0,303) (1) (1,63)) = 439,51 \\
 F_{24} &= x_{23} + ((b_{23}) (1) (I_{20})) \\
 &= 975 + ((1,26) (1) (1,26)) = 976,59 \\
 F_{25} &= x_{24} + ((b_{24}) (1) (I_{21}))
 \end{aligned}$$

$$= 900 + ((4,11) (1) (0,63)) = 902,59$$

Dilanjutkan ke ramalan berikutnya $F_{26} - F_{28}$

$$F_{26} = S_{24} + ((b_{24}) (m) (I_{22})) \text{ maka } m = 2$$

$$= 600,38 + ((4,11) (2) (0,70)) = 606,13$$

$$F_{27} = S_{24} + ((b_{24}) (m) (I_{23})) \text{ maka } m = 3$$

$$= 600,38 + ((4,11) (3) (1,66)) = 620,80$$

$$F_{28} = S_{24} + ((b_{24}) (m) (I_{24})) \text{ maka } m = 4$$

$$= 600,38 + ((4,11) (4) (1,30)) = 621,75$$

Hasil keseluruhan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 9.2 Hasil Perhitungan

No	Data (X)	S_t	I_t	b_t	F
1	135		0,58		
2	127		0,55		
3	380		1,63		
4	290		1,24	65,19	
5	425	425,00	0,60	48,39	
6	130	425,98	0,54	43,65	451,61
7	670	457,91	1,63	42,48	201,15
8	750	521,28	1,27	44,57	722,68
9	850	736,01	0,65	61,59	778,54

10	640	875,12	0,60	69,34	883,26
11	930	869,68	1,66	61,86	753,02
12	510	825,54	1,27	51,26	1.008,56
13	175	755,29	0,64	39,11	543,72
14	980	962,19	0,69	55,89	198,47
15	554	881,21	1,64	42,20	1.072,78
16	875	876,53	1,31	37,41	607,59
17	135	772,54	0,62	32,27	898,94
18	240	706,22	0,68	14,31	151,06
19	630	653,25	1,63	7,58	263,47
20	110	545,68	1,26	-3,94	639,93
21	350	546,29	0,63	-2,98	107,56
22	440	564,06	0,70	-0,303	347,97
23	975	570,64	1,66	1,26	439,51
24	900	600,38	1,30	4,11	976,59
25	m				902,59
26	2				606,13
27	3				620,80
28	4				621,75

Kesimpulan:

Jadi prediksi untuk periode ke-25 yaitu 902,59 , periode ke-26 yaitu 606,13 , periode ke-27 yaitu 620,80 , dan periode ke-28 yaitu 621,75.

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

Diberikan data sebagai berikut:

Data Ilustrasi

No	Data
1	20
2	15
3	35
4	25
5	10
6	45
7	55
8	40
9	30
10	60
11	85
12	70

13	95
14	80
15	75
16	90
17	50
18	40
19	75
20	80

Prediksikan untuk periode ke-21 sampai ke-24 dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial triple tiga parameter dari winters dengan ketentuan $\alpha = 0,2$, $\beta = 0,05$ dan $\gamma = 0,1$.

D. REFERENSI

- Aden, A. (2018). Analisis Komparasi Estimasi Jumlah Penjualan Produk Dengan Metode Eksponensial Tunggal Pendekatan Adaptif Dan Metode Eksponensial Ganda Dua Parameter Dari Holt. *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, 1(1), 1-19.
- Aden, A. (2020). Forecasting The Eksponential Smoothing Methods.
- Assauri Sofjan. 1984. Teknik dan Metode Peramalan (Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha). Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Makridakis Spyros, dkk. 2002. Metode dan Aplikasi Peramalan. Tangerang Selatan : Binarupa Aksara.

Pujiati, E., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2017). Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown. *Jurnal Eksponensial*, 7(1), 33–40.

PERTEMUAN 10

TREND LINIER

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Memahami *Trend* Linier dengan Metode Kuadrat Terkecil (*The Least Square Method*), agar dapat menentukan, merumuskan, menghitung, memproyeksikan dan menggambarkan *Trend* dengan tepat pada suatu kasus peramalan (*Forecasting*).

B. URAIAN MATERI

1. Metode Kuadrat Terkecil (*The Least Square Method*)

Analisis trend merupakan suatu metode analisis yang ditujukan untuk melakukan suatu estimasi atau peramalan pada masa yang akan datang. Untuk melakukan peramalan dengan baik maka dibutuhkan berbagai macam informasi (data) yang cukup banyak dan diamati dalam periode waktu yang relatif cukup panjang, sehingga dari hasil analisis tersebut dapat diketahui sampai berapa besar fluktuasi yang terjadi dan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi terhadap perubahan tersebut. Metode kuadrat terkecil adalah suatu bentuk analisis regresi matematis yang menemukan garis yang paling sesuai untuk kumpulan data, memberikan demonstrasi visual mengenai hubungan antara titik data. Setiap titik data mewakili hubungan antara variabel independen yang diketahui dan variabel dependen yang tidak diketahui. Metode Kuadrat Terkecil (*The Least Square Method*) adalah suatu metode untuk menentukan persamaan regresi dengan meminimumkan banyaknya kuadrat jarak vertikal antara nilai aktual Y dan nilai dugaan atau ramalan Y' .

Trend dengan metode kuadrat terkecil diperoleh dengan menentukan garis trend yang mempunyai jumlah terkecil dari kuadrat selisih data asli dengan data pada garis trend. Metode kuadrat terkecil ini yang paling banyak digunakan dalam analisis deret berskala untuk peramalan bisnis. Metode ini pengembangan dari metode setengah rata-rata, perbedaannya ada pada nilai skala waktu (X) yang mengharuskan jumlah nilai skala waktu semua data adalah nol, dimana data tidak

dikelompokkan menjadi dua bagian. Sehingga perhitungan nilai a dan b juga berbeda.

Apabila kita menggunakan suatu metode untuk membentuk garis trend yang akan menghasilkan jumlah kuadrat kesalahan terkecil maka metode inilah yang disebut metode kuadrat terkecil. Garis trend dalam metode ini diperoleh dengan cara menentukan persamaan garis yang mempunyai jumlah terkecil dari kuadrat selisih data asli dengan data pada garis trend. Metode Kuadrat Terkecil (*The Least Square Method*) merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai penduga parameter dalam pemodelan regresi (Hede, 2020).

Persamaan garis *trend* linier secara matematis adalah sebagai berikut:

$$Y' = a + bX$$

Keterangan:

Y' = Nilai *Trend* yang diperkirakan

a / b = Nilai Konstanta

X = *Variable Waktu*

Untuk menentukan nilai a dan b dengan metode kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sum Y &= na + b \sum X \\ \sum XY &= a \sum X + b \sum X^2\end{aligned}$$

Apabila diasumsikan nilai $\sum X = 0$, maka nilai a dan nilai b dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}a &= \frac{\sum Y}{n} \\ b &= \frac{\sum XY}{\sum X^2}\end{aligned}$$

Apabila diasumsikan nilai $\sum X \neq 0$, maka nilai a dan nilai b dapat ditentukan menggunakan penyelesaian eliminasi sebagai berikut:

Contoh:

$$\sum Y = na + b \sum X$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2$$

Telah diketahui bahwa nilai tersebut adalah:

$$287 = 10a + 45b$$

$$1707 = 45a + 285b$$

Untuk menyelesaikan persamaan tersebut dapat menggunakan eliminasi, seperti berikut ini:

$$287 = 10a + 45b \quad (\text{dikalikan } 45)$$

$$1707 = 45a + 285b \quad (\text{dikalikan } 10)$$

Maka, hasilnya adalah:

$$12.915 = 450a + 2025b$$

$$\underline{17.060 = 450a + 2850b} \quad (\text{dikurangi untuk mengeliminasi nilai } a)$$

$$-4145 = -825b$$

Maka, dapat diketahui bahwa nilai b adalah:

$$b = \frac{-4145}{-825}$$

$$b = 5,025$$

Sehingga, dapat pula diketahui bahwa nilai a adalah:

$$\sum Y = na + b \sum X$$

$$287 = 10a + 45b$$

$$287 = 10a + 45(5,025)$$

$$10a = 287 - 45(5,025)$$

$$10a = 287 - 226,0909$$

$$10a = 60,0909$$

$$a = \frac{60,0909}{10}$$

$$a = 6,0909$$

Sebagai pembuktian hasil dari perhitungan nilai a dan nilai b tersebut diatas, maka dapat dihitung kembali persamaan nilai dari $287 = 10a + 45b$, yaitu sebagai berikut:

$$\sum Y = na + b \sum X$$

$$287 = 10a + 45b$$

$$287 = 10(6,0909) + 45(5,025)$$

$$287 = 60,909 + 226,125$$

$$287 = 287,034$$

Maka, nilai $\sum Y$ yang sesungguhnya adalah 287,034 apabila nilai $\sum Y$ dibulatkan menjadi 287, maka hasil perhitungan dengan menggunakan penyelesaian eliminasi terhadap pencarian nilai $a = 6,0909$ dan nilai $b = 5,025$ dapat diterima dalam persamaan $287 = 10a + 45b$

2. Contoh perhitungan data pengamatan bilangan ganjil, jika $\sum X = 0$:

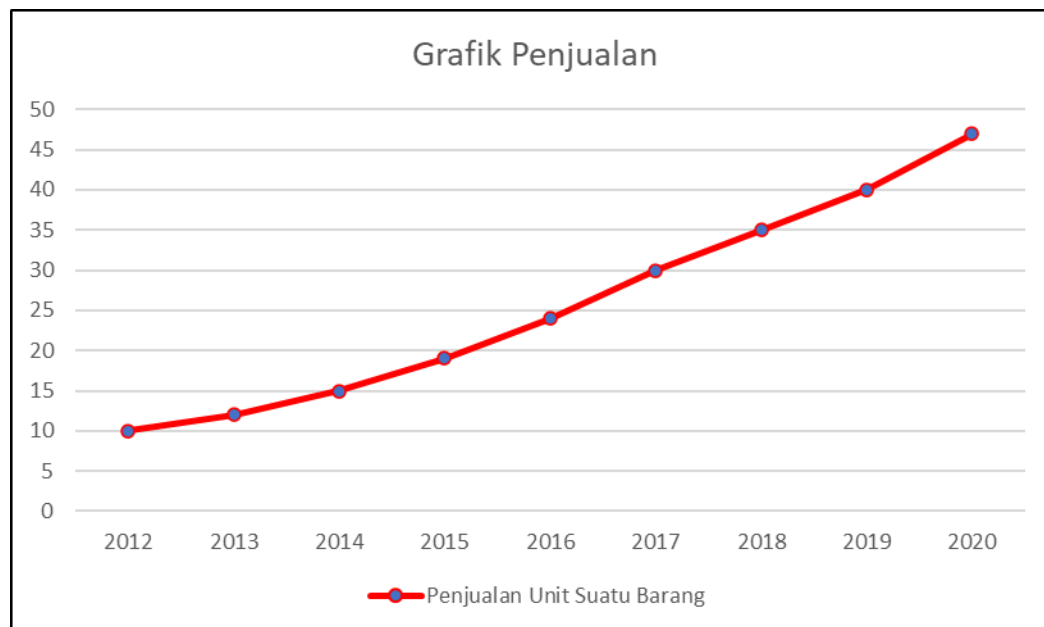
Berikut ini adalah contoh perhitungan dalam tabel dengan metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) apabila data pengamatan yang diketahui dalam jumlah bilangan ganjil, yaitu sebagai berikut:

Tabel 10.1 Contoh Data Pengamatan Dalam Jumlah Ganjil

Tahun	Jumlah Penjualan Barang (Dalam Satuan Unit)
2012	10
2013	12

2014	15
2015	19
2016	24
2017	30
2018	35
2019	40
2020	47

Berdasarkan data pengamatan diatas yang berjumlah 9 tahun atau dalam jumlah pengamatan dengan bilangan ganjil, apabila digambarkan dalam sebuah grafik penjualan, maka akan tampak seperti berikut ini:



Gambar 10.1 Contoh Grafik Penjualan Dalam Pengamatan Bilangan Ganjil

Sebelum melakukan perhitungan guna mencari nilai konstanta a dan b . Terlebih dahulu harus ditentukan nilai X , nilai X^2 dan nilai XY dengan melakukan

perhitungan menggunakan metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) dalam tabel seperti tampak pada tabel berikut ini:

Tabel 10.2 Tabel Perhitungan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil
(*The Least Square Method*)

Tahun	<i>Y</i>	<i>X</i>	<i>X</i> ²	<i>XY</i>
2012	10	-4	16	-40
2013	12	-3	9	-36
2014	15	-2	4	-30
2015	19	-1	1	-19
2016	24	0	0	0
2017	30	1	1	30
2018	35	2	4	70
2019	40	3	9	120
2020	47	4	16	188
Σ	232	0	60	283

Keterangan:

ΣY = 232 Unit (diperoleh dari jumlah total penjualan selama 9 tahun)

X = Diperoleh dari rumus:

$$X = \frac{\text{Tahun Dasar} - \text{Tahun Tengah}}{\text{Interval}}$$

Tahun Dasar adalah 2012 dan Tahun Tengah adalah 2016, sehingga:

$$X_{2012} = \frac{2012 - 2016}{1} = -4$$

$$X_{2013} = \frac{2013 - 2016}{1} = -3$$

$$X_{2014} = \frac{2014 - 2016}{1} = -2$$

$$X_{2015} = \frac{2015 - 2016}{1} = -1$$

$$X_{2016} = \frac{2016 - 2016}{1} = 0$$

$$X_{2017} = \frac{2017 - 2016}{1} = 1$$

$$X_{2018} = \frac{2018 - 2016}{1} = 2$$

$$X_{2019} = \frac{2019 - 2016}{1} = 3$$

$$X_{2020} = \frac{2020 - 2016}{1} = 4$$

$$\sum X = 0 \text{ (diperoleh dari jumlah total nilai } X \text{)}$$

$$X^2 = \text{Diperoleh dari nilai } X \text{ dikalikan dengan } X, \text{ sehingga:}$$

$$X^2_{2012} = -4 \times -4 = 16$$

$$X^2_{2013} = -3 \times -3 = 9$$

$$X^2_{2014} = -2 \times -2 = 4$$

$$X^2_{2015} = -1 \times -1 = 1$$

$$X^2_{2016} = 0 \times 0 = 0$$

$$X^2_{2017} = 1 \times 1 = 1$$

$$X^2_{2018} = 2 \times 2 = 4$$

$$X^2_{2019} = 3 \times 3 = 9$$

$$X^2_{2020} = 4 \times 4 = 16$$

$$\sum X^2 = 60 \text{ (diperoleh dari jumlah total nilai } X^2 \text{)}$$

$$XY = \text{Diperoleh dari nilai } X \text{ dikalikan dengan } Y, \text{ sehingga:}$$

$$XY_{2012} = -4 \times 10 = -40$$

$$XY_{2013} = -3 \times 12 = -36$$

$$XY_{2014} = -2 \times 15 = -30$$

$$XY_{2015} = -1 \times 19 = -19$$

$$XY_{2016} = 0 \times 24 = 0$$

$$XY_{2017} = 1 \times 30 = 30$$

$$XY_{2018} = 2 \times 35 = 70$$

$$XY_{2019} = 3 \times 40 = 120$$

$$XY_{2020} = 4 \times 47 = 188$$

$$\sum XY = 283 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } XY)$$

Berdasarkan pada perhitungan dalam tabel metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) diatas, dapat diketahui bahwa nilai $\sum X = 0$, maka nilai a dan nilai b dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum Y}{n}$$

$$a = \frac{232}{9}$$

$$a = 25,778$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2}$$

$$b = \frac{283}{60}$$

$$b = 4,717$$

Setelah ditentukan nilai konstanta a dan b , maka selanjutnya dapat pula ditentukan persamaannya, yaitu:

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

Sehingga, apabila terdapat pertanyaan ramalan penjualan unit suatu barang pada tahun 2021. Cara menyelesaikan adalah sebagai berikut:

Jika, Y adalah tahun 2021 maka, nilai X adalah 5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(5)$$

$$Y' = 25,778 + 23,585$$

$$Y' = 49,363 \text{ (dibulatkan menjadi 49 unit)}$$

Jadi, ramalan penjualan unit suatu barang pada tahun 2021 adalah 49 unit.

Selain itu, dapat pula dibuatkan proyeksi penjualan unit suatu barang sejak tahun 2012 sampai dengan tahun 2023 menggunakan metode perhitungan jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) seperti yang telah dijelaskan pada perhitungan diatas. Contoh perhitungan proyeksinya adalah sebagai berikut:

Jika, Y' adalah tahun 2012 maka, nilai X adalah -4.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(-4)$$

$$Y' = 25,778 - 18,868$$

$$Y' = 6,910 \text{ (dibulatkan menjadi 7 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2013 maka, nilai X adalah -3.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(-3)$$

$$Y' = 25,778 - 14,151$$

$$Y' = 11,627 \text{ (dibulatkan menjadi 12 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2014 maka, nilai X adalah -2.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(-2)$$

$$Y' = 25,778 - 9,434$$

$Y' = 16,344$ (dibulatkan menjadi 16 unit)

Jika, Y' adalah tahun 2015 maka, nilai X adalah -1.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(-1)$$

$$Y' = 25,778 - 4,717$$

$Y' = 21,061$ (dibulatkan menjadi 21 unit)

Jika, Y' adalah tahun 2016 maka, nilai X adalah 0.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(0)$$

$Y' = 25,778$ (dibulatkan menjadi 26 unit)

Jika, Y' adalah tahun 2017 maka, nilai X adalah 1.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(1)$$

$Y' = 30,495$ (dibulatkan menjadi 31 unit)

Jika, Y' adalah tahun 2018 maka, nilai X adalah 2.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(2)$$

$$Y' = 25,778 + 9,434$$

$Y' = 35,212$ (dibulatkan menjadi 35 unit)

Jika, Y' adalah tahun 2019 maka, nilai X adalah 3.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(3)$$

$$Y' = 25,778 + 14,151$$

$$Y' = 39,929 \text{ (dibulatkan menjadi 40 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2020 maka, nilai X adalah 4.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(4)$$

$$Y' = 25,778 + 18,868$$

$$Y' = 44,646 \text{ (dibulatkan menjadi 45 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2021 maka, nilai X adalah 5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(5)$$

$$Y' = 25,778 + 23,585$$

$$Y' = 49,363 \text{ (dibulatkan menjadi 49 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2022 maka, nilai X adalah 6.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(6)$$

$$Y' = 25,778 + 28,302$$

$$Y' = 54,080 \text{ (dibulatkan menjadi 54 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2023 maka, nilai X adalah 7.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 25,778 + 4,717X$$

$$Y' = 25,778 + 4,717(7)$$

$$Y' = 25,778 + 33,019$$

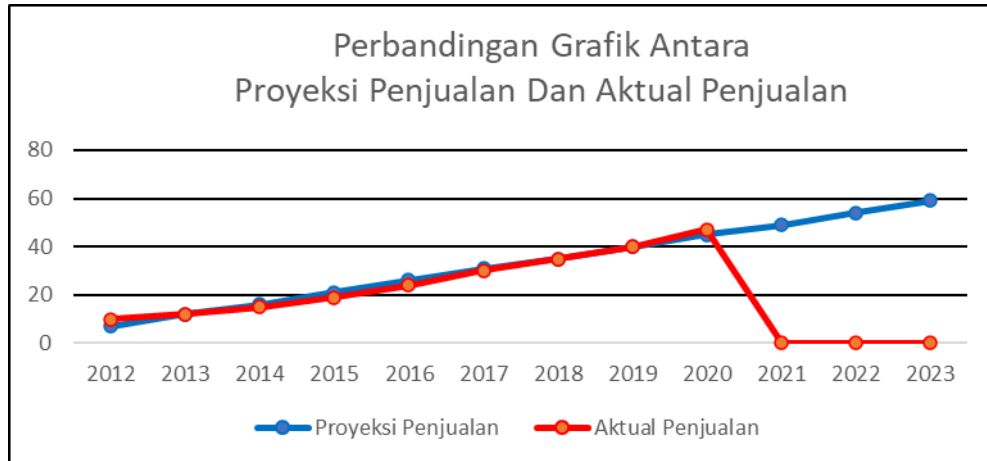
$Y' = 58,797$ (dibulatkan menjadi 59 unit)

Data perhitungan tersebut dapat pula dimasukkan ke dalam tabel perhitungan dengan metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) seperti tampak pada tabel berikut ini:

Tabel 10.3 Tabel Perhitungan Proyeksi Penjualan Barang Dengan Persamaan $Y' = a + bX$
Dalam Pengamatan Bilangan Ganjil

<i>Tahun</i>	<i>Aktual Penjualan (Y)</i>	<i>Proyeksi Penjualan (Y')</i>	<i>Selisih antara Y dan Y'</i>
2012	10	7	3
2013	12	12	0
2014	15	16	-1
2015	19	21	-2
2016	24	26	-2
2017	30	31	-1
2018	35	35	0
2019	40	40	0
2020	47	45	2
2021		49	
2022		54	
2023		59	

Dari tabel proyeksi tersebut dapat secara langsung dibandingkan antara aktual penjualan dengan proyeksi penjualan, seperti tampak pada gambar grafik berikut ini:



Gambar 10.2 Contoh Grafik Perbandingan Antara Aktual Penjualan Dan Proyeksi Penjualan Dalam Pengamatan Bilangan Ganjil

Contoh perhitungan data pengamatan bilangan genap, jika $\sum X = 0$:

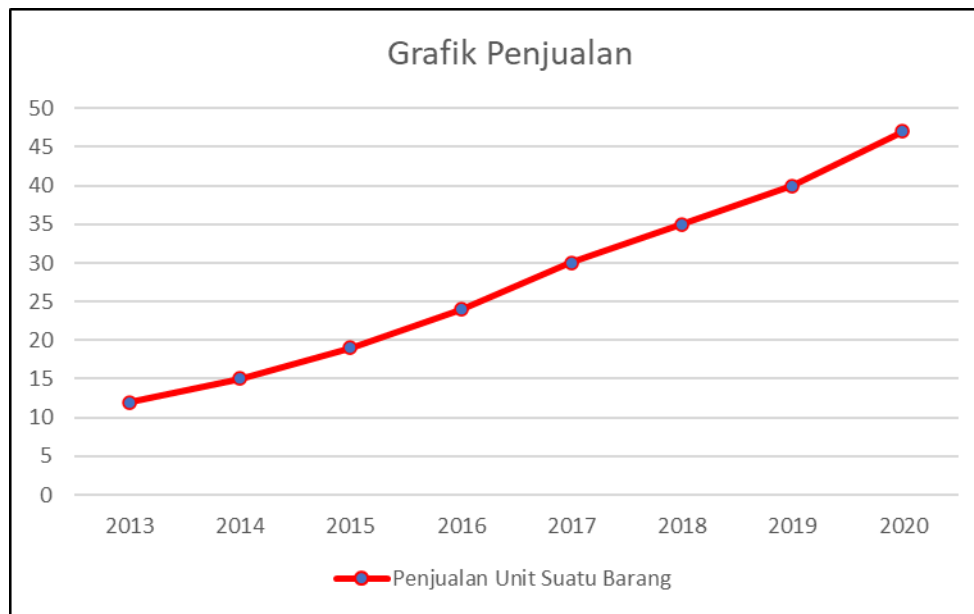
Sedangkan apabila data pengamatan yang diketahui dalam jumlah bilangan genap, maka contoh perhitungan dalam tabel dengan metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) yaitu sebagai berikut:

Tabel 10.4 Contoh Data Pengamatan Dalam Jumlah Genap

Tahun	Jumlah Penjualan Barang (Dalam Satuan Unit)
2013	12
2014	15
2015	19
2016	24

2017	30
2018	35
2019	40
2020	47

Berdasarkan data pengamatan diatas yang berjumlah 8 tahun atau dalam jumlah pengamatan dengan bilangan genap, apabila digambarkan dalam sebuah grafik penjualan, maka akan tampak seperti berikut ini:



Gambar 10.3 Contoh Grafik Penjualan Dalam Pengamatan Bilangan Genap

Sebelum melakukan perhitungan guna mencari nilai konstanta a dan b . Terlebih dahulu harus ditentukan nilai X , nilai X^2 dan nilai XY dengan melakukan perhitungan menggunakan metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) dalam tabel seperti tampak pada tabel berikut ini:

Tabel 10.5 Tabel Perhitungan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil
(*The Least Square Method*) Data Genap

Tahun	Y	X	X²	XY
2013	12	-3,5	12,25	-42
2014	15	-2,5	6,25	-37,5
2015	19	-1,5	2,25	-28,5
2016	24	-0,5	0,25	-12
2017	30	0,5	0,25	15
2018	35	1,5	2,25	52,5
2019	40	2,5	6,25	100
2020	47	3,5	12,25	164,5
Σ	222	0	42	212

Keterangan:

ΣY = 222 Unit (diperoleh dari jumlah total penjualan selama 8 tahun)

X = Diperoleh dari rumus:

$$X = \frac{\text{Tahun Dasar} - \text{Tahun Tengah}}{\text{Interval}}$$

Tahun Dasar adalah 2013 dan Tahun Tengah adalah antara tahun 2016 dan tahun 2017, sehingga:

$$X_{2013} = \frac{2013 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2013-2016,5}{1} = -3,5$$

$$X_{2014} = \frac{2014 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2014-2016,5}{1} = -2,5$$

$$X_{2015} = \frac{2015 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2015-2016,5}{1} = -1,5$$

$$X_{2016} = \frac{2016 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2016-2016,5}{1} = -0,5$$

$$X_{2017} = \frac{2017 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2017-2016,5}{1} = 0,5$$

$$X_{2018} = \frac{2018 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2018-2016,5}{1} = 1,5$$

$$X_{2019} = \frac{2019 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2019-2016,5}{1} = 2,5$$

$$X_{2020} = \frac{2020 - \left(\frac{2016+2017}{2}\right)}{1} = \frac{2020-2016,5}{1} = 3,5$$

$$\sum X = 0 \text{ (diperoleh dari jumlah total nilai } X\text{)}$$

$$X^2 = \text{Diperoleh dari nilai } X \text{ dikalikan dengan } X, \text{ sehingga:}$$

$$X^2_{2013} = -3,5 \times -3,5 = 12,25$$

$$X^2_{2014} = -2,5 \times -2,5 = 6,25$$

$$X^2_{2015} = -1,5 \times -1,5 = 2,25$$

$$X^2_{2016} = -0,5 \times -0,5 = 0,25$$

$$X^2_{2017} = 0,5 \times 0,5 = 0,25$$

$$X^2_{2018} = 1,5 \times 1,5 = 2,25$$

$$X^2_{2019} = 2,5 \times 2,5 = 6,25$$

$$X^2_{2020} = 3,5 \times 3,5 = 12,25$$

$$\sum X^2 = 42 \text{ (diperoleh dari jumlah total nilai } X^2\text{)}$$

$$XY = \text{Diperoleh dari nilai } X \text{ dikalikan dengan } Y, \text{ sehingga:}$$

$$XY_{2013} = -3,5 \times 12 = -42$$

$$XY_{2014} = -2,5 \times 15 = -37,5$$

$$XY_{2015} = -1,5 \times 19 = -28,5$$

$$XY_{2016} = -0,5 \times 24 = -12$$

$$XY_{2017} = 0,5 \times 30 = 15$$

$$XY_{2018} = 1,5 \times 35 = 52,5$$

$$XY_{2019} = 2,5 \times 40 = 100$$

$$XY_{2020} = 3,5 \times 47 = 164,5$$

$$\Sigma XY = 212 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } XY)$$

Berdasarkan pada perhitungan dalam tabel metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) diatas, dapat diketahui bahwa nilai $\Sigma X = 0$, maka nilai a dan nilai b dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{\Sigma Y}{n}$$

$$a = \frac{222}{8}$$

$$a = 27,75$$

$$b = \frac{\Sigma XY}{\Sigma X^2}$$

$$b = \frac{212}{42}$$

$$b = 5,048$$

Setelah ditentukan nilai konstanta a dan b, maka selanjutnya dapat pula ditentukan persamaannya, yaitu:

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

Sehingga, apabila terdapat pertanyaan ramalan penjualan unit suatu barang pada tahun 2021. Cara menyelesaikan adalah sebagai berikut:

Jika, Y adalah tahun 2021 maka, nilai X adalah 4,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(4,5)$$

$$Y' = 27,75 + 22,716$$

$$Y' = 50,466 \text{ (dibulatkan menjadi 50 unit)}$$

Jadi, ramalan penjualan unit suatu barang pada tahun 2021 adalah 50 unit.

Selain itu, dapat pula dibuatkan proyeksi penjualan unit suatu barang sejak tahun 2012 sampai dengan tahun 2023 menggunakan metode perhitungan jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) seperti yang telah dijelaskan pada perhitungan diatas.

Perhitungan proyeksinya adalah sebagai berikut:

Jika, Y' adalah tahun 2013 maka, nilai X adalah -3,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(-3,5)$$

$$Y' = 27,75 - 17,668$$

$$Y' = 10,082 \text{ (dibulatkan menjadi 10 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2014 maka, nilai X adalah -2,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(-2,5)$$

$$Y' = 27,75 - 12,62$$

$$Y' = 15,13 \text{ (dibulatkan menjadi 15 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2015 maka, nilai X adalah -1,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(-1,5)$$

$$Y' = 27,75 - 7,572$$

$$Y' = 20,178 \text{ (dibulatkan menjadi 20 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2016 maka, nilai X adalah -0,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(-0,5)$$

$$Y' = 27,75 - 2,524$$

$$Y' = 25,226 \text{ (dibulatkan menjadi 25 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2017 maka, nilai X adalah 0,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(0,5)$$

$$Y' = 27,75 + 2,524$$

$$Y' = 30,274 \text{ (dibulatkan menjadi 30 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2018 maka, nilai X adalah 1,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(1,5)$$

$$Y' = 27,75 + 7,572$$

$$Y' = 35,322 \text{ (dibulatkan menjadi 35 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2019 maka, nilai X adalah 2,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(2,5)$$

$$Y' = 27,75 + 12,62$$

$$Y' = 40,37 \text{ (dibulatkan menjadi 40 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2020 maka, nilai X adalah 3,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(3,5)$$

$$Y' = 27,75 + 17,668$$

$$Y' = 45,418 \text{ (dibulatkan menjadi 45 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2021 maka, nilai X adalah 4,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(4,5)$$

$$Y' = 27,75 + 22,716$$

$$Y' = 50,466 \text{ (dibulatkan menjadi 50 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2022 maka, nilai X adalah 5,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(5,5)$$

$$Y' = 27,75 + 27,764$$

$$Y' = 55,514 \text{ (dibulatkan menjadi 56 unit)}$$

Jika, Y' adalah tahun 2023 maka, nilai X adalah 6,5.

$$Y' = a + bX$$

$$Y' = 27,75 + 5,048X$$

$$Y' = 27,75 + 5,048(6,5)$$

$$Y' = 27,75 + 32,812$$

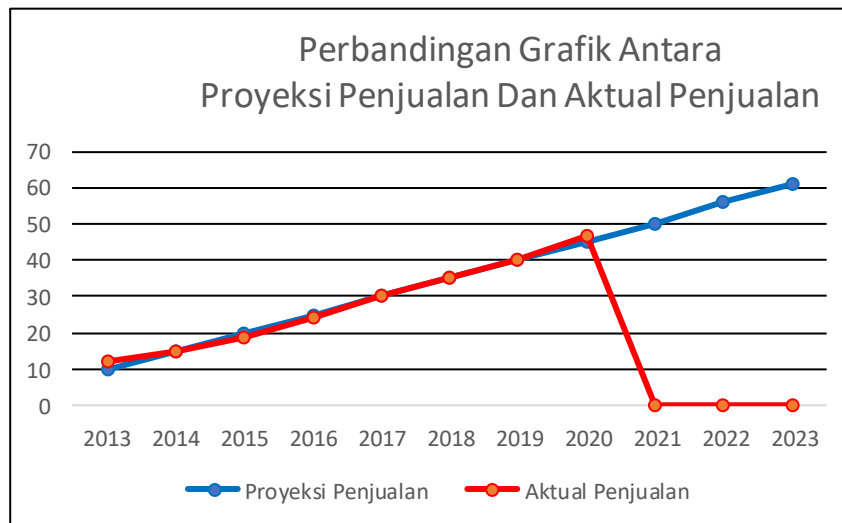
$$Y' = 60,562 \text{ (dibulatkan menjadi 61 unit)}$$

Data perhitungan tersebut dapat pula dimasukkan ke dalam tabel perhitungan dengan metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) seperti tampak pada tabel berikut ini:

Tabel 10.6 Tabel Perhitungan Proyeksi Penjualan Barang Dengan Persamaan $Y' = a + bX$
Dalam Pengamatan Bilangan Genap

<i>Tahun</i>	<i>Aktual Penjualan (Y)</i>	<i>Proyeksi Penjualan (Y')</i>	<i>Selisih antara Y dan Y'</i>
2013	12	10	2
2014	15	15	0
2015	19	20	-1
2016	24	25	-1
2017	30	30	0
2018	35	32	3
2019	40	40	0
2020	47	45	2
2021		50	
2022		56	
2023		61	

Dari tabel proyeksi tersebut dapat secara langsung dibandingkan antara aktual penjualan dengan proyeksi penjualan, seperti tampak pada gambar grafik berikut ini:



Gambar 10.4 Contoh Grafik Perbandingan Antara Aktual Penjualan Dan Proyeksi Penjualan Dalam Pengamatan Bilangan Genap

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Buatlah tabel perhitungan dengan metode jumlah kuadrat terkecil (*The Least Square Method*) dalam pengamatan bilangan ganjil seperti contoh diatas (***Trend Linier***), namun tambahkan data asli dengan 2 angka belakang NIM anda, contoh: 24 menjadi 89 (65 adalah 2 angka belakang NIM)!
2. Buatlah persamaan Trend-nya!
3. Buatlah peramalan penjualan pada tahun 2022!
4. Buatlah tabel perhitungan proyeksi dengan rumus $Y = a + bX$ dari tahun 2012 sampai dengan 2023!
5. Gambarkan dan bandingkan grafik antara proyeksi dan data asli penjualan dari tahun 2012 sampai dengan 2023!

D. REFERENSI

Basuki, A. T. (2020). Metode Kuadrat Terkecil (Least Square Method).

- Febianto, J. . (2015). Perbandingan Metode Least Square Dan Moving Average Untuk Prediksi Gaji Karyawan (Studi Kasus : Pt Tunggal Yunus Estate). D, 10–54.
- Indriastuti, T. (2013). Analisis Time Series Untuk Meramalkan Jumlah Penjualan Pada Yamaha Mataram Sakti Kebumen Dengan Metode Tren. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Iqbal, M. (2009). Analisis Trend Linier Dengan Metode Kuadrat Terkecil Untuk Meramalkan Perkembangan. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 80, 1–80.
- Hede, R. P. A. (2016). Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil Dan Metode Kemungkinan Maksimum Dalam Pendugaan Parameter Distribusi Weibull Dengan Dua Parameter.
- Sulistiyani, M. N. (2015). Analisis Trend. *Abstrak.Ta.Uns.Ac.Id*, 49(23–6), 9–22

PERTEMUAN 11

TREND NON LINIER

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Memahami jenis-jenis *Trend* Non Linier, agar dapat menentukan perbedaan antara *Trend* Parabolik dan *Trend* Eksponensial. Serta mampu menentukan, merumuskan, menghitung, memproyeksikan dan menggambarkan *Trend* mana yang lebih tepat digunakan pada suatu kasus peramalan (*Forecasting*).

B. URAIAN MATERI

1. *Trend* Parabolik

Tren Non Linier adalah suatu ukuran kecenderungan yang memiliki model dengan persamaan pangkat dua, pangkat tiga dan selanjutnya. Kelebihan metode ini yaitu sangat baik untuk data jangka panjang dan hasil ramalan mendekati nilai *actual*, sedangkan kelemahan metode ini yaitu tak sesuai jika digunakan untuk data jangka pendek atau kurang dari 10 periode. Dalam jangka pendek *Trend* yang linier dapat menggambarkan dengan baik gerakan *Trend* Deret Berkala (*Time Series*). Dalam jangka panjang, *Trend* yang linier umumnya berkecenderungan agak mendatar sehingga sebagai keseluruhan akan memperlihatkan bentuk yang non linier (Muliadi, 2015). *Trend* Parabolik biasa disebut juga sebagai *Trend* Kuadratik. *Trend* Parabolik adalah *Trend* yang nilai *Variable* tak bebasnya naik atau turun tidak secara linier atau terjadi bentuk parabola apabila datanya dibuat sebagai diagram pencar (*Scatter Diagram*). Apabila dalam penggambaran *Scatter Diagram* tak menunjukkan kecenderungan (*Trend*) berbentuk linier, maka model Tren Non Linier tepat digunakan untuk mendekati fungsi persamaan garis *Trend* tersebut (Rahmawati, 2019). Akan tetapi apabila kurvanya berbentuk parabola, *Trend* Parabolik lebih tepat untuk digunakan. Persamaan *Trend* Parabolik secara matematis adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX + cX^2$$

Keterangan:

Y = Nilai *Trend* yang diperkirakan

a / b / c = Nilai Konstanta

X = *Variable Waktu*

Persamaan diatas disebut sebagai persamaan kuadratik atau persamaan pangkat dua. Pada dasarnya, cara menentukan *Trend* Parabolik atau *Trend* Kuadratik tidak banyak berbeda dari cara penentuan *Trend* Linier (Muliadi, 2015).

Jika jumlah observasi adalah sebesar n, maka persamaan normal *Trend* Parabolik dapat diasumsikan sebagai berikut:

$$\sum Y = na + b\sum X + c\sum X^2$$

$$\sum XY = a\sum X + b\sum X^2 + c\sum X^3$$

$$\sum X^2Y = a\sum X^2 + b\sum X^3 + c\sum X^4$$

Cara mencari nilai konstanta a, b dan c dapat menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (*The Least Square's Method*) perhitungan ini harus dilakukan lebih dahulu untuk memperoleh nilai a, b dan c sebelum dilakukan proyeksi terhadap data dengan menggunakan Metode Proyeksi *Statistical Parabolic (Trend Parabolic)* (Diasmata et al., 2018), yaitu:

$$a = \frac{\sum Y \sum X^4 - \sum X^2 Y \sum X^2}{n \sum X^4 - (\sum X^2)^2}$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2}$$

$$c = \frac{n \sum X^2 Y - \sum X^2 \sum Y}{n \sum X^4 - (\sum X^2)^2}$$

Keterangan:

n = Jumlah Observasi

$a/b/c$ = Nilai Konstanta

X = *Variable Waktu*

2. Contoh soal *Trend Parabolik*

Data penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X selama 11 tahun terakhir, yaitu antara tahun 2010 sampai dengan tahun 2020 ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 11.1 Tabel Penjualan *Bentonite* PT. X

Tahun	<i>Bentonite Volclay</i> (1 Jumbo Bag = 1 Metric Ton)
2010	2941
2011	2974
2012	3591
2013	3961
2014	4259
2015	3822
2016	3284
2017	3220
2018	3243
2019	2408

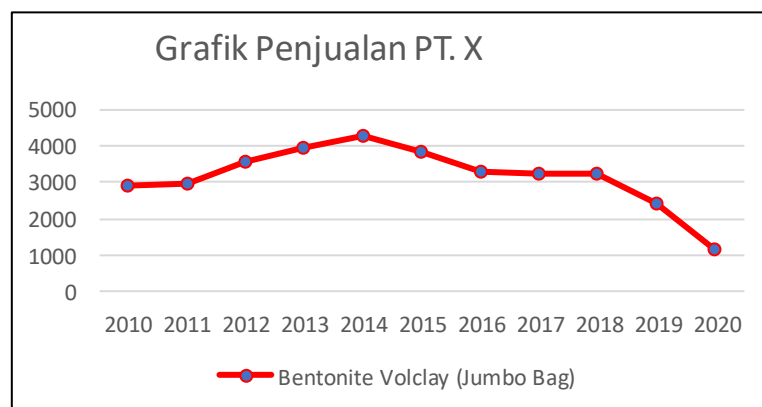
2020	1184
------	------

Berdasarkan data diatas:

- Gambarkanlah data penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X
- Buatlah tabel perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil (The Least Square's Method)!
- Buatlah persamaan Trend-nya!
- Berapa ramalan penjualan Bentonite Volclay (Jumbo Bag) PT. X pada tahun 2021?
- Buatlah tabel Proyeksi penjualan Bentonite Volclay (Jumbo Bag) PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021!
- Gambarkanlah Proyeksi penjualan Bentonite Volclay (Jumbo Bag) PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021!
- Bandingkan gambar/grafik antara proyeksi dan data asli penjualan Bentonite Volclay (Jumbo Bag) PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021!

Penyelesaian:

- Gambar data penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X.



Gambar Grafik Penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X

Gambar 11.1 Data Penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X

- b. Perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil (*The Least Square's Method*).

Tabel 11.2 Tabel Perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil

Tahun	Penjualan Bentonite (<i>Y</i>) dalam satuan <i>Metric Ton</i>	X	X^2	X^4	XY	X^2Y
2010	2941	-5	25	625	-14705	73525
2011	2974	-4	16	256	-11896	47584
2012	3591	-3	9	81	-10773	32319
2013	3961	-2	4	16	-7922	15844
2014	4259	-1	1	1	-4259	4259
2015	3822	0	0	0	0	0
2016	3284	1	1	1	3284	3284
2017	3220	2	4	16	6440	12880
2018	3243	3	9	81	9729	29187
2019	2408	4	16	256	9632	38528
2020	1184	5	25	625	5920	29600
Σ	34887	0	110	1958	-14550	287010

Keterangan:

$\Sigma Y = 34.887$ Metric Ton (Diperoleh dari jumlah total penjualan *Bentonite*)

X = Diperoleh dari rumus:

$$X = \frac{\textit{Tahun Dasar} - \textit{Tahun Tengah}}{\textit{Interval}}$$

Tahun Dasar adalah 2010 dan Tahun Tengah adalah 2015, sehingga:

$$X_{2010} = \frac{2010 - 2015}{1} = -5$$

$$X_{2011} = \frac{2011 - 2015}{1} = -4$$

$$X_{2012} = \frac{2012 - 2015}{1} = -3$$

$$X_{2013} = \frac{2013 - 2015}{1} = -2$$

$$X_{2014} = \frac{2014 - 2015}{1} = -1$$

$$X_{2015} = \frac{2015 - 2015}{1} = 0$$

$$X_{2016} = \frac{2016 - 2015}{1} = 1$$

$$X_{2017} = \frac{2017 - 2015}{1} = 2$$

$$X_{2018} = \frac{2018 - 2015}{1} = 3$$

$$X_{2019} = \frac{2019 - 2015}{1} = 4$$

$$X_{2020} = \frac{2020 - 2015}{1} = 5$$

$$\sum X = 0 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X \text{)}$$

$$X^2 = \text{Diperoleh dari nilai } X \text{ dikalikan dengan } X, \text{ sehingga:}$$

$$X^2_{2010} = -5 \times -5 = 25$$

$$X^2_{2011} = -4 \times -4 = 16$$

$$X^2_{2012} = -3 \times -3 = 9$$

$$X^2_{2013} = -2 \times -2 = 4$$

$$X^2_{2014} = -1 \times -1 = 1$$

$$X^2_{2015} = 0 \times 0 = 0$$

$$X^2 \text{ 2016} = 1 \times 1 = 1$$

$$X^2 \text{ 2017} = 2 \times 2 = 4$$

$$X^2 \text{ 2018} = 3 \times 3 = 9$$

$$X^2 \text{ 2019} = 4 \times 4 = 16$$

$$X^2 \text{ 2020} = 5 \times 5 = 25$$

$$\Sigma X^2 = 110 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X^2)$$

Keterangan:

X^4 = Diperoleh dari nilai X^2 dikalikan dengan X^2 , sehingga:

$$X^4 \text{ 2010} = 25 \times 25 = 625$$

$$X^4 \text{ 2011} = 16 \times 16 = 256$$

$$X^4 \text{ 2012} = 9 \times 9 = 81$$

$$X^4 \text{ 2013} = 4 \times 4 = 16$$

$$X^4 \text{ 2014} = 1 \times 1 = 1$$

$$X^4 \text{ 2015} = 0 \times 0 = 0$$

$$X^4 \text{ 2016} = 1 \times 1 = 1$$

$$X^4 \text{ 2017} = 4 \times 4 = 16$$

$$X^4 \text{ 2018} = 9 \times 9 = 81$$

$$X^4 \text{ 2019} = 16 \times 16 = 256$$

$$X^4 \text{ 2020} = 25 \times 25 = 625$$

$$\Sigma X^4 = 1.958 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X^4)$$

XY = Diperoleh dari nilai X dikalikan dengan Y , sehingga:

$$XY \text{ 2010} = -5 \times 2.941 = -14.705$$

$$XY_{2011} = -4 \times 2.974 = -11.896$$

$$XY_{2012} = -3 \times 3.591 = -10.773$$

$$XY_{2013} = -2 \times 3.961 = -7.922$$

$$XY_{2014} = -1 \times 4.259 = -4.259$$

$$XY_{2015} = 0 \times 3.822 = 0$$

$$XY_{2016} = 1 \times 3.284 = 3.284$$

$$XY_{2017} = 2 \times 3.220 = 6.440$$

$$XY_{2018} = 3 \times 3.243 = 9.729$$

$$XY_{2019} = 4 \times 2.408 = 9.632$$

$$XY_{2020} = 5 \times 1.184 = 5.920$$

$$\sum XY = -14.550 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } XY)$$

$$X^2 Y = \text{Diperoleh dari nilai } X^2 \text{ dikalikan dengan } Y, \text{ sehingga:}$$

$$X^2 Y_{2010} = 25 \times 2.941 = 73.525$$

$$X^2 Y_{2011} = 16 \times 2.974 = 47.584$$

$$X^2 Y_{2012} = 9 \times 3.591 = 32.319$$

$$X^2 Y_{2013} = 4 \times 3.961 = 15.844$$

$$X^2 Y_{2014} = 1 \times 4.259 = 4.259$$

$$X^2 Y_{2015} = 0 \times 3.822 = 0$$

$$X^2 Y_{2016} = 1 \times 3.284 = 3.284$$

$$X^2 Y_{2017} = 4 \times 3.220 = 12.880$$

$$X^2 Y_{2018} = 9 \times 3.243 = 29.187$$

$$X^2 Y_{2019} = 16 \times 2.408 = 38.528$$

$$X^2 Y_{2020} = 25 \times 1.184 = 29.600$$

$$\Sigma X^2 Y = 287.010 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X^2 Y \text{)}$$

c. Persamaan *Trend*.

Mencari nilai konstanta a, b dan c.

$$a = \frac{\Sigma Y \Sigma X^4 - \Sigma X^2 Y \Sigma X^2}{n \Sigma X^4 - (\Sigma X^2)^2}$$

$$a = \frac{(34.887)(1.958) - (287.010)(110)}{(11)(1.958) - (110)^2}$$

$$a = \frac{68.308.746 - 31.571.100}{21.538 - 12.100}$$

$$a = \frac{36.737.646}{9.438}$$

$$a = 3.832,52$$

$$b = \frac{\Sigma XY}{\Sigma X^2}$$

$$b = \frac{-14.550}{110}$$

$$b = -132,27$$

$$c = \frac{n \Sigma X^2 Y - \Sigma X^2 \Sigma Y}{n \Sigma X^4 - (\Sigma X^2)^2}$$

$$c = \frac{(11)(287.010) - (110)(34.887)}{(11)(1.958) - (110)^2}$$

$$c = \frac{3.157.110 - 3.837.570}{21.538 - 12.100}$$

$$c = \frac{-680.460}{9.438}$$

$$c = -72,10$$

Maka, persamaannya adalah:

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

d. Ramalan penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X pada tahun 2021.

Jika, Y adalah tahun 2021 maka, nilai X adalah 6.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(6) - 72,10(6)^2$$

$$Y = 3.892,52 - 793,62 - 72,10(36)$$

$$Y = 3.098,90 - 2.595,60$$

$$Y = 503,30 \text{ (dibulatkan menjadi 503)}$$

Jadi, ramalan penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X pada tahun 2021 adalah 503 *Metric Ton*.

e. Proyeksi penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021.

Berdasarkan persamaan *Trend* yang telah ditentukan nilainya, seperti berikut ini:

$$Y = a + bX + cX^2 = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

Maka, proyeksi penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 11.3 Tabel Perhitungan Proyeksi dengan rumus $Y = a + bX + cX^2$

Tahun	Penjualan Bentonite (Data Asli) dalam satuan <i>Metric</i>	X	Perhitungan $Y = a + bX + cX^2$	Proyeksi Penjualan (<i>Metric Ton</i>)	<i>Selisih</i>
-------	---	-----	------------------------------------	--	----------------

	<i>Ton</i>				
2010	2941	-5	2751.37	2751	190
2011	2974	-4	3268	3268	-294
2012	3591	-3	3640.43	3640	-49
2013	3961	-2	3868.66	3869	92
2014	4259	-1	3952.69	3953	306
2015	3822	0	3892.52	3893	-71
2016	3284	1	3688.15	3688	-404
2017	3220	2	3339.58	3340	-120
2018	3243	3	2846.81	2847	396
2019	2408	4	2209.84	2210	198
2020	1184	5	1428.67	1429	-245
2021		6	503.3	503	

Keterangan:

Jika, Y adalah tahun 2010 maka, nilai X adalah -5.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(-5) - 72,10(-5)^2$$

$$Y = 3.892,52 + 661,35 - 72,10(25)$$

$$Y = 3.892,52 + 661,35 - 1.802,5$$

$$Y = 4.553,87 - 1.802,5$$

$Y = 2.751,37$ (dibulatkan menjadi 2.751 Metric Ton)

Jika, Y adalah tahun 2011 maka, nilai X adalah -4.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(-4) - 72,10(-4)^2$$

$$Y = 3.892,52 + 829,08 - 72,10(16)$$

$$Y = 3.892,52 + 529,08 - 1.153,60$$

$$Y = 4.421,60 - 1.153,60 = 3.268$$

Jika, Y adalah tahun 2012 maka, nilai X adalah -3.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(-3) - 72,10(-3)^2$$

$$Y = 3.892,52 + 396,81 - 72,10(9)$$

$$Y = 3.892,52 + 396,81 - 648,90$$

$$Y = 4.289,33 - 648,90$$

$Y = 3.640,43$ (dibulatkan menjadi 3.640 Metric Ton)

Jika, Y adalah tahun 2013 maka, nilai X adalah -2.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(-2) - 72,10(-2)^2$$

$$Y = 3.892,52 + 264,54 - 72,10(4)$$

$$Y = 3.892,52 + 264,54 - 288,40$$

$$Y = 4.157,06 - 288,40$$

$Y = 3.868,66$ (dibulatkan menjadi 3.869 Metric Ton)

Jika, Y adalah tahun 2014 maka, nilai X adalah -1.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(-1) - 72,10(-1)^2$$

$$Y = 3.892,52 + 132,27 - 72,10(1)$$

$$Y = 3.892,52 + 132,27 - 72,10$$

$$Y = 4.024,79 - 72,10$$

$$Y = 3.952,69 \text{ (dibulatkan menjadi 3.953 Metric Ton)}$$

Jika, Y adalah tahun 2015 maka, nilai X adalah 0.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(0) - 72,10(0)^2$$

$$Y = 3.892,52 + 0 - 0$$

$$Y = 3.892,52 \text{ (dibulatkan menjadi 3.893 Metric Ton)}$$

Jika, Y adalah tahun 2016 maka, nilai X adalah 1.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(1) - 72,10(1)^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27 - 72,10(1)$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27 - 72,10$$

$$Y = 3.760,25 - 72,10$$

$$Y = 3.688,15 \text{ (dibulatkan menjadi 3.688 Metric Ton)}$$

Jika, Y adalah tahun 2017 maka, nilai X adalah 2.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(2) - 72,10(2)^2$$

$$Y = 3.892,52 - 264,54 - 72,10(4)$$

$$Y = 3.892,52 - 264,54 - 288,40$$

$$Y = 3.627,98 - 288,40$$

$$Y = 3.339,58 \text{ (dibulatkan menjadi 3.340 Metric Ton)}$$

Jika, Y adalah tahun 2018 maka, nilai X adalah 3.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(3) - 72,10(3)^2$$

$$Y = 3.892,52 - 396,81 - 72,10(9)$$

$$Y = 3.892,52 - 396,81 - 648,90$$

$$Y = 3.495,71 - 648,90$$

$$Y = 2.846,81 \text{ (dibulatkan menjadi 2.847 Metric Ton)}$$

Jika, Y adalah tahun 2019 maka, nilai X adalah 4.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(4) - 72,10(4)^2$$

$$Y = 3.892,52 - 529,08 - 72,10(16)$$

$$Y = 3.892,52 - 529,08 - 1.153,60$$

$$Y = 3.363,44 - 1.153,60$$

$$Y = 2.209,84 \text{ (dibulatkan menjadi 2.210 Metric Ton)}$$

Jika, Y adalah tahun 2020 maka, nilai X adalah 5.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(5) - 72,10(5)^2$$

$$Y = 3.892,52 - 661,35 - 72,10(25)$$

$$Y = 3.892,52 - 661,35 - 1.802,50$$

$$Y = 3.231,17 - 1.802,50$$

$$Y = 1.428,67 \text{ (dibulatkan menjadi 1.429 Metric Ton)}$$

Jika, Y adalah tahun 2021 maka, nilai X adalah 6.

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27X - 72,10X^2$$

$$Y = 3.892,52 - 132,27(6) - 72,10(6)^2$$

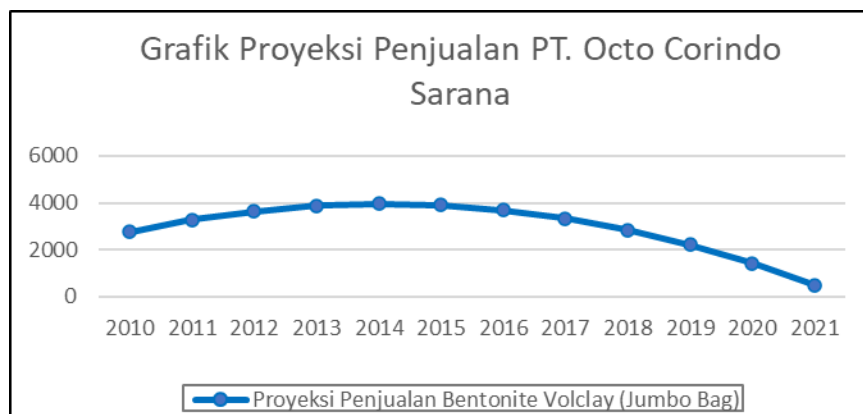
$$Y = 3.892,52 - 793,62 - 72,10(36)$$

$$Y = 3.098,90 - 2.595,60$$

$$Y = 503,30 \text{ (dibulatkan menjadi 503 Metric Ton)}$$

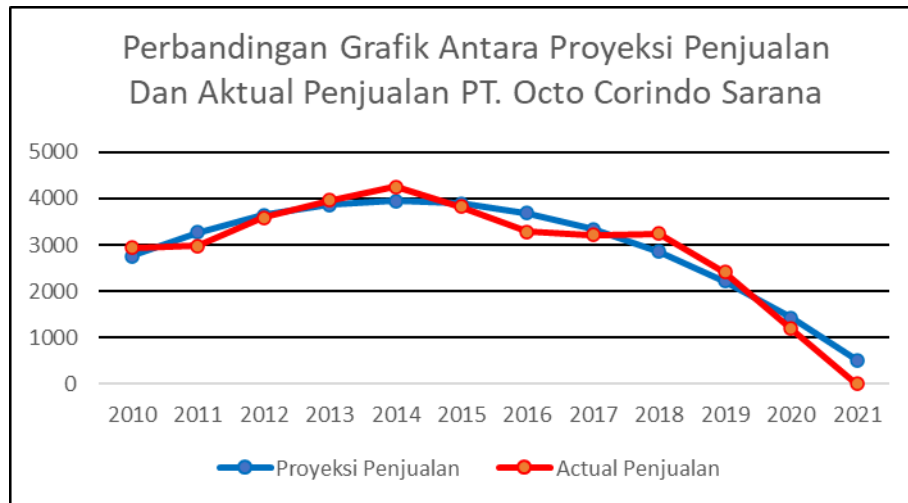
Selisih = Nilai penjualan (data asli) - Nilai proyeksi penjualan

- f. Gambar Proyeksi penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021.



Gambar 11.2 Grafik Proyeksi Penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X

- g. Perbandingan gambar/grafik antara proyeksi dan data asli penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021.



Gambar 11.3 Perbandingan Grafik antara Proyeksi Penjualan dan Data Asli Penjualan *Bentonite Volclay (Jumbo Bag)* PT. X

3. *Trend* Eksponensial

Trend Kuadratik atau *Trend* Parabolik menggambarkan tingkat pertambahan yang bertambah secara kurang lebih konstan (*Constant Rate of Increase*). Secara matematis, selisih kedua dari *Trend* Kuadratik atau *Trend* Parabolik menjadi konstan dan positif. Bila *Trend* sedemikian itu digambarkan di atas kertas berskala hitung, maka rasio perubahan konstan sedemikian itu sukar diketahui. Rasio perubahan yang konstan sebetulnya lebih sesuai digambarkan dengan persamaan *Trend* Eksponensial. *Trend* eksponensial sering digunakan untuk meramalkan jumlah penduduk, pendapatan nasional, produksi, hasil penjualan dan kejadian-kejadian lain yang perkembangannya/pertumbuhannya secara geometris (berkembang dengan cepat sekali). Analisis deret waktu diperkenalkan pada tahun 1970 oleh Box dan Jenkin melalui bukunya yang berjudul *Time Series Analysis : Forecasting and control*. Sejak saat itu *Time Series* mulai banyak dikembangkan. Salah satu metode analisis deret waktu adalah analisis *Trend*. Kadang-kadang ditemukan suatu diagram pencar yang penyebaran datanya semakin naik. Jika hal itu terjadi, persamaan kecenderungan yang cocok digunakan adalah model *Trend*

Eksponensial. *Trend* Eksponensial adalah sebuah *Trend* yang *variable* bebasnya naik secara berlipat ganda atau tidak linier (Rahmawati, 2019). Persamaan *Trend* Eksponensial adalah sebagai berikut:

$$Y = ab^X$$

Dimana X merupakan pangkat eksponen dari b . Untuk mencari nilai a dan b , logaritma natural dari persamaan tersebut menghasilkan:

$$\log Y = \log a + X \log b$$

Untuk menentukan nilai a dan b dapat menggunakan metode kuadrat terkecil. Nilai-nilai Y yang telah ditransformasikan kedalam $\log Y$, $\log a$ dan $\log b$ menghasilkan rumus sebagai berikut:

$$\log a = \frac{\sum \log Y}{n}$$

$$\log b = \frac{\sum X \log Y}{\sum X^2}$$

Dengan demikian nilai koefisien trend diperoleh sebagai berikut:

$$a = \text{anti } \log a$$

$$b = \text{anti } \log b$$

Keterangan:

Y = Nilai *Trend* yang diperkirakan

a/b = Nilai Konstanta

X = *Variable Waktu*

Contoh soal:

Data penjualan Carbon Riser PT. X selama 11 tahun terakhir, yaitu antara tahun 2010 sampai dengan tahun 2020 ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 11.4 Tabel Penjualan *Carbon Riser* PT. X

Tahun	<i>Carbon Riser</i>
-------	---------------------

	(Kg)
2010	15000
2011	17000
2012	21000
2013	23000
2014	25500
2015	27000
2016	27000
2017	27000
2018	27000
2019	27000
2020	27200

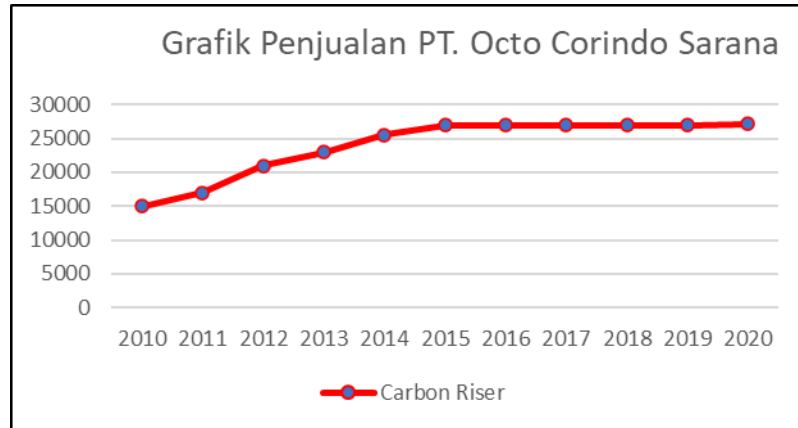
Berdasarkan data diatas:

- Gambarkanlah data penjualan *Carbon Riser* PT. X!
- Buatlah tabel perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil (The Least Square's Method)!
- Buatlah persamaan Trend-nya!
- Berapa ramalan penjualan *Carbon Riser* PT. X pada tahun 2021?
- Buatlah tabel Proyeksi penjualan *Carbon Riser* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021!
- Gambarkanlah Proyeksi penjualan *Carbon Riser* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021!

- g. Bandingkan gambar/grafik antara proyeksi dan data asli penjualan Carbon Riser PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021!

Penyelesaian:

- a. Gambar data penjualan *Carbon Riser* PT. X.



Gambar 11.3 Grafik Penjualan *Carbon Riser* PT. X

- b. Perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil (*The Least Square's Method*).

Tabel 11.5 Tabel Perhitungan dengan Metode Jumlah Kuadrat Terkecil

Tahun	Penjualan Carbon Riser (Kg) Y	X	$\log Y$	$X \log Y$	X^2
2010	15000	-5	4,1761	-20,8805	25
2011	17000	-4	4,2304	-16,9216	16
2012	21000	-3	4,3222	-12,9666	9
2013	23000	-2	4,3617	-8,7234	4

2014	25500	-1	4,4065	-4,4065	1
2015	27000	0	4,4314	0	0
2016	27000	1	4,4314	4,4314	1
2017	27000	2	4,4314	8,8628	4
2018	27000	3	4,4314	13,2942	9
2019	27000	4	4,4314	17,7256	16
2020	27200	5	4,4346	22,1730	25
Σ	263700	0	48,0885	2,5884	110

Keterangan:

ΣY = 263.700 Kg (Diperoleh dari jumlah total penjualan *Carbon Riser*)

X = Diperoleh dari rumus:

$$X = \frac{\text{*Tahun Dasar* - *Tahun Tengah*}{\text{*Interval*}}$$

Tahun Dasar adalah 2010 dan Tahun Tengah adalah 2015, sehingga:

$$X_{2010} = \frac{2010 - 2015}{1} = -5$$

$$X_{2011} = \frac{2011 - 2015}{1} = -4$$

$$X_{2012} = \frac{2012 - 2015}{1} = -3$$

$$X_{2013} = \frac{2013 - 2015}{1} = -2$$

$$X_{2014} = \frac{2014 - 2015}{1} = -1$$

$$X_{2015} = \frac{2015 - 2015}{1} = 0$$

$$X_{2016} = \frac{2016 - 2015}{1} = 1$$

$$X_{2017} = \frac{2017 - 2015}{1} = 2$$

$$X_{2018} = \frac{2018 - 2015}{1} = 3$$

$$X_{2019} = \frac{2019 - 2015}{1} = 4$$

$$X_{2020} = \frac{2020 - 2015}{1} = 5$$

$$\sum X = 0 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X \text{)}$$

$\log Y$ = Diperoleh dari nilai hasil logaritma Y , sehingga:

$$\log Y_{2010} = 4,1761$$

$$\log Y_{2011} = 4,2304$$

$$\log Y_{2012} = 4,3222$$

$$\log Y_{2013} = 4,3617$$

$$\log Y_{2014} = 4,4065$$

$$\log Y_{2015} = 4,4314$$

$$\log Y_{2016} = 4,4314$$

$$\log Y_{2017} = 4,4314$$

$$\log Y_{2018} = 4,4314$$

$$\log Y_{2019} = 4,4314$$

$$\log Y_{2020} = 4,4346$$

$$\sum \log Y = 0 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X \text{)}$$

$X \log Y$ = Diperoleh dari nilai hasil perkalian antara X dengan $\log Y$, sehingga:

$$X \log Y_{2010} = -5 \times 4,1761 = -20,8805$$

$$X \log Y_{2011} = -4 \times 4,2304 = -16,9216$$

$$X \log Y_{2012} = -3 \times 4,3222 = -12,9666$$

$$X \log Y_{2013} = -2 \times 4,3617 = -8,7234$$

$$X \log Y_{2014} = -1 \times 4,4065 = -4,4065$$

$$X \log Y_{2015} = 0 \times 4,4314 = 0$$

$$X \log Y_{2016} = 1 \times 4,4314 = 4,4314$$

$$X \log Y_{2017} = 2 \times 4,4314 = 8,8628$$

$$X \log Y_{2018} = 3 \times 4,4314 = 13,2942$$

$$X \log Y_{2019} = 4 \times 4,4314 = 17,7256$$

$$X \log Y_{2020} = 5 \times 4,4346 = 22,1730$$

$$\Sigma X \log Y = 2,5884 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X \log Y)$$

$$X^2 = \text{Diperoleh dari nilai } X \text{ dikalikan dengan } X, \text{ sehingga:}$$

$$X^2_{2010} = -5 \times -5 = 25$$

$$X^2_{2011} = -4 \times -4 = 16$$

$$X^2_{2012} = -3 \times -3 = 9$$

$$X^2_{2013} = -2 \times -2 = 4$$

$$X^2_{2014} = -1 \times -1 = 1$$

$$X^2_{2015} = 0 \times 0 = 0$$

$$X^2_{2016} = 1 \times 1 = 1$$

$$X^2_{2017} = 2 \times 2 = 4$$

$$X^2_{2018} = 3 \times 3 = 9$$

$$X^2_{2019} = 4 \times 4 = 16$$

$$X^2_{2020} = 5 \times 5 = 25$$

$$\Sigma X^2 = 110 \text{ (Diperoleh dari jumlah total nilai } X^2)$$

c. Persamaan *Trend*.

Mencari nilai konstanta a dan b.

$$\log a = \frac{\sum \log Y}{n}$$

$$\log a = \frac{48,0885}{11}$$

$$\log a = 4,3717$$

$$a = 23.534,2304$$

$$\log b = \frac{\sum X \log Y}{\sum X^2}$$

$$\log b = \frac{2,5884}{110}$$

$$\log b = 0,0235$$

$$b = 1,0556$$

$$\log Y = \log a + X \log b$$

$$\log Y = 4,3717 + (X)0,0235$$

Maka, persamaannya adalah:

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

d. Ramalan penjualan *Carbon Riser* PT. X pada tahun 2021.

Jika, **Y** adalah tahun 2021 maka, nilai **X** adalah 6.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^6$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,3836$$

$$Y = 32.561,9612 \text{ (dibulatkan menjadi 32.562 Kg)}$$

- e. Proyeksi penjualan *Carbon Riser* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021.

Berdasarkan persamaan *Trend* yang telah ditentukan nilainya, seperti berikut ini:

$$Y = ab^x$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^x$$

Maka, proyeksi penjualan *Carbon Riser* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021 dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 11.6 Tabel Perhitungan Proyeksi dengan rumus $Y = ab^x$

Tahun	Penjualan <i>Carbon Riser</i> (Kg) Y	X	Perhitungan $Y = ab^x$	Proyeksi Penjualan <i>Carbon</i> <i>Riser</i> (Kg)	<i>Selisih</i>
2010	15000	-5	17956.61	17957	2957
2011	17000	-4	18954.46	18954	1954
2012	21000	-3	20008.80	20009	-991
2013	23000	-2	21119.61	21120	-1880
2014	25500	-1	22293.97	22294	-3206
2015	27000	0	23534.23	23534	-3466
2016	27000	1	24842.73	24843	-2157

2017	27000	2	26224.19	26224	-776
2018	27000	3	27680.96	27681	681
2019	27000	4	29220.10	29220	2220
2020	27200	5	30846.31	30846	3646
2021		6	32561.96	32562	

keterangan:

Jika, Y adalah tahun 2010 maka, nilai X adalah -5.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^{-5}$$

$$Y = 23.534,2304 \times 0,7630$$

$$Y = 17.956,6178 \text{ (dibulatkan menjadi 17.957 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2011 maka, nilai X adalah -4.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^{-4}$$

$$Y = 23.534,2304 \times 0,8054$$

$$Y = 18.954,4692 \text{ (dibulatkan menjadi 18.954 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2012 maka, nilai X adalah -3.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^{-3}$$

$$Y = 23.534,2304 \times 0,8502$$

$$Y = 20.008,8027 \text{ (dibulatkan menjadi 20.009 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2013 maka, nilai X adalah -2.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^{-2}$$

$$Y = 23.534,2304 \times 0,8974$$

$$Y = 21.119,6184 \text{ (dibulatkan menjadi 21.120 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2014 maka, nilai X adalah -1.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^{-1}$$

$$Y = 23.534,2304 \times 0,9473$$

$$Y = 22.293,9765 \text{ (dibulatkan menjadi 22.294 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2015 maka, nilai X adalah 0.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^0$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1$$

$$Y = 23.534,2304 \text{ (dibulatkan menjadi 23.534 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2016 maka, nilai X adalah 1.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^1$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556$$

$$Y = 24.842,7336 \text{ (dibulatkan menjadi 24.843 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2017 maka, nilai X adalah 2.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^2$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,1143$$

$$Y = 26.224,1929 \text{ (dibulatkan menjadi 26.224 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2018 maka, nilai X adalah 3.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^3$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,1762$$

$$Y = 27.680,9618 \text{ (dibulatkan menjadi 27.681 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2019 maka, nilai X adalah 4.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^4$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,2416$$

$$Y = 29.220,1005 \text{ (dibulatkan menjadi 29.220 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2020 maka, nilai X adalah 5.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^5$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,3107$$

$$Y = 30.846,3158 \text{ (dibulatkan menjadi 30.846 Kg)}$$

Jika, Y adalah tahun 2021 maka, nilai X adalah 6.

$$Y = ab^X$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^X$$

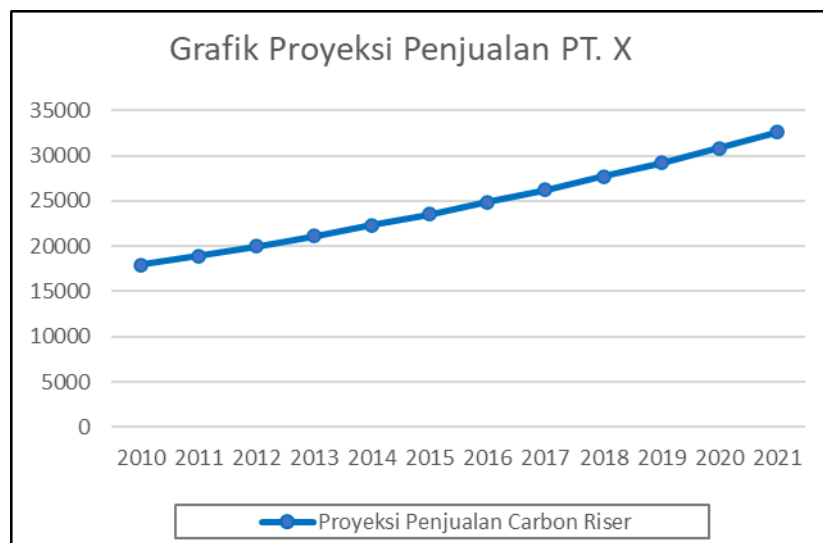
$$Y = 23.534,2304 \times 1,0556^6$$

$$Y = 23.534,2304 \times 1,3836$$

$$Y = 32.561,9612 \text{ (dibulatkan menjadi 32.562 Kg)}$$

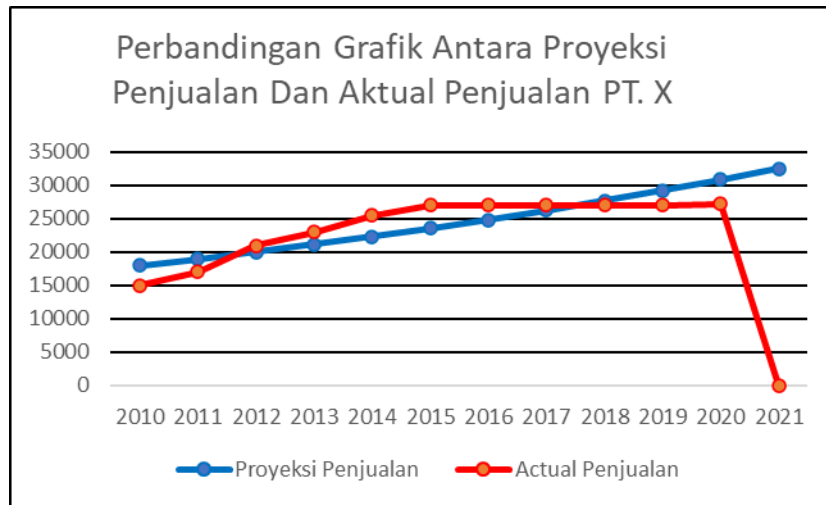
Selisih = Nilai penjualan (data asli) - Nilai proyeksi penjualan

- f. Gambar Proyeksi penjualan *Carbon Riser* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021.



Gambar 11.4 Grafik Proyeksi Penjualan *Carbon Riser* PT. X

- g. Perbandingan gambar/grafik antara proyeksi dan data asli penjualan *Carbon Riser* PT. X dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2021.



Gambar 11.5 Perbandingan Grafik antara Proyeksi Penjualan dan Data Asli Penjualan *Carbon Riser* PT. X

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Buatlah tabel perhitungan dengan metode jumlah kuadrat terkecil seperti contoh kasus diatas (***Trend Parabolik & Trend Eksponensial***), namun ubah 2 angka belakang dari data asli dengan 2 angka belakang NIM anda, contoh: 2941 menjadi 2965 (65 adalah 2 angka belakang NIM)!
2. Buatlah persamaan Trend-nya!
3. Buatlah peramalan penjualan pada tahun 2022!
4. Buatlah tabel perhitungan proyeksi dengan rumus $Y = a + bX + cX^2$ (untuk trend parabolik) dan $Y = ab^X$ (untuk trend eksponensial) dari tahun 2010 sampai dengan 2022!
5. Gambarkan dan bandingkan grafik antara proyeksi dan data asli penjualan dari tahun 2010 sampai dengan 2022!

D. REFERENSI

- Agil Saputro, B. P. (2016). Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode Exponential Smoothing Pada PT. Semen Indonesia (Persero). Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Assauri Sofjan. 1984. Teknik dan Metode Peramalan (Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha). Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Candra, A. (2019). Pengendalian Persediaan Material Pada Produksi Hot Mix Dengan Pendekatan Metode Economic Order Quantity (Eoq). *Jitmi (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 1(2), 145-153.
- Diastama, A. R., Studi, P., Pembangunan, E., Ekonomi, F., Bisnis, D. A. N., Surakarta, U. M. (2018). Indeks Pembangunan Manusia Di Indonesia. 1–6.
- Douglas C. Montgomery, E. A. (2015). *Introduction to Linear Regression Analysis*,. Fifth Edition 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
- Gasperz, Vincent. 2008. *Production Planning And Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Makridakis Spyros, dkk. 2002. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Tangerang Selatan : Binarupa Aksara.
- Murahartawaty. (2009). *Peramalan*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Muliadi, D. (2015). *Universitas Sumatera Utara* 7. 7–37.
- Rahmawati. (2019). Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk. 2(March), 46–52.
- Vivi Putri, M. (2019). *Konsep Dasar Peramalan*
- Yonhy, Y., Goejantoro, R., & Wahyuningsih, D. S. (2013). *Metode Trend Non Linear*

PERTEMUAN 12

METODE PERAMALAN REGRESI LINEAR SEDERHANA

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Pada pembelajaran kali ini kita akan memprediksi atau meramalkan suatu keadaan maupun kondisi yang sedang terjadi pada sebuah aktivitas. Prediksi tersebut bertujuan untuk memperbaiki keadaan selanjutnya, agar kebutuhan atau pengeluaran bisa disesuaikan menggunakan prediksi yang diperoleh.

B. URAIAN MATERI

1. Peramalan Kausal

Istilah kausalitas mengacu kepada kejadian sebab akibat dari dua atau beberapa variabel. Hubungan sebab akibat ini terjadi secara otomatis tanpa perlu perantara pengetahuan dan pengalaman ilmu untuk membutikannya. Artinya bahwa suatu kejadian tidak akan terjadi tanpa adanya factor yang menyebabkan terjadinya kejadian tersebut. Namun pengukuran yang dilakukan adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari faktor penyebab ini terhadap terjadinya atau terbentuknya variabel akibat. Kausalitas terbentuk karena adanya keterkaitan suatu kejadian (sebab) dan kejadian berikutnya yaitu akibat atau dampak, dimana kejadian kedua sebagai konsekuensi atas terjadinya kejadian pertama. Dalam ilmu sains kausalitas merupakan suatu asumsi dasar yang gunakan dalam berbagai observasi oleh para ilmuwan dalam kehidupan nyata. Kausalitas akan menciptakan suatu hipotesis atau dugaan sementara sebelum selanjutnya dilakukan penelitian. Pemahaman tentang kausalitas ini kemudian dijadikan dasar dalam meramalkan kejadian-kejadian di masa mendatang berdasarkan faktor penyebabnya.

Model peramalan kausalitas menggambarkan suatu model dari sebab akibat diantara jumlah permintaan terhadap faktor yang menyebabkan jumlah permintaan tersebut naik atau turun. Misalkan saja permintaan suatu produk yang mungkin dipengaruhi oleh pelayanan maupun oleh strategi marketing dengan mengambil data satu periode waktu tertentu misalkan satu tahun terakhir sebagai

dasar analisis. Data yang sudah diambil tersebut kemudian diolah dengan menggunakan model peramalan kausal untuk membuat suatu persamaan kausal. Kemudian persamaan ini dijadikan dasar untuk melakukan prediksi terhadap kemungkinan tercapainya penjualan dengan kenaikan atau penurunan jumlah promosi dan juga pelayanan.

Metode ini dipakai untuk kondisi dimana variable penyebab terjadinya item yang akan diramalkan sudah diketahui. Dengan adanya hubungan tersebut, output dapat diketahui jika input diketahui. Peramalan dengan metode kausal mendasarkan hasil ramalan yang disusun atas pola hubungan antara variabel yang dicari atau diramalkan dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya yang bukan waktu. Dalam analisa ini, diasumsikan bahwa faktor atau variabel yang menunjukkan suatu hubungan pengaruh sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Sebagai contoh, permintaan akan baju baru mungkin berhubungan dengan banyaknya populasi pendapatan masyarakat, jenis kelamin, budaya daerah, dan bulan-bulan khusus. Jadi, maksud dari analisa metode kausal adalah untuk menemukan bentuk pola hubungan yang saling mempengaruhi antara variabel yang dicari dan variabel-variabel yang mempengaruhinya, serta menggunakannya untuk meramalkan nilai-nilai dari Universitas Sumatera Utara variabel pada masa yang akan datang. Metode kausal dapat dipergunakan dalam peramalan dengan keberhasilan yang lebih besar, sehingga sering dipergunakan untuk pengambilan keputusan. Metode kausal ini terdiri dari: 1. Metode regresi dan korelasi Metode regresi dan korelasi

Metoda regresi dan korelasi pada penetapan suatu persamaan estimasi menggunakan teknik "least squares". Hubungan yang ada pertama-tama dianalisis secara statistik. Ketepatan peramalan dengan menggunakan metoda ini sangat baik untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ternyata ketepatannya kurang begitu baik. Metoda ini banyak digunakan untuk peramalan penjualan, perencanaan keuntungan, peramalan permintaan dan peramalan keadaan ekonomi. Data yang dibutuhkan untuk penggunaan metoda ini adalah data kuartalan dari beberapa tahun lalu.

2. Metode Regresi

Analisis regresi pada dasarnya merupakan suatu analisis keterkaitan satu variable terikat (*dependent variable*) terhadap satu atau lebih variable bebas (*Independent Variable*), dengan tujuan untuk memperkirakan atau memprediksikan rata-rata suatu kumpulan (populasi) angka rata-rata dari variable terikat didasarkan pada angka dari variable bebas yang di analisis. Fokusnya adalah pada usaha memaparkan dan menilai keterkaitan diantara satu variabel dengan sejumlah variabel independent (bisa satu atau lebih). Analisis regresi akan menghasilkan koefisien regresi untuk variabel-variabel bebas yang telah diolah. Nilai dari koefisien didapatkan melalui usaha memperkirakan angka variabel terikat dengan satu fungsi (persamaan). Ketika pada analisis korelasi pengamat hanya berfokus pada derajat asosiasi atau koefisien korelasi dari dua peubah atau lebih, maka pada model analisis regresi pengamat akan mendapatkan keterkaitan fungsional antara dua variabel peubah yang dinyatakan dalam bentuk fungsi $Y = a + bX$ yang bisa dikatakan bahwa penduga dari persamaan yang berada pada kelompok atau populasi yang umumnya dituliskan dengan 0 1, atau $= Y X Y X \alpha \beta \beta = ++$ atau untuk variabel bebas di atas satu dituliskan sebagai $= , \dots Y X X \beta \beta ++$. Dengan Analisis regresi pengamat akan mengolah angka penduga $j \beta$ yang relevan dengan angka-angka pada data. Selain itu melalui perhitungan angka penduga $j \beta$ pengamat juga akan melakukan pengujian apakah angka secara signifikansi kuat atau lemah. Model regresi menilai berapa kuatkah suatu variabel dapat berpengaruh terhadap variabel lain yang kemudian bisa dijadikan dasar dalam melakukan perkiraan atau peramalan suatu besaran yang didasarkan dari variabel yang mempengaruhinya. Model regresi mencakup regresi sederhana dan juga regresi berganda.

3. Analisis Regresi Linier Sederhana

Regresi linear sederhana merupakan prosedur statistik yang dimana dapat berfungsi sebagai pemeriksa sejauh mana hubungan antar Variabel determinan (X) dengan kausal dan oleh karena itu Variabel akibat. X biasanya melambangkan Faktor penyebab yang biasa disebut juga sebagai Predictor, sedangkan Y

melambangkan variabel efek yang bias juga disebut sebagai respon. Regresi linear sederhana sering kali disingkat menjadi *SLR (Simple Linear Regression)* itu adalah prosedur statistik yang digunakan pada sebuah produksi untuk memprediksi suatu karakteristik dari kualitas dan kuantitas. Contoh dalam produksi menggunakan analisis regresi linier sederhana meliputi:

- a. Hubungan antara durasi kegagalan mesin dan kualitas barang dagangan yang diproduksi
- b. Hubungan antara jumlah pekerja dan produksi yang diproduksi
- c. Hubungan antara suhu dan oleh karena itu Cacat Produksi yang dihasilkan.

Variabel yang mempengaruhi peramalan melalui analisis statistik berdasarkan dari hasil peramalan yang disusun selama pola hubungan antara variabel yang dicari atau diprediksi adalah variabel waktu. Apabila peramalan memakai analisis cross-sectional didasarkan pada ketetapan atau hasil dari peramalan yang disusun selama pola hubungan antara variabel yang dicari atau diprediksi dan variabel yang memengaruhi atau tidak bergantung pada waktu Anda. Pada metode regresi, variabel yang umumnya dapat diprediksi, seperti permintaan atau penjualan pada suatu produk, maka dinyatakan sebagai variabel dependen atau terikat. Variabel independen bisa mempengaruhi variabel tersebut. Keterikatan antara variabel independen dengan variabel yang dicari dapat berupa fungsi. Pada dasarnya ada dua macam analisis hubungan dalam menyusun prakiraan, yaitu:

- a. analisis statistik (deret waktu)
- b. Analisis *cross-sectional* atau model sebab dan akibat (model kausal)

Pada metode ini terdapat data yang akan digunakan untuk bahan sebagai pembentuk persamaan regresi:

$$Y = a + bX$$

y: variabel dependen

a: konstanta

b: koefisien variabel x

x: variabel independen

Dimana Y berlaku sebagai variabel prediktif, kemudian X merupakan koefisien waktu dan a dan b merupakan parameter atau statistik. Agar bisa mendapatkan garis yang sejajar atau garis lurus, maka kita perlu melihat besaran a dan b, dimana besaran a dan b adalah nilai konstanta yang tidak dapat berubah dalam analisis yang diberikan, yaitu untuk memperoleh besaran a dan b, maka pada nilai X atau variasi koefisien waktu Y umumnya diperoleh. Teknik dan metode yang berlaku pada dasarnya mendasari proses analisis dalam upaya agar memperoleh garis yang sejajar atau puncak dari titik distribusi data yang diamati. Analisis deret waktu dan model kausal memiliki kelebihan atau keunggulan dibandingkan dengan lainnya pada suatu keadaan tertentu. Keunggulannya salah satunya bahwa model statistik sering digunakan dengan mudah dalam prediksi, sedangkan model kausal sering digunakan dalam prediksi dengan tingkat kredibilitas yang sangat baik, biasanya digunakan dalam mengambil keputusan dan kebijakan.

Jika dalam peramalan memerlukan suatu data, maka hubungan yang digunakan pada ramalan dihipotesiskan sebagai fungsi waktu, atau fungsi variabel lain yang bukan waktu, dan kemudian peretasan selesai. Nilai a dan b bisa didapatkan dengan cara dihitung memakai rumus yang ada dibawah ini :

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Berikut adalah cara untuk melakukan Analisis Regresi Linier Sederhana, yaitu:

- Menentukan tujuan dilakukannya analisis regresi linier sederhana
- Identifikasi variabel faktor penyebab (prediktor) dan variabel pengaruh (respon)
- Melakukan pengumpulan data
- Menghitung X^2 , Y^2 , XY dan jumlahnya masing-masing
- Menghitung a dan b sesuai dengan rumus di atas.

- f. Buat model persamaan regresi linier sederhana.
- g. Membuat prediksi atau prediksi variabel faktor penyebab atau variabel efek.
- h. Persyaratan regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:
- i. Data berupa rentang atau proporsi
- j. Data berdistribusi normal
- k. Hubungan garis lurus antara variabel X dan Y adalah untuk bisa mengetahui suatu persamaan regresi linier diperlukan yang artinya terdapat korelasi, sehingga dapat ditentukan bentuk hubungannya:
 x meningkat $\diamond$ Y meningkat / x menurun $\diamond$ Y menurun
 x meningkat $\diamond$ Y berkurang / x menurun $\diamond$ Y meningkat

4. Analisis Keterkaitan (Korelasi)

Analisis keterkaitan (korelasi) memiliki hubungan yang cukup kuat dengan model regresi. Hanya saja jika dilihat pada konsep maka akan ada perbedaan dengan model regresi. Analisis keterkaitan (korelasi) merupakan ukuran dari nilai atau tingkat hubungan keterkaitan linier antar dua variabel. Misalkan saja kita akan melakukan observasi atau penelitian untuk mengetahui ada tidaknya atau kuat tidaknya pengaruh rokok terhadap penyakit paru-paru maupun kanker pada orang dewasa melalui pendekatan statistik dan juga matematik. Untuk bisa kita mengetahui ada hubungan atau tidak antara kedua variabel tersebut maka kita melihatnya melalui nilai koefisien korelasinya. Koefisien korelasi atau biasa disimbolkan dengan (r) adalah suatu indeks atau besaran yang dipergunakan dalam menilai keterkaitan hubungan diantara variabel-variabel yang diobservasi. Berikut adalah rumus dari koefisien korelasi.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Dimana:

X merupakan variabel *independent* (bebas)

Y merupakan variabel *dependent* (terikat)

n = Jumlah sampel

Dalam suatu hubungan keterkaitan sempurna maka tidak perlu lagi dilakukan pengujian dugaan atau hipotesis, karena diantara variabel sudah memiliki keterkaitan linier yang kuat (sempurna). Artinya bahwa suatu variabel bebas memiliki pengaruh sempurna terhadap variabel terikatnya (Y). Namun jika suatu hubungan keterkaitan sama dengan nol (0) maka tidak ada hubungan antara variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y). Di dalam dunia kerja banyak sekali contoh hubungan dari kedua variabel X dan Y. Misalkan saja hubungan motivasi dengan kepuasan kerja, hubungan pelayanan terhadap kepuasan pelanggan dan masih banyak lagi Analisis keterkaitan sederhana (*Bivariate Correlation*) dipakai sebagai alat untuk mengukur keterkaitan hubungan antara kedua variabel untuk mengetahui arah hubungannya apakah positif atau negatif. Dikatakan hubungannya positif Ketika kenaikan suatu variabel X menyebabkan kenaikan nilai variabel Y dan berlaku juga sebaliknya. Sedangkan dikatakan kedua variabel memiliki hubungan negatif ketika kenaikan variabel X justru menurunkan nilai variabel Y dan sebaliknya. Koefisien korelasi sederhana menentukan berapa kuat keterkaitan yang terjadi diantara variabel yang diobservasi.

5. Contoh analisis regresi linier sederhana

Seorang pekerja ingin mengetahui keterkaitan antara suhu ruangan dan jumlah cacat yang ditimbulkannya, sehingga ia bisa memprediksi jumlah cacat produksi bila suhu ruangan tidak terkendali. Teknisi mengumpulkan data selama 30 hari tentang suhu ruangan rata-rata dan jumlah cacat produksi. Berapa jumlah produksi yang cacat bila suhu dalam keadaan tinggi (Variabel X), contohnya : 18°C

Penyelesaian

Solusi setelah langkah-langkah Analisis Regresi Linier Sederhana adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Menetapkan tujuan

Tujuan: untuk mengetahui jumlah cacat produksi apabila suhu lingkungan tidak terkendali.

Berikut ini adalah tabel rata-rata suhu ruangan (X) dan Jumlah Cacat (Y)

Tabel 12.1 Data rata-rata suhu ruangan

Tanggal	Rata-rata Suhu Ruangan (X)	Jumlah Cacat (Y)
1	21	10
2	23	6
3	24	5
4	22	4
5	21	7
6	17	8
7	25	9
8	23	13
9	24	12
10	25	14
11	20	16

Tanggal	Rata-rata Suhu Ruangan (X)	Jumlah Cacat (Y)
12	21	3
13	20	5
14	19	6
15	27	8
16	29	9
17	28	12
18	25	15
19	27	14
20	22	12
21	27	16
22	29	10
23	23	12
24	25	11
25	28	13

Tanggal	Rata-rata Suhu Ruangan (X)	Jumlah Cacat (Y)
26	27	7
27	25	5
28	25	9
29	23	12
30	27	4
Total (Σ)	722	287

Langkah 2: Identifikasi variabel sebab dan akibat

Variabel Faktor Penyebab (X): Suhu Sekitar, Variabel Hasil (Y): Jumlah cacat produksi

Langkah ke 3: Mengumpulkan data

Langkah ke 4: Hitung X^2 , Y^2 , XY dan totalnya dari masing-masing variabel

Berikut ini adalah tabel yang telah dilakukan perhitungan X^2 , Y^2 , XY dan totalnya:

Tabel 12.2 Perhitungan regresi sederhana

Tanggal	Rata-rata Suhu Ruangan (X)	Jumlah Cacat (Y)	X^2	Y^2	$X.Y$
1	21	10	441	100	210

Tanggal	Rata-rata Suhu Ruangan (X)	Jumlah Cacat (Y)	X^2	Y^2	X.Y
2	23	6	529	36	138
3	24	5	576	25	120
4	22	4	484	16	88
5	21	7	441	49	147
6	17	8	289	64	136
7	25	9	625	81	225
8	23	13	529	169	299
9	24	12	576	144	288
10	25	14	625	196	350
11	20	16	400	256	320
12	21	3	441	9	63
13	20	5	400	25	100
14	19	6	361	36	114
15	27	8	729	64	216

Tanggal	Rata-rata Suhu Ruangan (X)	Jumlah Cacat (Y)	X^2	Y^2	X.Y
16	29	9	841	81	261
17	28	12	784	144	336
18	25	15	625	225	375
19	27	14	729	196	378
20	22	12	484	144	264
21	27	16	729	256	432
22	29	10	841	100	290
23	23	12	529	144	276
24	25	11	625	121	275
25	28	13	784	169	364
26	27	7	729	49	189
27	25	5	625	25	125
28	25	9	625	81	225
29	23	12	529	144	276

Tanggal	Rata-rata Suhu Ruangan (X)	Jumlah Cacat (Y)	X^2	Y^2	$X.Y$
30	27	4	729	16	108
Total (Σ)	722	287	17654	3165	6988

Langkah ke 5: Hitung berdasarkan rumus Regresi Linear Sederhana nilai a dan b

Menghitung Konstanta (a):

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$a = \frac{(287)(17.645) - (722)(6.988)}{30(17.645) - (722)^2}$$

$$a = 2.56$$

Menghitung Koefisien Regresi (b)

$$b = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{30(6.988) - (722)(287)}{30(17.645) - (722)^2}$$

$$b = 0,29$$

Langkah ke 6 : Buat Model Persamaan Regresi

$$Y = a + bX$$

$$Y = 2,56 + 0,29X$$

Langkah ke 7 : Melakukan Peramalan pada Variabel Faktor Penyebab atau Variabel Akibat

Prediksikan Jumlah Cacat Produksi jika suhu dalam keadaan tinggi (Variabel X), contohnya : 18°C

$$Y = 2,56 + 0,29 (18)$$

$$Y = 7,78$$

Jadi bila Suhu diruangan bisa mencapai 18°C, maka diprediksikan akan terdapat 7,78 unit cacat yang dihasilkan oleh produksi.

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Apa yang anda ketahui tentang Regresi Linear Sederhana?
2. Sebutkan dua jenis analisis hubungan dalam menyusun analisis Regresi Linear Sederhana!
3. Sebutkan langkah untuk melakukan Analisis Regresi Linier Sederhana!
4. Sebutkan Persyaratan Regresi Linear Sederhana!

D. REFERENSI

- Agil Saputro, B. P. (2016). Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode Exponential Smoothing Pada PT. Semen Indonesia (Persero). Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Assauri Sofjan. 1984. Teknik dan Metode Peramalan (Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha). Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Candra, A. (2019). Pengendalian Persediaan Material Pada Produksi Hot Mix Dengan Pendekatan Metode Economic Order Quantity (Eoq). Jitmi (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri), 1(2), 145-153.

- Douglas C. Montgomery, E. A. (2015). *Introduction to Linear Regression Analysis*,. Fifth Edition 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
- Gasperz, Vincent. 2008. *Production Planning And Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Makridakis Spyros, dkk. 2002. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Tangerang Selatan : Binarupa Aksara.
- Murahartawaty. (2009). *Peramalan*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Vivi Putri, M. (2019). *Konsep Dasar Peramalan*
- Sinambela, S., Ariswoyo, S., & Sitepu, H. (2014). Studi Perbandingan Antara Estimasi M Dengan Type Welsch Dengan Least Trimmed Square Dalam Regresi Robust Untuk Mengatasi Adanya Data Pencilan. *Saintia Matematika*, 2(3), 225–235.
- Yuliara, & I Made. (2016). *Regresi Linier Sederhana*. Fisika, 7–41.

PERTEMUAN 13

MENENTUKAN KOEFESIEN DETERMINASI (R^2) DAN SELISIH TAKSIR STANDAR (STANDAR DEVIASI)

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Mahasiswa mampu memahami dan menentukan nilai koefisien determinasi dan selisih taksir standar (standar Deviasi) dari metode peramalan regresi sederhana yang sudah dibuat.

B. URAIAN MATERI

1. Peramalan Kausal

Istilah kausalitas mengacu kepada kejadian sebab akibat dari dua atau beberapa variabel. Hubungan sebab akibat ini terjadi secara otomatis tanpa perlu perantara pengetahuan dan pengalaman ilmu untuk membutikannya. Artinya bahwa suatu kejadian tidak akan terjadi tanpa adanya factor yang menyebabkan terjadinya kejadian tersebut. Namun pengukuran yang dilakukan adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari faktor penyebab ini terhadap terjadinya atau terbentuknya variabel akibat. Kausalitas terbentuk karena adanya keterkaitan suatu kejadian (sebab) dan kejadian berikutnya yaitu akibat atau dampak, dimana kejadian kedua sebagai konsekuensi atas terjadinya kejadian pertama. Dalam ilmu sains kausalitas merupakan suatu asumsi dasar yang gunakan dalam berbagai observasi oleh para ilmuwan dalam kehidupan nyata. Kausalitas akan menciptakan suatu hipotesis atau dugaan sementara sebelum selanjutnya dilakukan penelitian. Pemahaman tentang kausalitas ini kemudian dijadikan dasar dalam meramalkan kejadian-kejadian di masa mendatang berdasarkan faktor penyebabnya.

Model peramalan kausalitas menggambarkan suatu model dari sebab akibat diantara jumlah permintaan terhadap faktor yang menyebabkan jumlah permintaan tersebut naik atau turun. Misalkan saja permintaan suatu produk yang mungkin dipengaruhi oleh pelayanan maupun oleh strategi marketing dengan mengambil data satu periode waktu tertentu misalkan satu tahun terakhir sebagai

dasar analisis. Data yang sudah diambil tersebut kemudian diolah dengan menggunakan model peramalan kausal untuk membuat suatu persamaan kausal. Kemudian persamaan ini dijadikan dasar untuk melakukan prediksi terhadap kemungkinan tercapainya penjualan dengan kenaikan atau penurunan jumlah promosi dan juga pelayanan.

Metode ini dipakai untuk kondisi dimana variable penyebab terjadinya item yang akan diramalkan sudah diketahui. Dengan adanya hubungan tersebut, output dapat diketahui jika input diketahui. Peramalan dengan metode kausal mendasarkan hasil ramalan yang disusun atas pola hubungan antara variabel yang dicari atau diramalkan dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya yang bukan waktu. Dalam analisa ini, diasumsikan bahwa faktor atau variabel yang menunjukkan suatu hubungan pengaruh sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Sebagai contoh, permintaan akan baju baru mungkin berhubungan dengan banyaknya populasi pendapatan masyarakat, jenis kelamin, budaya daerah, dan bulan-bulan khusus. Jadi, maksud dari analisa metode kausal adalah untuk menemukan bentuk pola hubungan yang saling mempengaruhi antara variabel yang dicari dan variabel-variabel yang mempengaruhinya, serta menggunakannya untuk meramalkan nilai-nilai dari Universitas Sumatera Utara variabel pada masa yang akan datang. Metode kausal dapat dipergunakan dalam peramalan dengan keberhasilan yang lebih besar, sehingga sering dipergunakan untuk pengambilan keputusan. Metode kausal ini terdiri dari: 1. Metode regresi dan korelasi Metode regresi dan korelasi

Metoda regresi dan korelasi pada penetapan suatu persamaan estimasi menggunakan teknik "least squares". Hubungan yang ada pertama-tama dianalisis secara statistik. Ketepatan peramalan dengan menggunakan metoda ini sangat baik untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ternyata ketepatannya kurang begitu baik. Metoda ini banyak digunakan untuk peramalan penjualan, perencanaan keuntungan, peramalan permintaan dan peramalan keadaan ekonomi. Data yang dibutuhkan untuk penggunaan metoda ini adalah data kuartalan dari beberapa tahun lalu.

2. Metode Regresi

Analisis regresi pada dasarnya merupakan suatu analisis keterkaitan satu variable terikat (*dependent variable*) terhadap satu atau lebih variable bebas (*Independent Variable*), dengan tujuan untuk memperkirakan atau memprediksikan rata-rata suatu kumpulan (populasi) angka rata-rata dari variable terikat didasarkan pada angka dari variable bebas yang di analisis. Fokusnya adalah pada usaha memaparkan dan menilai keterkaitan diantara satu variabel dengan sejumlah variabel independent (bisa satu atau lebih). Analisis regresi akan menghasilkan koefisien regresi untuk variabel-variabel bebas yang telah diolah. Nilai dari koefisien didapatkan melalui usaha memperkirakan angka variabel terikat dengan satu fungsi (persamaan). Ketika pada analisis korelasi pengamat hanya berfokus pada derajat asosiasi atau koefisien korelasi dari dua peubah atau lebih, maka pada model analisis regresi pengamat akan mendapatkan keterkaitan fungsional antara dua variabel peubah yang dinyatakan dalam bentuk fungsi $Y = a + bX$ yang bisa dikatakan bahwa penduga dari persamaan yang berada pada kelompok atau populasi yang umumnya dituliskan dengan 0 1, atau $= Y X Y X \alpha \beta \beta = ++$ atau untuk variabel bebas di atas satu dituliskan sebagai $= , \dots Y X X \beta \beta ++$. Dengan Analisis regresi pengamat akan mengolah angka penduga $j \beta$ yang relevan dengan angka-angka pada data. Selain itu melalui perhitungan angka penduga $j \beta$ pengamat juga akan melakukan pengujian apakah angka secara signifikansi kuat atau lemah. Model regresi menilai berapa kuatkah suatu variabel dapat berpengaruh terhadap variabel lain yang kemudian bisa dijadikan dasar dalam melakukan perkiraan atau peramalan suatu besaran yang didasarkan dari variabel yang mempengaruhinya. Model regresi mencakup regresi sederhana dan juga regresi berganda.

3. Analisis Keterkaitan (Korelasi)

Analisis keterkaitan (korelasi) memiliki hubungan yang cukup kuat dengan model regresi. Hanya saja jika dilihat pada konsep maka akan ada perbedaan dengan model regresi. Analisis keterkaitan (korelasi) merupakan ukuran dari nilai atau tingkat hubungan keterkaitan linier antar dua variabel. Misalkan saja kita akan

melakukan observasi atau penelitian untuk mengetahui ada tidaknya atau kuat tidaknya pengaruh rokok terhadap penyakit paru-paru maupun kanker pada orang dewasa melalui pendekatan statistik dan juga matematik. Untuk bisa kita mengetahui ada hubungan atau tidak antara kedua variabel tersebut maka kita melihatnya melalui nilai koefisien korelasinya. Koefisien korelasi atau biasa disimbolkan dengan (r) adalah suatu indeks atau besaran yang dipergunakan dalam menilai keterkaitan hubungan diantara variabel-variabel yang diobservasi. Berikut adalah rumus dari koefisien korelasi.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Dimana:

X merupakan variabel *independent* (bebas)

Y merupakan variabel *dependent* (terikat)

n = Jumlah sampel

Dalam suatu hubungan keterkaitan sempurna maka tidak perlu lagi dilakukan pengujian dugaan atau hipotesis, karena diantara variabel sudah memiliki keterkaitan linier yang kuat (sempurna). Artinya bahwa suatu variabel bebas memiliki pengaruh sempurna terhadap variabel terikatnya (Y). Namun jika suatu hubungan keterkaitan sama dengan nol (0) maka tidak ada hubungan antara variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y). Di dalam dunia kerja banyak sekali contoh hubungan dari kedua variabel X dan Y. Misalkan saja hubungan motivasi dengan kepuasan kerja, hubungan pelayanan terhadap kepuasan pelanggan dan masih banyak lagi Analisis keterkaitan sederhana (*Bivariate Correlation*) dipakai sebagai alat untuk mengukur keterkaitan hubungan antara kedua variabel untuk mengetahui arah hubungannya apakah positif atau negatif. Dikatakan hubungannya positif Ketika kenaikan suatu variabel X menyebabkan kenaikan nilai variabel Y dan berlaku juga sebaliknya. Sedangkan dikatakan kedua variabel memiliki hubungan negatif ketika kenaikan variabel X justru menurunkan nilai

variabel Y dan sebaliknya. Koefisien korelasi sederhana menentukan berapa kuat keterkaitan yang terjadi diantara variabel yang diobservasi.

4. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi didefinisikan sebagai populasi penurunan keragaman jumlah yang diakibatkan oleh digunakannya variabel bebas. Semakin besar nilai koefisien determinasi maka semakin besar penurunan keragaman jumlah variable terikat yang diakibatkan oleh dimasukkannya variabel bebas tersebut. Koefisien determinasi (R^2) didefinisikan sebagai perbandingan dari variasi. Lebih mudahnya adalah bahwa koefisien determinasi memberikan informasi kepada kita seberapa besar kontribusi atau peranan suatu variabel bebas terhadap terbentuknya variabel terikat. Misalkan saja Ketika kita bicara promosi yang kemungkinan mempengaruhi besar kecilnya penjualan maka kita bisa menggunakan koefisien determinasi untuk melakukan pengukuran. Sehingga bisa pengambil keputusan bisa mengambil satu kebijakan terkait dengan promosi dalam upaya pencapaian suatu target penjualan.

Rumus yang digunakan

$$R^2 = \frac{((n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y))^2}{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}$$

5. Nilai error peramalan regresi

Nilai error peramalan dengan menggunakan model regresi atau umumnya disebut sebagai selisih taksir standar merupakan besaran angka yang menjelaskan ketepatan atau akurasi dari nilai yang dihasilkan analisis regresi terhadap nilai aktualnya. Angka kesalahan ini digunakan sebagai dasar pengukuran nilai akurasi suatu hipotesis dalam suatu observasi. Misalkan saja didapatkan nilai kesalahan sama dengan nol itu artinya bahwa dugaan tersebut mempunyai nilai akurasi sebesar 100%. Pada fungsi analisis regresi yang telah diperoleh, maka pada angka variabel terikat atau Y yang telah diprediksikan biasanya terjadi selisih antara data aktual dengan nilai peramalannya yang umumnya disebut sebagai kesalahan (error). Supaya bisa mendapatkan nilai akurasi dari fungsi estimasi

maka kita bisa menggunakan selisih taksir standar atau *standard error estimate*. Besar kecilnya nilai kesalahan membuktikan bahwa akurasi fungsi estimasi bertujuan menyatakan angka variabel terikat yang sebenarnya. Artinya bahwa semakin sedikit angka error maka akurasi dari sebuah model regresi semakin besar, sehingga mampu menjelaskan angka dari *variable dependent* yang sebenarnya. Namun jika kesalahan dari suatu model regresi semakin besar maka akurasi atau ketepatan semakin kecil dalam menjelaskan angka variabel *dependent* yang sebenarnya. Nilai error dari suatu penduga atau selisih taksir standar dari regresi merupakan angka yang menjelaskan berapa besar perbedaan angka yang dihasilkan dari model regresi dengan angka aktualnya. Angka ini dipakai untuk mengetahui tingkat akurasi dari suatu perkiraan terhadap suatu angka. Apabila angka tersebut sama dengan nol artinya suatu penduga mempunyai nilai akurasi sebesar 100. Selisih taksir standar bisa dihasilkan dengan menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$S_{y/x} = S_{x,y} = Se = \sqrt{\frac{\Sigma(Y - Y')^2}{n - 2}}$$

atau

$$S_{x/y} = S_{y,x} = Se = \sqrt{\frac{\Sigma(X - Y')^2}{n - 2}}$$

Dimana:

Se = Nilai error taksir standar

Y atau X = angka aktual

Y' atau X' = nilai peramalan atau prediksi dari variabel

n = jumlah periode atau data

6. Contoh Kasus

Tabel di bawah ini ditampilkan data tentang masa kerja dengan pencapaian penjualan.

Dimana masa kerja (tahun) merupakan variabel bebas atau X dan besar penjualan sebagai variabel terikat atau Y.

X	2	3	2	5	6	1	4	1
Y	5	8	8	7	11	3	10	4

Dari data di atas tentukanlah:

- Fungsi (persamaan) regresi
- Angka estimasi Y apabila nilai $X = 8$
- Nilai koefisien determinasi
- Nilai selisih taksir standar

Jawab

Untuk menyelesaikan persoalan di atas pertama yang kita lakukan adalah dengan membuat tabel perhitungan agar penyelesaian persoalan lebih mudah.

Tabel 13.1 Tabulasi data masa kerja dengan penjualan

X	Y	X ²	Y ²	XY
2	5	4	25	10
3	8	9	64	24
2	8	4	64	16
5	7	25	49	35

X	Y	X ²	Y ²	XY
6	11	36	121	66
1	3	1	9	3
4	10	16	100	40
1	4	1	16	4
24	56	96	448	198

$$\bar{X} = \frac{24}{8} = 3 \quad \bar{Y} = \frac{56}{8} = 7$$

Setelah itu kita tentukan nilai a dan b dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Atau dengan menggunakan rumus

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \bar{Y} - b.\bar{X}$$

Cara pertama

$$a = \frac{(56)(96) - (24)(198)}{(8)(96) - (24)^2}$$

$$a = \frac{5.376 - 4.752}{768 - 576} = 3,25$$

$$b = \frac{(8)(198) - (24)(56)}{(8)(96) - (24)^2}$$

$$b = \frac{1.584 - 1.344}{768 - 576} = 1,25$$

Catatan:

Apabila kita menggunakan cara kedua juga akan diperoleh nilai a dan b yang sama dengan nilai a dan b yang dihasilkan dari cara pertama

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan bahwa nilai $a = 3.25$ kemudian besarnya b adalah 1.25 sehingga model regresi yang didapatkan adalah $Y' = 3.25 + 1.25X$, sekaligus menjawab pertanyaan pertama.

Kemudian untuk menjawab pertanyaan kedua yaitu berapa nilai duga Y jika X sebesar 8, maka kita tinggal masukan nilai $X = 8$ ke dalam persamaan regresi yang sudah dibuat. Sehingga nilai prediksi Y, apabila X sebesar 3.5 adalah sebagai berikut:

$$Y = 3.5 + 1.25X$$

$$Y = 3.5 + 1.25(3.5)$$

$$= 7.6$$

Berikutnya adalah menjawab pertanyaan ketiga yaitu tentukan nilai koefesien determinasi:

$$R^2 = \frac{((n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y))^2}{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}$$

$$R^2 = \frac{((8)(198) - (24)(56))^2}{(8(96) - (24)^2)(8(448) - (56)^2)}$$

$$R^2 = \frac{(1584 - 1344)^2}{(768 - 576)(3584 - 3136)}$$

$$R^2 = \frac{(240)^2}{(192)(448)}$$

$$R^2 = \frac{57600}{86016}$$

$$R^2 = 0.6696$$

Angka determinasi (R^2) didapatkan sebesar 0,6696, yang berarti bahwa masa kerja memiliki kontribusi atau sumbangsih pada kenaikan dan penurunan jumlah penjualan senilai 66,96%. Sedangkan 33,04% lainnya dikarenakan factor berbeda yang tidak dimasukkan dalam observasi.

Berikutnya adalah menghitung nilai taksir standar, dengan terlebih dahulu membuat tabel perhitungan agar lebih mudah dalam proses analisis. Pada perhitungan sebelumnya didapatkan bahwa persamaan regresi dari persoalan di atas adalah $Y = 3,25 + 1,25X$. Maka untuk menghitung nilai taksir standar kita masukan dulu semua nilai X aktual ke dalam persamaan regresi yang sudah didapatkan untuk memperoleh nilai Y' atau Y estimasi. Caranya adalah sebagai berikut:

Misalkan pada baris pertama nilai $X = 2$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(2)$$

$$Y' = 5.8$$

Baris kedua Nilai $X = 3$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(3)$$

$$Y' = 7.0$$

Baris ketiga Nilai $X = 2$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(2)$$

$$Y' = 5.8$$

Baris keempat Nilai $X = 5$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(5)$$

$$Y' = 9.5$$

Baris kelima Nilai $X = 6$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(6)$$

$$Y' = 10.8$$

Baris keenam Nilai $X = 1$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(1)$$

$$Y' = 4.5$$

Baris ketujuh Nilai $X = 4$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(4)$$

$$Y' = 8.3$$

Baris kedelapan Nilai $X = 1$

$$Y' = 3.5 + 1.25(X)$$

$$Y' = 3.5 + 1.25(1)$$

$$Y' = 4.5$$

Sehingga secara lengkap bisa kita tampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 13.2 Hasil Perhitungan Nilai Y Estimasi (Y')

X	Y	Y'	$Y - Y'$	$(Y - Y')^2$
2	5	5.8	-0.75	0.56
3	8	7.0	1.00	1.00
2	8	5.8	2.25	5.06
5	7	9.5	-2.50	6.25

X	Y	Y'	Y - Y'	(Y - Y') ²
6	11	10.8	0.25	0.06
1	3	4.5	-1.50	2.25
4	10	8.3	1.75	3.06
1	4	4.5	-0.50	0.25
				18.50

Setelah menampilkan dalam bentuk tabel maka selanjutnya nilai total (Y - Y')² kita masukan ke dalam rumus selisih taksir standar.

$$Se = \sqrt{\frac{(Y - Y')^2}{n - 2}}$$

$$Se = \sqrt{\frac{18.50}{6}}$$

$$Se = 1.8$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai taksir standar persoalan di atas adalah sebesar 1.8. Secara khusus memang tidak dijelaskan besar nilai yang disarankan namun jika dilihat maka nilai 1.8 masih relatif kecil.

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Apa yang dimaksud dengan koefisien determinasi
2. Jelaskan tentang selisih taksir standar
3. Diketahui data sebagai berikut:

Y	X
---	---

20	5
22	6
25	4
19	6
26	3
24	7

Dari data tersebut di atas tentukan:

- Fungsi (Persamaan) regresi
- Kemungkinan besarnya Y apabila $X = 8$
- Nilai koefisien determinasi (R^2)
- Selisih taksir standar

D. REFERENSI

Agil Saputro, B. P. (2016). Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode Exponential Smoothing Pada PT. Semen Indonesia (Persero). Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.

Assauri Sofjan. 1984. Teknik dan Metode Peramalan (Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha). Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

Candra, A. (2019). Pengendalian Persediaan Material Pada Produksi Hot Mix Dengan Pendekatan Metode Economic Order Quantity (Eoq). *Jitmi (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 1(2), 145-153.

Douglas C. Montgomery, E. A. (2015). Introduction to Linear Regression Analysis,. Fifth Edition 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.

Gasperz, Vincent. 2008. Production Planning And Inventory Control. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama

Makridakis Spyros, dkk. 2002. Metode dan Aplikasi Peramalan. Tangerang Selatan : Binarupa Aksara.

Murahartawaty. (2009). Peramalan. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.

Vivi Putri, M. (2019). Konsep Dasar Peramalan

Sugiyono. 2012. Statistik Untuk Penelitian. Bandung : Alfabeta.

Sudjana. 2005. Metode Statistika. Bandung: Tarsito.

Supangat, Andi. Statistika dalam Kajian Deskriptif, Inferensi, dan Nonparametrik

.

PERTEMUAN 14

METODE PERAMALAN REGRESI BERGANDA

A. TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari materi regresi berganda diharapkan mahasiswa mampu menghitung nilai peramalan dengan menggunakan metode peramalan regresi berganda

B. URAIAN MATERI

1. Peramalan Kausal

Istilah kausalitas mengacu kepada kejadian sebab akibat dari dua atau beberapa variabel. Hubungan sebab akibat ini terjadi secara otomatis tanpa perlu perantara pengetahuan dan pengalaman ilmu untuk membutikannya. Artinya bahwa suatu kejadian tidak akan terjadi tanpa adanya factor yang menyebabkan terjadinya kejadian tersebut. Namun pengukuran yang dilakukan adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari faktor penyebab ini terhadap terjadinya atau terbentuknya variabel akibat. Kausalitas terbentuk karena adanya keterkaitan suatu kejadian (sebab) dan kejadian berikutnya yaitu akibat atau dampak, dimana kejadian kedua sebagai konsekuensi atas terjadinya kejadian pertama. Dalam ilmu sains kausalitas merupakan suatu asumsi dasar yang gunakan dalam berbagai observasi oleh para ilmuwan dalam kehidupan nyata. Kausalitas akan menciptakan suatu hipotesis atau dugaan sementara sebelum selanjutnya dilakukan penelitian. Pemahaman tentang kausalitas ini kemudian dijadikan dasar dalam meramalkan kejadian-kejadian di masa mendatang berdasarkan faktor penyebabnya.

Model peramalan kausalitas menggambarkan suatu model dari sebab akibat diantara jumlah permintaan terhadap faktor yang menyebabkan jumlah permintaan tersebut naik atau turun. Misalkan saja permintaan suatu produk yang mungkin dipengaruhi oleh pelayanan maupun oleh strategi marketing dengan mengambil data satu periode waktu tertentu misalkan satu tahun terakhir sebagai dasar analisis. Data yang sudah diambil tersebut kemudian diolah dengan

menggunakan model peramalan kausal untuk membuat suatu persamaan kausal. Kemudian persamaan ini dijadikan dasar untuk melakukan prediksi terhadap kemungkinan tercapainya penjualan dengan kenaikan atau penurunan jumlah promosi dan juga pelayanan.

Metode ini dipakai untuk kondisi dimana variable penyebab terjadinya item yang akan diramalkan sudah diketahui. Dengan adanya hubungan tersebut, output dapat diketahui jika input diketahui. Peramalan dengan metode kausal mendasarkan hasil ramalan yang disusun atas pola hubungan antara variabel yang dicari atau diramalkan dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya yang bukan waktu. Dalam analisa ini, diasumsikan bahwa faktor atau variabel yang menunjukkan suatu hubungan pengaruh sebab akibat dengan satu atau lebih variabel bebas. Sebagai contoh, permintaan akan baju baru mungkin berhubungan dengan banyaknya populasi pendapatan masyarakat, jenis kelamin, budaya daerah, dan bulan-bulan khusus. Jadi, maksud dari analisa metode kausal adalah untuk menemukan bentuk pola hubungan yang saling mempengaruhi antara variabel yang dicari dan variabel-variabel yang mempengaruhinya, serta menggunakannya untuk meramalkan nilai-nilai dari Universitas Sumatera Utara variabel pada masa yang akan datang. Metode kausal dapat dipergunakan dalam peramalan dengan keberhasilan yang lebih besar, sehingga sering dipergunakan untuk pengambilan keputusan. Metode kausal ini terdiri dari: 1. Metode regresi dan korelasi Metode regresi dan korelasi

Metoda regresi dan korelasi pada penetapan suatu persamaan estimasi menggunakan teknik "least squares". Hubungan yang ada pertama-tama dianalisis secara statistik. Ketepatan peramalan dengan menggunakan metoda ini sangat baik untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ternyata ketepatannya kurang begitu baik. Metoda ini banyak digunakan untuk peramalan penjualan, perencanaan keuntungan, peramalan permintaan dan peramalan keadaan ekonomi. Data yang dibutuhkan untuk penggunaan metoda ini adalah data kuartalan dari beberapa tahun lalu.

2. Metode Regresi

Analisis regresi pada dasarnya merupakan suatu analisis keterkaitan satu variable terikat (*dependent variable*) terhadap satu atau lebih variable bebas (*Independent Variable*), dengan tujuan untuk memperkirakan atau memprediksikan rata-rata suatu kumpulan (populasi) angka rata-rata dari variable terikat didasarkan pada angka dari variable bebas yang di analisis. Fokusnya adalah pada usaha memaparkan dan menilai keterkaitan diantara satu variabel dengan sejumlah variabel independent (bisa satu atau lebih). Analisis regresi akan menghasilkan koefisien regresi untuk variabel-variabel bebas yang telah diolah. Nilai dari koefisien didapatkan melalui usaha memperkirakan angka variabel terikat dengan satu fungsi (persamaan). Ketika pada analisis korelasi pengamat hanya berfokus pada derajat asosiasi atau koefisien korelasi dari dua peubah atau lebih, maka pada model analisis regresi pengamat akan mendapatkan keterkaitan fungsional antara dua variabel peubah yang dinyatakan dalam bentuk fungsi $Y = a + bX$ yang bisa dikatakan bahwa penduga dari persamaan yang berada pada kelompok atau populasi yang umumnya dituliskan dengan 0 1, atau $= Y X Y X \alpha \beta \beta = ++$ atau untuk variabel bebas di atas satu dituliskan sebagai $= , \dots Y X X \beta \beta ++$. Dengan Analisis regresi pengamat akan mengolah angka penduga $j \beta$ yang relevan dengan angka-angka pada data. Selain itu melalui perhitungan angka penduga $j \beta$ pengamat juga akan melakukan pengujian apakah angka secara signifikansi kuat atau lemah. Model regresi menilai berapa kuatkah suatu variabel dapat berpengaruh terhadap variabel lain yang kemudian bisa dijadikan dasar dalam melakukan perkiraan atau peramalan suatu besaran yang didasarkan dari variabel yang mempengaruhinya. Model regresi mencakup regresi sederhana dan juga regresi berganda.

3. Analisis Regresi Linier Sederhana

Regresi linear sederhana merupakan prosedur statistik yang dimana dapat berfungsi sebagai pemeriksa sejauh mana hubungan antar Variabel determinan (X) dengan kausal dan oleh karena itu Variabel akibat. X biasanya melambangkan Faktor penyebab yang biasa disebut juga sebagai Predictor, sedangkan Y

melambangkan variabel efek yang bias juga disebut sebagai respon. Regresi linear sederhana sering kali disingkat menjadi *SLR (Simple Linear Regression)* itu adalah prosedur statistik yang digunakan pada sebuah produksi untuk memprediksi suatu karakteristik dari kualitas dan kuantitas. Contoh dalam produksi menggunakan analisis regresi linier sederhana meliputi:

- a. Hubungan antara durasi kegagalan mesin dan kualitas barang dagangan yang diproduksi
- b. Hubungan antara jumlah pekerja dan produksi yang diproduksi
- c. Hubungan antara suhu dan oleh karena itu Cacat Produksi yang dihasilkan.

Variabel yang mempengaruhi peramalan melalui analisis statistik berdasarkan dari hasil peramalan yang disusun selama pola hubungan antara variabel yang dicari atau diprediksi adalah variabel waktu. Apabila peramalan memakai analisis cross-sectional didasarkan pada ketetapan atau hasil dari peramalan yang disusun selama pola hubungan antara variabel yang dicari atau diprediksi dan variabel yang memengaruhi atau tidak bergantung pada waktu Anda. Pada metode regresi, variabel yang umumnya dapat diprediksi, seperti permintaan atau penjualan pada suatu produk, maka dinyatakan sebagai variabel dependen atau terikat. Variabel independen bisa mempengaruhi variabel tersebut. Keterikatan antara variabel independen dengan variabel yang dicari dapat berupa fungsi. Pada dasarnya ada dua macam analisis hubungan dalam menyusun prakiraan, yaitu:

- a. analisis statistik (deret waktu)
- b. Analisis cross-sectional atau model sebab dan akibat (model kausal)

Pada metode ini terdapat data yang akan digunakan untuk bahan sebagai pembentuk persamaan regresi:

$$Y = a + bX$$

y: variabel dependen

a: konstanta

b: koefisien variabel x

x: variabel independen

Dimana Y berlaku sebagai variabel prediktif, kemudian X merupakan koefisien waktu dan a dan b merupakan parameter atau statistik. Agar bisa mendapatkan garis yang sejajar atau garis lurus, maka kita perlu melihat besaran a dan b, dimana besaran a dan b adalah nilai konstanta yang tidak dapat berubah dalam analisis yang diberikan, yaitu untuk memperoleh besaran a dan b, maka pada nilai X atau variasi koefisien waktu Y umumnya diperoleh. Teknik dan metode yang berlaku pada dasarnya mendasari proses analisis dalam upaya agar memperoleh garis yang sejajar atau puncak dari titik distribusi data yang diamati. Analisis deret waktu dan model kausal memiliki kelebihan atau keunggulan dibandingkan dengan lainnya pada suatu keadaan tertentu. Keunggulannya salah satunya bahwa model statistik sering digunakan dengan mudah dalam prediksi, sedangkan model kausal sering digunakan dalam prediksi dengan tingkat kredibilitas yang sangat baik, biasanya digunakan dalam mengambil keputusan dan kebijakan.

Jika dalam peramalan memerlukan suatu data, maka hubungan yang digunakan pada ramalan dihipotesiskan sebagai fungsi waktu, atau fungsi variabel lain yang bukan waktu, dan kemudian peretasan selesai. Nilai a dan b bisa didapatkan dengan cara dihitung memakai rumus yang ada dibawah ini :

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

(Yuliara & I Made, 2016)

Berikut adalah cara untuk melakukan Analisis Regresi Linier Sederhana, yaitu:

- Menentukan tujuan dilakukannya analisis regresi linier sederhana
- Identifikasi variabel faktor penyebab (prediktor) dan variabel pengaruh (respon)
- Melakukan pengumpulan data
- Menghitung X^2 , Y^2 , XY dan jumlahnya masing-masing
- Menghitung a dan b sesuai dengan rumus di atas.

- f. Buat model persamaan regresi linier sederhana.
- g. Membuat prediksi atau prediksi variabel faktor penyebab atau variabel efek.
- h. Persyaratan regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:
- i. Data berupa rentang atau proporsi
- j. Data berdistribusi normal
- k. Hubungan garis lurus antara variabel X dan Y adalah untuk bisa mengetahui suatu persamaan regresi linier diperlukan yang artinya terdapat korelasi, sehingga dapat ditentukan bentuk hubungannya:
 x meningkat $\diamond$ Y meningkat / x menurun $\diamond$ Y menurun
 x meningkat $\diamond$ Y berkurang / x menurun $\diamond$ Y meningkat

4. Analisis Keterkaitan (Korelasi)

Analisis keterkaitan (korelasi) memiliki hubungan yang cukup kuat dengan model regresi. Hanya saja jika dilihat pada konsep maka akan ada perbedaan dengan model regresi. Analisis keterkaitan (korelasi) merupakan ukuran dari nilai atau tingkat hubungan keterkaitan linier antar dua variabel. Misalkan saja kita akan melakukan observasi atau penelitian untuk mengetahui ada tidaknya atau kuat tidaknya pengaruh rokok terhadap penyakit paru-paru maupun kanker pada orang dewasa melalui pendekatan statistik dan juga matematik. Untuk bisa kita mengetahui ada hubungan atau tidak antara kedua variabel tersebut maka kita melihatnya melalui nilai koefisien korelasinya. Koefisien korelasi atau biasa disimbolkan dengan (r) adalah suatu indeks atau besaran yang dipergunakan dalam menilai keterkaitan hubungan diantara variabel-variabel yang diobservasi. Berikut adalah rumus dari koefisien korelasi.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Dimana:

X merupakan variabel *independent* (bebas)

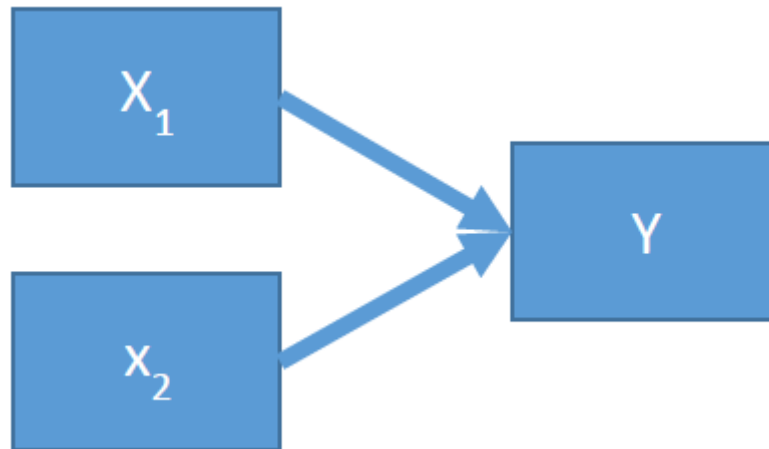
Y merupakan variabel *dependent* (terikat)

n = Jumlah sampel

Dalam suatu hubungan keterkaitan sempurna maka tidak perlu lagi dilakukan pengujian dugaan atau hipotesis, karena diantara variabel sudah memiliki keterkaitan linier yang kuat (sempurna). Artinya bahwa suatu variabel bebas memiliki pengaruh sempurna terhadap variabel terikatnya (Y). Namun jika suatu hubungan keterkaitan sama dengan nol (0) maka tidak ada hubungan antara variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y). Di dalam dunia kerja banyak sekali contoh hubungan dari kedua variabel X dan Y. Misalkan saja hubungan motivasi dengan kepuasan kerja, hubungan pelayanan terhadap kepuasan pelanggan dan masih banyak lagi Analisis keterkaitan sederhana (*Bivariate Correlation*) dipakai sebagai alat untuk mengukur keterkaitan hubungan antara kedua variabel untuk mengetahui arah hubungannya apakah positif atau negatif. Dikatakan hubungannya positif Ketika kenaikan suatu variabel X menyebabkan kenaikan nilai variabel Y dan berlaku juga sebaliknya. Sedangkan dikatakan kedua variabel memiliki hubungan negatif ketika kenaikan variabel X justru menurunkan nilai variabel Y dan sebaliknya. Koefisien korelasi sederhana menentukan berapa kuat keterkaitan yang terjadi diantara variabel yang diobservasi.

5. Metode Peramalan Regresi Berganda

Uji regresi berganda dapat merupakan uji korelasi antara variabel independen yang cukup SMA dengan dua variabel untuk variabel tersebut. Untuk lebih jelasnya untuk korelasi ganda dengan dua variabel bebas sebagai berikut:



Gambar 14.1 Jalur Regresi ganda dua Variabel

Dari gambar di atas kita akan menyimpulkan bahwa ada hubungan antara X_1 dan Y , X_2 dan Y dan oleh karena itu hubungan X_1 dan X_2 di sepanjang sisi Y . Persyaratan untuk melakukan uji korelasi ganda adalah:

- Data umumnya didistribusikan untuk semua data, baik data independen maupun variabel.
- Korelasi, yaitu adanya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat
- Uji t terpenuhi yaitu uji besar pentingnya korelasi antar variabel individu maupun parsial.
- Terpenuhinya uji F yaitu banyaknya uji pentingnya korelasi secara bersama-sama atau simultan.

Dalam menggunakan model regresi linier berganda, maka diperlukan informasi berupa skala interval atau rasio untuk digunakan. Tapi apabila ukuran pada bentuk ordinal masih juga dipaksa untuk tetap memakai model regresi linier berganda, maka koefisien korelasi yang minim akan diperoleh dan tidak akan dapat memenuhi keinginan yang tidak perlu dikatakan pada model regresi. Ketetapan penelitian ini berupa skala ordinal hingga metode data interval berurutan digunakan untuk penyelesaian transformasi informasi menjadi skala interval. Kemudian bila transformasi telah selesai maka akan memperoleh model regresi yang dapat digunakan di data interval, oleh karena itu anggapan beberapa model

regresi linier berganda mempunyai koefisien determinasi yang lebih tinggi dan terpenuhi, sementara data ordinal digunakan pada model regresi linear sehingga anggapan regresi linier berganda adalah tidak bertemu. Metode regresi linier berganda adalah sebuah teknik analisis yang menjelaskan hubungan antara dua variabel atau lebih, khususnya antar variabel yang mengandung sebab dan akibat yang disebut analisis regresi. Maka dari itu, sehubungan dengan uraian di atas, penelitian kali ini memiliki tujuan untuk menentukan peramalan produksi menggunakan metode regresi linier berganda. Terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan regresi linier berganda yaitu data harus numerik, linier, normal, tidak ekstrim, non homoseicity, non multikolinearitas dan non autokorelasi. Oleh karena itu, dalam metode ini perlu dilakukan pengujian dugaan klasik dan pengujian viabilitas model.

Model regresi dibentuk dengan menggunakan estimasi variabel yang disebut regresi estimasi y pada x , yang mungkin merupakan rumus matematika untuk memberitahukan hubungan dari satu variabel ke variabel lainnya yang nilainya dipahami dan variabel yang nilainya tidak diketahui. Perlu diyakini terlebih dahulu dalam menggunakan model regresi, bahwa variabel-variabel yang digunakan untuk membuat model tersebut memiliki hubungan teoritis atau sering kali sebelumnya sudah diperkirakan. Ini bisa terjadi berkat hubungan antara variabel di dalam model regresi mungkin merupakan hubungan kausal. Variabel-variabel dalam model regresi terbagi menjadi dua variabel, yaitu variabel eksperimental dan variabel terikat. Variabel eksperimental dapat berupa variabel yang mempunyai nilai untuk mempengaruhi variabel lain, dan dapat berupa variabel yang nilainya dipengaruhi dengan keberadaan variabel lain.

Pada perkembangan regresi linear berganda dibedakan menjadi dua, antara lain regresi linear sederhana dan regresi linear berganda. Regresi linear sederhana adalah merupakan model regresi linier yang tidak akan menggambarkan hubungan antara variabel eksperimental dan variabel terikat. Model regresi linear berganda adalah suatu pengembangan dari model regresi linear sederhana. Biasanya pada regresi linear sederhana hanya memiliki satu variabel eksperimental dan satu variabel terikat, sementara di dalam regresi linear berganda jumlah variabel bebas adalah satu dan satu variabel terikat. Karena adanya penambahan pada variabel

bebas, maka klasifikasi umum persamaan regresi linear berganda yang menggabungkan dua atau lebih variabel bebas adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n.$$

Dalam metode ini, penggunaannya didasari pada variabel-variabel yang ada yang dapat mempengaruhi hasil peramalan. Sebelum melakukan prediksi dengan metode regresi hal-hal yang perlu diketahui adalah memahami kondisi seperti:

- Adanya informasi sebelumnya
- Informasi yang ada dapat dibuat dalam bentuk data (terkuantifikasi)
- Didugaankan bahwa standar data yang ada dari data sebelumnya akan berkelanjutan di masa mendatang.

Dalam regresi linier berganda terdapat beberapa variabel independen dengan variabel dependen. Jika variabel bebasnya adalah $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$ ($X \geq 2$) dan variabel dependen adalah Y , maka bentuk umum persamaan regresi linier berganda, yaitu

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + \dots + b_n X_n$$

Penentuan nilai a, b_1, b_2

$$\begin{aligned}\sum Y &= a.n + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 \\ \sum X_1 Y &= a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 Y &= a \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2\end{aligned}$$

Keterangan Notasi:

Y = nilai estimasi atau prediksi

a = nilai Y pada perpotongan antara garis linier dengan sumbu vertikal Y

X = nilai variabel *independent*

b = slop yang berhubungan dengan variabel $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

6. Contoh Analisis Linear Berganda

Hasil survey di PT. CDE untuk mengidentifikasi data yang diperlukan, seperti data kebutuhan promosi selama 1 tahun terakhir. Berikut data – data yang diperoleh dari PT.CDE pada Tabel berikut:

Tabel 14.1 Data yang digunakan dalam penelitian

No	Bulan	Promosi (X_1)	Harga (X_2)	Jumlah Produk yang dijual (Y)
1	Apr - 2018	4	18	11
2	Mei - 2018	2	12	15
3	Jun - 2018	5	17	12
4	Jul - 2018	3	15	14
5	Aug - 2018	3	19	10
6	Sep- 2018	5	20	9
7	Oct - 2018	2	17	18
8	Nov - 2018	6	13	17
9	Des- 2018	4	14	12
10	Jan - 2019	2	19	14

Tentukan estimasi Keputusan Konsumen untuk membeli jika promosi sebesar 10 dan harga sebesar 20, dengan terlebih dahulu menguji persamaan regresinya.

Tabel 14.2 Perhitungan Koefisien Regresi

Bulan 2018	X ₁	X ₂	Y	X ₁ ²	X ₂ ²	Y ²	X ₁ .X ₂	X ₁ . Y	X ₂ .Y	(X ₁ - xi) ²	(X ₂ - xi) ²	Y1	(Y-Y1)
Apr	9	18	23	81	324	529	162	207	414	17.64	2.56	29.96	48.44
Mei	2	12	8	4	144	64	24	16	96	7.84	144	17.48	89.87
Jun	5	17	14	25	289	196	85	70	238	96.04	0.36	25.84	140.19
Jul	3	15	17	9	225	289	45	51	255	60.84	1.96	21.92	24.21
Aug	10	19	23	100	361	529	190	230	437	27.04	6.76	31.92	79.57
Sep	5	20	22	25	400	484	100	110	440	0.04	12.96	29.56	57.15
Oct	2	17	11	4	289	121	34	22	187	7.84	0.36	23.68	160.78
Nov	6	13	13	36	169	169	78	78	169	1.44	11.56	21.6	73.96
Des	4	14	20	16	196	400	56	80	280	0.64	5.76	21.4	1.96
Jan-19	2	19	15	4	361	225	38	30	285	7.84	6.76	26.16	124.55
Σ	48	164	166	304	2758	3006	812	894	2801	227.2	193.04	249.52	800.67

Persamaan Regresi

$$166 = 10a + 48b_1 + 164b_2 \dots \dots \dots (1)$$

$$894 = 48a + 304b_1 + 812b_2 \dots \dots \dots (2)$$

$$2801 = 164a + 812b_1 + 2758b_2 \dots \dots \dots (3)$$

Persamaan (1) dikalikan 24, persamaan (2) dikalikan 5

$$3984 = 240a + 1152b_1 + 3936b_2$$

$$4470 = 240a + 1520b_1 + 4060b_2 \quad -$$

$$-486 = 0 \quad +(-368b_1) + (-124b_2)$$

$$-486 = (-368b_1) + (-124b_2) \dots \dots \dots (4)$$

Persamaan (1) dikalikan 82, persamaan (2) dikalikan 5

$$13612 = 820a + 3936b_1 + 13448b_2$$

$$14005 = 820a + 4060b_1 + 13780b_2 \quad -$$

$$-393 \quad \quad = 0 \quad + (-124b_1) + (-332b_2)$$

$$-393 \quad \quad = (-124b_1) + (-332b_2) \dots \dots \dots (5)$$

Persamaan (4) dikalikan 31, persamaan (5) dikalikan 92

$$-14508 = -11408b_1 - 620b_2$$

$$-36156 = -11408b_1 - 30544b_2 \quad -$$

$$21648 = 0 \quad + 29924b_2$$

$$b_2 = 0,72$$

Harga b_2 dimasukkan ke salah satu persamaan (5)

$$-393 = -124b_1 - 332(0,72)$$

$$-393 = -124b_1 - 239,04$$

$$124b_1 = 153,96$$

$$b_1 = 1,24$$

Harga b_1 dan b_2 dimasukkan ke persamaan 1

$$166 = 10a + 48(1,24) + 164(0,72)$$

$$166 = 10a + 59,52 + 118,08$$

$$10a = -166 + 59,52 + 118,08$$

$$10a = 11,6$$

$$a = 1,16$$

$$\text{Jadi } Y = 1,16 + 0,72X_1 + 1,24X_2$$

Untuk promosi sebesar 10 dan harga sebesar 20, nilai estimasinya adalah:

$$Y = 1,16 + 0,72X_1 + 1,24X_2$$

$$Y = 1,16 + 0,72(10) + 1,24(20)$$

$Y = 33,16$ dibulatkan menjadi 33

C. LATIHAN SOAL/TUGAS

1. Apa yang dimaksud dengan Regresi Berganda?
2. Buatlah persamaan regresi linier dari data pada tabel di bawah ini menggunakan rumus dasar, kemudian hitunglah nilai prediksi berat badan jika usia 6 tahun dan tinggi 100 cm.

Usia	Tinggi	Berat Badan
11	137	35
10	125	43
8	105	39
12	121	37
7	97	41
9	128	45
7	108	32
8	105	42
10	137	41
9	98	37
10	125	43
8	115	39

D. REFERENSI

- Andi, D. (2015). *Universitas Sumatera Utara* 7. 7–37.
- Candra, A. (2019). Pengendalian Persediaan Material Pada Produksi Hot Mix Dengan Pendekatan Metode Economic Order Quantity (Eoq). *Jitmi (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 1(2), 145-153.
- Douglas C. Montgomery, E. A. (2015). *Introduction to Linear Regression Analysis*,. Fifth Edition 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
- Gasperz, Vincent. 2008. *Production Planning And Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Rahmawati. (2019). Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk. 2(March), 46–52.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2012. *Statistik Untuk Penelitian*. Bandung : Alfabeta.
- Supangat, Andi. *Statistika dalam Kajian Deskriptif, Inferensi, dan Nonparametrik*

GLOSSARIUM

Average adalah beberapa istilah metode persediaan akhir yang biasa digunakan dalam berbagai industri

Data historis merupakan data yang digunakan dalam penelitian dengan metode sejarah

Demografi. Perkiraan populasi menurut negara dan wilayah merupakan perkiraan, seringkali dikelompokkan berdasarkan variabel seperti jenis kelamin, usia dan ras

Galat adalah sumber variasi data yang tidak dapat dimasukkan ke dalam model.

Inventory adalah bahan atau barang yang penyimpanannya digunakan untuk tujuan-tujuan tertentu

Koefisien Determinasi atau r^2 adalah rasio jumlah regresi kuadrat (SSR) dengan jumlah total kuadrat (SST)

Konstanta adalah suatu bilangan tunggal yang nilainya tetap atau tidak berubah-ubah (konstan).

Korelasi adalah cara untuk mencari suatu hubungan antara dua variabel

Metode Exponential merupakan sistem perbaikan terus-menerus untuk menentukan objek persepsi terbaru.

Moving Average adalah salah satu indikator analisis teknikal yang populer digunakan oleh trader dan investor.

MPS (Master Production Schedule) adalah pernyataan tentang produk akhir (termasuk part pengganti dan suku cadang) dari perusahaan industri manufaktur yang merencanakan memproduksi output berhubungan dengan kuantitas dan periode waktu

MRP (Material Requirement Planning) Untuk menjamin kelancaran produksi, ketepatan waktu penerimaan bahan baku dan bahan pendukung lainnya oleh pihak produksi merupakan faktor yang sangat penting.

Over Capacity kejadian dimana kapasitas melebihi dari batas maksimal

Parameter adalah tempat penyimpanan (variabel) di dalam function,

Pembobotan parameter adalah untuk mengekspresikan seberapa besar pengaruh suatu parameter terhadap parameter lainnya.

Peramalan adalah aktivitas penting pertama yang diperlukan dalam perencanaan dan penjadwalan proses.

Peramalan dengan metode kausal merupakan hasil ramalan yang disusun atas pola hubungan antara variabel yang dicari atau diramalkan

Pola Data Salah satu hal penting dalam peramalan

POQ (Period order quantity) merupakan salah satu pengembangan dari metode EOQ, yaitu dengan mentransformasi kuantitas pemesanan menjadi frekuensi pemesanan yang optimal

Regresi adalah metode statistik yang dipakai untuk memperkirakan hubungan antara sebuah variabel terikat dan satu variabel independen atau lebih

SFC(Shop Floor Control) adalah sistem perangkat lunak metode dan alat yang digunakan untuk melacak, menjadwalkan, dan melaporkan kemajuan pekerjaan di pabrik.

Simpangan rata-rata adalah nilai rata-rata hitung dari harga mutlak simpangan-simpangannya

Simple Moving Average adalah rata-rata pergerakan aritmatika yang dihitung dengan menambahkan harga terkini dan kemudian membagi angka tersebut dengan jumlah periode waktu dalam rata-rata yang dihitung

Tren Non Linier adalah suatu ukuran kecenderungan yang memiliki model dengan persamaan pangkat dua, pangkat tiga dan selanjutnya

Variabel dependen adalah variabel yang disebabkan/ dipengaruhi oleh adanya variabel bebas/ variabel independen.

Variabel Independen adalah variable yang bebas

DAFTAR PUSTAKA

- Aden, A. (2018). Analisis Komparasi Estimasi Jumlah Penjualan Produk Dengan Metode Eksponensial Tunggal Pendekatan Adaptif Dan Metode Eksponensial Ganda Dua Parameter Dari Holt. *Jurnal SaintikaUnpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam*, 1(1), 1-19.
- Aden, A. (2020). *Forecasting The Eksponential Smoothing Methods*.
- Aden. (2020). *Forecasting The Eksponetial Smoothing Methods* (Ilmadi (ed.); Issue 1). Tangerang Selatan: Unpam Press.
- Agil Saputro, Bambang Purwanggono, 2016. *Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode Exponential Smoothing Pada PT. Semen Indonesia (Persero)*. Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Alfarisi, S. (2017). Sistem Prediksi Penjualan Gamis Toko QITAZ Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing. *JABE (Journal of Applied Business and Economic)*, 4(1), 80-95.
- Andi, D. (2015). *Universitas Sumatera Utara* 7. 7–37.
- Assauri Sofjan. 1984. *Teknik dan Metode Peramalan (Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha)*. Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Basuki, A. T. (2020). *Metode Kuadrat Terkecil (Least Square Method)*.
- Berry, W. L., & Bliemel, F. W. (1974). Selecting Exponential Smoothing constants: an application of pattern search. *International journal of production research*, 12(4), 483-499.
- Candra, A. (2019). Pengendalian Persediaan Material Pada Produksi Hot Mix Dengan Pendekatan Metode Economic Order Quantity (Eoq). *Jitmi (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 1(2), 145-153.
- Diastama, A. R., Studi, P., Pembangunan, E., Ekonomi, F., Bisnis, D. A. N., Surakarta, U. M. (2018). *Indeks Pembangunan Manusia Di Indonesia*. 1–6.

- Douglas C. Montgomery, E. A. (2015). Introduction to Linear Regression Analysis,. Fifth Edition 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
- Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, G. Geoffrey Vining. © 2015 Introduction to Linear Regression Analysis, Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc
- Febianto, J. . (2015). Perbandingan Metode Least Square Dan Moving Average Untuk Prediksi Gaji Karyawan (Studi Kasus : Pt Tunggal Yunus Estate). D, 10–54.
- Fricke, Thomas B. (2009). Buku Panduan Pabrik Kelapa Sawit Skala Kecil Untuk Produksi Bahan Baku Bahan Bakar Nabati (Bbn). <http://gapki.id>news>kebun-sawit-pabrik>.
- Gasperz, Vincent. 2008. Production Planning And Inventory Control. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gass, S. I., & Harris, C. M. (Eds.). (2001). Encyclopedia of operations research and management science: Centennial edition. Springer science & business media.
- Gofur, A. A. (2015). Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material Unit Injection di PT.XYZ. Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika,2(2).
- Habsari, H. D. P., Purnamasari, I., & Yuniarti, D. (2020). Peramalan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dan Verifikasi Hasil Peramalan Menggunakan Grafik Pengendali Tracking Signal (Studi Kasus : Data IHK Provinsi Kalimantan Timur) Forecasting Uses Double Exponential Smoothing Method and Forecastin. Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan, 14(1), 13–22.
- Handoko, T. H. (2017). Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi. Yogyakarta: Salemba Empat (Edisi Pertama Cetakan ke Duapuluh Satu). Fakultas Ekonomi Universitas Gajah Mada.
- Hede, R. P. A. (2016). Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil Dan Metode Kemungkinan Maksimum Dalam Pendugaan Parameter Distribusi Weibull Dengan Dua Parameter.
- Heizer,J dan Render, “Manajemen Operasi Buku 1”, Salemba Empat, Jakarta, 118, 2015.

- Hyndman, R. J., Koehler, A. B., Ord, J. K., & Snyder, R. D. (2008). Springer Series In Statistics Forecasting With Exponential Smoothing.
- Imbar, R. V., & Andreas, Y. (2012). Aplikasi Peramalan Stok Barang Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *Jurnal Sistem Informasi*, 7(2), 123-141.
- Indriastuti, T. (2013). Analisis Time Series Untuk Meramalkan Jumlah Penjualan Pada Yamaha Mataram Sakti Kebumen Dengan Metode Tren. *Journal Of Chemical Information And Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Iqbal, M. (2009). Analisis Trend Linier Dengan Metode Kuadrat Terkecil Untuk Meramalkan Perkembangan. *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*, 80, 1–80.
- Jalil, N. A. A., Ahmad, M. H., & Mohamed, N. (2013). Electricity load demand forecasting using Exponential Smoothing methods. *World applied sciences journal*, 22(11), 1540-1543.
- Kabir, G., & Moisin, H. B. (2011). Selection of an effective forecasting technique for level demand a case study of retail chain company. *Journal of science and technology*, 1 (2), 113- 119.
- Karmaker, C. L., Halder, P. K., & Sarker, E. (2017). A study of time series model for predicting jute yarn demand: case study. *Journal of industrial engineering*.
- Kisang Ryu, Alfonso Sanchez, 2013. The Evaluation of Forecasting Methods at an Institutional Foodservice Dining Facility. *Journal of Hospitality Financial Management* vol 11 no 1 hal 27-45. Tersedia: <https://scholarworks.umass.edu/jhfm/vol11/iss1/4>.
- Larasati, Novia. (2016). Studi Analisa Ekonomi Pabrik CPO (Crude Palm Oil) Dari Buah Kelapa Sawit.
- M. Azman Maricar, 2017. Analysis of Data Mining for Forecasting Total Goods Delivery with Moving Average Method. Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, Indonesia.

- Makridakis Spyros, dkk. 2002. Metode dan Aplikasi Peramalan. Tangerang Selatan : Binarupa Aksara.
- McGee, Makridagis dan Wheelwright. (1999). Metode dan Aplikasi Peramalanle (Edisi Kedua). Jakarta: Binarupa Aksara.
- MU'AZU, H. G. (2014). New approach for determining the smoothing constant of a single Exponential Smoothing method. International journal of science and technology, 3(11). Retrieved from www.journal of sciences-technology.org/archive/2014/nov.../6322514155342.pdf
- Muliadi, D. (2015). Universitas Sumatera Utara 7. 7–37.
- Murahartawaty. (2009). Peramalan. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Noeryanti, Oktafiani, E., dan Andriyani, F., (2012). Aplikasi Pemulusan Eksponensial Dari Brown Dan Dari Holt Untuk Data Yang Memuat Trend, Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi – IST AKPRIND Yogyakarta.
- Nurlifa, A., & Kusumadewi, S. (2017). Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average Pada Rumah Jilbab Zaky. INOVTEK Polbeng-Seri Informatika, 2(1), 18-25.
- Pakpahan, H. S., Basani, Y., & Hariani, R. R. (2020). Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Kalimantan Timur Menggunakan Single Dan Double Exponential Smoothing. Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, 15(1), 47–51.
- Palmitraazzah, A., Slamin, S., & Juwita, O. Sistem Perencanaan Dan Peramalan Distribusi Produk Berdasarkan Jumlah Permintaan Menggunakan Metode Weight Moving Average. Skripsi, 1-177
- Paul, S. K. (2011). Determination of Exponential Smoothing constant to minimize mean square error and mean absolute deviation. Global journal of research in engineering, 11(3).
- Pujiati, E., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2017). Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown. Jurnal Eksponensial, 7(1), 33 40.

- Putra, H.P. dan Rachman, F.H., (2013). Sistem Peramalan Distribusi Beras Menggunakan Metode Eksponensial Smoothing, Jurnal Teknik Informatika 1: 1-8.
- Rahmawati. (2019). Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk. 2(March), 46–52.
- Ravinder, H. V. (2013). Determining the optimal values of Exponential Smoothing constants-does solver really work?. American journal of business education (online), 6(3), 347.
- Render, J. H. dan Barry Render (2015). Manajemen Operasi (Edisi Sebelas). Jakarta: Salemba Empat.
- Riyadi, S. (2015). Aplikasi Peramalan Penjualan Obat Menggunakan Metode Pemulusan (Studi Kasus: Instalasi Farmasi Rsud Dr Murjani). SEMNASTEKNOMEDIA ONLINE, 3(1), 5-3.
- Simonoff, J. S. (2012). Smoothing methods in statistics. Springer science & business media
- Stevenson, W. J., & Hojati, M. (2007). Operations management .Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Sudjana. 2005. Metode Statistika. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2012. Statistik Untuk Penelitian. Bandung : Alfabeta.
- Sulistiyani, M. N. (2015). Analisis Trend. Abstrak.Ta.Uns.Ac.Id, 49(23–6), 9–22.
- Vivi Putri, Meylia.(2019) Konsep Dasar Peramalan (16 Februari 2019)
- Xie, M., Hong, G. Y., & Wohlin, C. (1997). A study of Exponential Smoothing technique in software reliability growth prediction. Quality and reliability engineering international, 13(6), 347-353.
- Yonhy, Y., Goejantoro, R., & Wahyuningsih, D. S. (2013). Metode Trend Non Linear
- Yulitasari, A. (2011). Perbandingan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Holt Dengan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown. Universitas Negeri Semarang, 1–84.

Yuwida, N., Hanafi, L., dan Wahyuningsih, N., (2012). Estimasi Parameter α dan γ Dalam Pemulusan Eksponensial Ganda Dua Parameter Dengan Metode Modifikasi Golden Section, Jurnal Sains dan Seni 1: 18-22.

RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER¹ (RPS)

Program Studi : S-1 Teknik Industri
Semester : V
Prasyarat : Sistem Produksi
Deskripsi Mata Kuliah : Matakuliah ini memberikan pengetahuan, keterampilan dan kemampuan kepada mahasiswa tentang peramalan permintaan sebagai tahap awal dari suatu perencanaan produksi khususnya pada dunia Industri baik barang maupun jasa. Mata kuliah Teknik peramalan mencakup berbagai metode peramalan kuantitatif yang umum digunakan untuk menyusun perencanaan dan pengambilan keputusan dalam dunia Industri, meliputi model time series (Moving average, smoothing exponential, Trend) dan model kausal (Regresi).
Penyusun : 1. Ruspendi, S.T., M.T.
2. Rusmalah, S.T., M.T.
3. Syahreen Nurmutia, S.T., M.T.

Mata Kuliah/Kode : TEKNIK PERAMALAN / TIN0352
SKS : 2
Kurikulum :
Capaian Pembelajaran : Setelah menyelesaikan mata kuliah ini mahasiswa mampu menganalisis dan membuat suatu keputusan terkait dengan peramalan permintaan dalam suatu perusahaan (Industri) dengan baik.

Pertemuan ke-	Capaian Pembelajaran	Bahan Kajian	Model/Metode Pembelajaran	Pengalaman Belajar	Indikator Penilaian	Teknik Penilaian	Bobot	Waktu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	- Menjelaskan tentang Konsep Dasar Teknik peramalan - Menjelaskan Jenis dan metode-metode peramalan	- Latar Belakang Peramalan - Definisi peramalan - Jenis-jenis peramalan - Metode peramalan kuantitatif	- Ceramah interaktif - Diskusi - Tanya Jawab	- Mhs mempersepsi bahan kaji - Mhs meberikan tanggapan atau menyampaikan pendapat	Mahasiswa mampu: - Menjelaskan definisi Teknik peramalan - Menjelaskan konsep dasar Teknik peramalan - Mebandingkan metode-metode peramalan kuantitatif instrinsik dan ekstrinsik	Penugasan 1	5%	100'
2	- Menjelaskan tentang metode rata-rata bergerak - Menghitung nilai peramalan dengan dengan Metode Rata-rata Bergerak	- Konsep metode rata-rata bergerak - Menentukan nilai peramalan dengan metode rata-rata bergerak	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	Mhs melakukan perhitungan peramalan dengan menggunakan rata-rata bergerak sederhana	Mahasiswa (kel.) mampu: - Menjelaskan konsep perhitungan rata-rata bergerak sederhana - Menentukan nilai peramalan dan	Penugasan 2	5%	100'

					periode masa lampau dan masa depan			
3	- Menjelaskan tentang metode rata-rata bergerak terbobot - Menghitung nilai peramalan dengan metode rata-rata bergerak terbobot	- Konsep perhitungan pada metode peramalan rata-rata bergerak terbobot - Urutan penyelesaian persoalan peramalan dengan rata-rata bergerak terbobot	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	- Mhs menentukan nilai pembobot yang tepat - Melakukan perhitungan peramalan dengan menggunakan rata-rata bergerak terbobot	Mahasiswa (kel.) mampu: - Menjelaskan konsep perhitungan rata-rata bergerak terbobot - Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan rata-rata bergerak terbobot	Penugasan 4	5%	100'
4	- Menghitung nilai kesalahan dari suatu metode peramalan - Menganalisis metode peramalan dari hasil perhitungan nilai kesalahan	- Nilai kesalahan peramalan dengan menggunakan MAD, MSE dan MAPE - Menentukan keandalan metode peramalan dengan menggunakan tracking signal	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	- Mhs menentukan nilai kesalahan peramalan dengan MAD, MSE dan MAPE - Melakukan perhitungan tracking signal untuk mengetahui keandalan suatu metode peramalan - Analisis jenis peramalan	Mahasiswa (kel.) mampu: - Menentukan nilai MAD, MSE dan MAP serta tracking Signal dari hasil perhitungan peramalan - Menentukan metode peramalan	Penugasan 5	5%	100"

				terbaik	terbaik dilihat dari nilai kesalahan dan tracking signal			
5	- Menjelaskan tentang konsep perhitungan metode pemulusan eksponensial (Exponential Smoothing) - Menghitung nilai peramalan dengan metode pemulusan eksponensial (Exponential Smoothing)	- Konsep perhitungan pada metode peramalan pemulusan eksponensial (Exponential Smoothing) - Urutan penyelesaian persoalan peramalan dengan metode pemulusan eksponensial (Exponential Smoothing)	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	- Mahasiswa memahami bagaimana menentukan nilai alpha yang tepat pada metode pemulusan eksponensial - Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan untuk menentukan nilai peramalan dengan metode pemulusan eksponensial	Mahasiswa (kel.) mampu: - Menjelaskan konsep perhitungan metode peramalan pemulusan eksponensial - Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial baik pola data fluktuatif maupun pola data yang relatif stabil	Penugasan 6	10%	100'
6	- Menjelaskan tentang konsep perhitungan metode pemulusan eksponensial Ganda - Menghitung nilai peramalan dengan	Konsep perhitungan pada metode peramalan pemulusan eksponensial ganda	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	- Mahasiswa bertanya terkait perhitungan metode peramalan eksponensial ganda - Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan	Mahasiswa (kel.) mampu: Menjelaskan konsep perhitungan metode peramalan pemulusan	Penugasan 7	10%	100'

	metode pemulusan eksponensial ganda	• Urutan penyelesaian persoalan permalan dengan metode pemulusan eksponensial ganda		untuk menentukan nilai peramalan dengan metode pemulusan eksponensial ganda	eksponensial ganda • Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan metode pemulusan eksponensial ganda			
7	• Menjelaskan tentang konsep perhitungan pemulusan eksponensial Ganda dengan Metode Linear Dua Parameter dari Holt • Menghitung nilai peramalan pemulusan eksponensial ganda dengan Metode Linear Dua Parameter dari Holt	• Konsep perhitungan pada pemulusan eksponensial Ganda dengan Metode Linear Dua Parameter dari Holt • Urutan penyelesaian persoalan permalan pemulusan eksponensial Ganda dengan Metode Linear Dua Parameter dari Holt	• Ceramah interaktif • Simulasi • Tanya jawab	• Mahasiswa bertanya terkait perhitungan pemulusan eksponensial Ganda dengan Metode Linear Dua Parameter dari Holt • Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan pemulusan eksponensial Ganda dengan Metode Linear Dua Parameter dari Holt	Mahasiswa (kel.) mampu: • Menjelaskan konsep perhitungan pemulusan eksponensial Ganda dengan Metode Linear Dua Parameter dari Holt • Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan pemulusan eksponensial Ganda dengan Metode Linear Dua	Penugasan 8	10%	100'

					Parameter dari Holt			
8	- Menjelaskan tentang konsep perhitungan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown - Menghitung nilai peramalan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown	- Konsep perhitungan pada Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown - Urutan penyelesaian persoalan peramalan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	- Mahasiswa bertanya terkait perhitungan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown - Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown	Mahasiswa (kel.) mampu: - Menjelaskan konsep perhitungan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown - Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kuadratik Satu-Parameter dari Brown	Penugasan 9	10%	100'
9	Menjelaskan tentang konsep perhitungan Pemulusan Eksponensial Tripel:	Konsep perhitungan pada Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	Mahasiswa bertanya terkait perhitungan Pemulusan Eksponensial Tripel:	Mahasiswa (kel.) mampu: Menjelaskan konsep perhitungan	Penugasan 9	10%	

	Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter • Menghitung nilai peramalan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter	Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter • Urutan penyelesaian persoalan peramalan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter		Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter • Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter	Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan Pemulusan Eksponensial Tripel: Metode Kecendrungan Dan Musiman Tiga Parameter Dari Winter			
10	• Menjelaskan tentang konsep perhitungan peramalan Trend Linier metode kuadrat terkecil • Menghitung nilai peramalan Trend Linier metode kuadrat	• Konsep perhitungan pada peramalan Trend Linier metode kuadrat terkecil • Urutan penyelesaian persoalan peramalan	• Ceramah interaktif • Simulasi • Tanya jawab	• Mahasiswa menentukan pola data yang bisa digunakan sebagai dasar perhitungan peramalan Trend Linier metode kuadrat terkecil • Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan	Mahasiswa (kel.) mampu: • Menjelaskan konsep perhitungan peramalan Trend Linier metode kuadrat terkecil • Menentukan nilai	Penugasan 10	10%	100'

	terkecil	Trend Linier metode kuadrat terkecil		Trend Linier metode kuadrat terkecil	peramalan dengan menggunakan permalan Trend Linier metode kuadrat terkecil			
11	- Menjelaskan pola data permalan Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial - Menentukan nilai permalan Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial	- Pola data masa lampau pada Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial - Urutan penyelesaian persoalan permalan Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	- Mahasiswa menentukan pola data yang bisa digunakan sebagai dasar perhitungan peramalan Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial - Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan Trend Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial	Mahasiswa (kel.) mampu: - Menjelaskan pola data pada metode permalan Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial - Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan permalan Trend Non Linier Parabolik dan Eksponensial	Penugasan 11	5%	100'
12	Menghitung nilai permalan dengan metode regresi sederhana	- Konsep peramalan kausal - Metode peramalan regresi sederhana	- Ceramah interaktif - Simulasi - Tanya jawab	Mahasiswa mendapatkan gambaran konsep kausalitas pada metode peramalan	Mahasiswa (kel.) mampu: Menjelaskan konsep kausalitas	Penugasan 12	5%	100'

				• Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan metode regresi sederhana	pada metode peramalan • Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan metode regresi sederhana			
13	• Menganalisis berapa besar variable independent mampu menjelaskan variable dependent pada peramalan metode regresi sederhana • Menentukan nilai Selisih Taksir Standar	• Koefisien determinasi • Selisih taksir standar	• Ceramah interaktif • Simulasi • Tanya jawab	• Mahasiswa menghitung nilai koefisien deterinasi • Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan nilai selisih taksir standar	Mahasiswa (kel.) mampu: • Menentukan nilai koefisien determinasi dari varibel independent terhadap variable dependent • Menentukan nilai selisih taksir standar pada permalan kausal regresi sederhana	Penugasan 13	5%	100'
14	• Menjelaskan tentang konsep permalan regresi ganda	• Konsep peramalan regresi ganda • Tahap perhitungan	• Ceramah interaktif • Simulasi • Tanya jawab	• Mahasiswa mendapatkan gambaran konsep peramalan regresi ganda	Mahasiswa (kel.) mampu: • Menjelaskan konsep perhitungan	Penugasan 14	5%	100'

	• Menghitung nilai peramalan dengan metode regresi ganda	peramalan regresi ganda		• Mahasiswa melakukan simulasi perhitungan metode regresi sederhana ganda	regresi ganda • Menentukan nilai peramalan dengan menggunakan metode regresi ganda			
--	--	-------------------------	--	---	---	--	--	--

Daftar Pustaka

- Aden, A. (2018). Analisis Komparasi Estimasi Jumlah Penjualan Produk Dengan Metode Eksponensial Tunggal Pendekatan Adaptif Dan Metode Eksponensial Ganda Dua Parameter Dari Holt. Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam, 1(1), 1-19.
- Aden, A. (2020). Forecasting The Eksponential Smoothing Methods.
- Aden. (2020). Forecasting The Eksponetial Smoothing Methods (Ilmadi (ed.); Issue 1). Tangerang Selatan: Unpam Press.
- Agil Saputro, Bambang Purwanggono, 2016. Peramalan Perencanaan Produksi Semen Dengan Metode Exponential Smoothing Pada PT. Semen Indonesia (Persero). Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia.
- Alfarisi, S. (2017). Sistem Prediksi Penjualan Gamis Toko QITAZ Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing. JABE (Journal of Applied Business and Economic), 4(1), 80-95.
- Andi, D. (2015). Universitas Sumatera Utara 7. 7–37.
- Assauri Sofjan. 1984. Teknik dan Metode Peramalan (Penerapannya dalam Ekonomi dan Dunia Usaha). Jakarta : Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

- Basuki, A. T. (2020). Metode Kuadrat Terkecil (Least Square Method).
- Berry, W. L., & Blimel, F. W. (1974). Selecting Exponential Smoothing constants: an application of pattern search. *International journal of production research*, 12(4), 483-499.
- Candra, A. (2019). Pengendalian Persediaan Material Pada Produksi Hot Mix Dengan Pendekatan Metode Economic Order Quantity (Eoq). *Jitmi (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 1(2), 145-153.
- Diastama, A. R., Studi, P., Pembangunan, E., Ekonomi, F., Bisnis, D. A. N., Surakarta, U. M. (2018). Indeks Pembangunan Manusia Di Indonesia. 1–6.
- Douglas C. Montgomery, E. A. (2015). *Introduction to Linear Regression Analysis*,. Fifth Edition 2015 John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc.
- Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, G. Geoffrey Vining. © 2015 *Introduction to Linear Regression Analysis*, Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Published 2015 by John Wiley & Sons, Inc
- Febianto, J. . (2015). Perbandingan Metode Least Square Dan Moving Average Untuk Prediksi Gaji Karyawan (Studi Kasus : Pt Tunggal Yunus Estate). *D*, 10–54.
- Fricke, Thomas B. (2009). *Buku Panduan Pabrik Kelapa Sawit Skala Kecil Untuk Produksi Bahan Baku Bahan Bakar Nabati (Bbn)*. <http://gapki.id>news>kebun-sawit-pabrik>.
- Gasperz, Vincent. 2008. *Production Planning And Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gass, S. I., & Harris, C. M. (Eds.). (2001). *Encyclopedia of operations research and management science: Centennial edition*. Springer science & business media.

- Gofur, A. A. (2015). Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material Unit Injection di PT.XYZ. Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika, 2(2).
- Habsari, H. D. P., Purnamasari, I., & Yuniarti, D. (2020). Peramalan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dan Verifikasi Hasil Peramalan Menggunakan Grafik Pengendali Tracking Signal (Studi Kasus : Data IHK Provinsi Kalimantan Timur) Forecasting Uses Double Exponential Smoothing Method and Forecastin. Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan, 14(1), 13–22.
- Handoko, T. H. (2017). Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi. Yogyakarta: Salemba Empat (Edisi Pertama Cetakan ke Duapuluh Satu). Fakultas Ekonomi Universitas Gajah Mada.
- Hede, R. P. A. (2016). Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil Dan Metode Kemungkinan Maksimum Dalam Pendugaan Parameter Distribusi Weibull Dengan Dua Parameter.
- Heizer, J dan Render, "Manajemen Operasi Buku 1", Salemba Empat, Jakarta, 118, 2015.
- Hyndman, R. J., Koehler, A. B., Ord, J. K., & Snyder, R. D. (2008). Springer Series In Statistics Forecasting With Exponential Smoothing.
- Imbar, R. V., & Andreas, Y. (2012). Aplikasi Peramalan Stok Barang Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. Jurnal Sistem Informasi, 7(2), 123-141.
- Indriastuti, T. (2013). Analisis Time Series Untuk Meramalkan Jumlah Penjualan Pada Yamaha Mataram Sakti Kebumen Dengan Metode Tren. Journal Of Chemical Information And Modeling, 53(9), 1689–1699.
- Iqbal, M. (2009). Analisis Trend Linier Dengan Metode Kuadrat Terkecil Untuk Meramalkan Perkembangan. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 80, 1–80.
- Jalil, N. A. A., Ahmad, M. H., & Mohamed, N. (2013). Electricity load demand forecasting using Exponential Smoothing methods. World applied sciences journal, 22(11), 1540-1543.

- Kabir, G., & Moisin, H. B. (2011). Selection of an effective forecasting technique for level demand a case study of retail chain company. *Journal of science and technology*, 1 (2), 113- 119.
- Karmaker, C. L., Halder, P. K., & Sarker, E. (2017). A study of time series model for predicting jute yarn demand: case study. *Journal of industrial engineering*.
- Kisang Ryu, Alfonso Sanchez, 2013. The Evaluation of Forecasting Methods at an Institutional Foodservice Dining Facility. *Journal of Hospitality Financial Management* vol 11 no 1 hal 27-45. Tersedia: <https://scholarworks.umass.edu/jhfm/vol11/iss1/4>.
- Larasati, Novia. (2016). Studi Analisa Ekonomi Pabrik CPO (Crude Palm Oil) Dari Buah Kelapa Sawit.
- M. Azman Maricar, 2017. Analysis of Data Mining for Forecasting Total Goods Delivery with Moving Average Method. Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali, Indonesia.
- Makridakis Spyros, dkk. 2002. Metode dan Aplikasi Peramalan. Tangerang Selatan : Binarupa Aksara.
- McGee, Makridagis dan Wheelwright. (1999). Metode dan Aplikasi Peramalanle (Edisi Kedua). Jakarta: Binarupa Aksara.
- MU'AZU, H. G. (2014). New approach for determining the smoothing constant of a single Exponential Smoothing method. *International journal of science and technology*, 3(11). Retrieved from www.journal of sciences-technology.org/archive/2014/nov.../6322514155342.pdf
- Muliadi, D. (2015). Universitas Sumatera Utara 7. 7–37.
- Murahartawaty. (2009). Peramalan. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Noeryanti, Oktafiani, E., dan Andriyani, F., (2012). Aplikasi Pemulusan Eksponensial Dari Brown Dan Dari Holt Untuk Data Yang Memuat Trend, Seminar Nasional Aplikasi Sains Dan Teknologi – IST AKPRIND Yogyakarta.

- Nurlifa, A., & Kusumadewi, S. (2017). Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average Pada Rumah Jilbab Zaky. INOVTEK Polbeng-Seri Informatika, 2(1), 18-25.
- Pakpahan, H. S., Basani, Y., & Hariani, R. R. (2020). Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Kalimantan Timur Menggunakan Single Dan Double Exponential Smoothing. Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, 15(1), 47–51.
- Palmitraazzah, A., Slamin, S., & Juwita, O. Sistem Perencanaan Dan Peramalan Distribusi Produk Berdasarkan Jumlah Permintaan Menggunakan Metode Weight Moving Average. Skripsi, 1-177
- Paul, S. K. (2011). Determination of Exponential Smoothing constant to minimize mean square error and mean absolute deviation. Global journal of research in engineering, 11(3).
- Pujiati, E., Yuniarti, D., & Goejantoro, R. (2017). Peramalan Dengan Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown. Jurnal Eksponensial, 7(1), 33–40.
- Putra, H.P. dan Rachman, F.H., (2013). Sistem Peramalan Distribusi Beras Menggunakan Metode Eksponensial Smoothing, Jurnal Teknik Informatika 1: 1-8.
- Rahmawati. (2019). Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk Model Trend Untuk Peramalan Jumlah Penduduk. 2(March), 46–52.
- Ravinder, H. V. (2013). Determining the optimal values of Exponential Smoothing constants-does solver really work?. American journal of business education (online), 6(3), 347.
- Render, J. H. dan Barry Render (2015). Manajemen Operasi (Edisi Sebelas). Jakarta: Salemba Empat.
- Riyadi, S. (2015). Aplikasi Peramalan Penjualan Obat Menggunakan Metode Pemulusan (Studi Kasus: Instalasi Farmasi RSUD Dr Murjani). SEMNASTEKNOMEDIA ONLINE, 3(1), 5-3.

- Simonoff, J. S. (2012). Smoothing methods in statistics. Springer science & business media
- Stevenson, W. J., & Hojati, M. (2007). Operations management .Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Sudjana. 2005. Metode Statistika. Bandung: Tarsito.
- Sugiyono. 2012. Statistik Untuk Penelitian. Bandung : Alfabeta.
- Sulistiyan, M. N. (2015). Analisis Trend. Abstrak.Ta.Uns.Ac.Id, 49(23–6), 9–22.
- Vivi Putri, Meylia.(2019) Konsep Dasar Peramalan (16 Februari 2019)
- Xie, M., Hong, G. Y., & Wohlin, C. (1997). A study of Exponential Smoothing technique in software reliability growth prediction. Quality and reliability engineering international, 13(6), 347-353.
- Yonhy, Y., Goejantoro, R., & Wahyuningsih, D. S. (2013). Metode Trend Non Linear
- Yulitasari, A. (2011). Perbandingan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Holt Dengan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Brown. Universitas Negeri Semarang, 1–84.
- Yuwida, N., Hanafi, L., dan Wahyuningsih, N., (2012). Estimasi Parameter α dan γ Dalam Pemulusan Eksponensial Ganda Dua Parameter Dengan Metode Modifikasi Golden Section, Jurnal Sains dan Seni 1: 18-22

Ketua Program Studi Teknik Industri

Rini Alfatiyah, S.T., M.T, CMA.
NIDN. 04.180381.02

Ketua Tim Penyusun

Ruspendi, S.T., M.T.
NIDN. 04.120482.04