

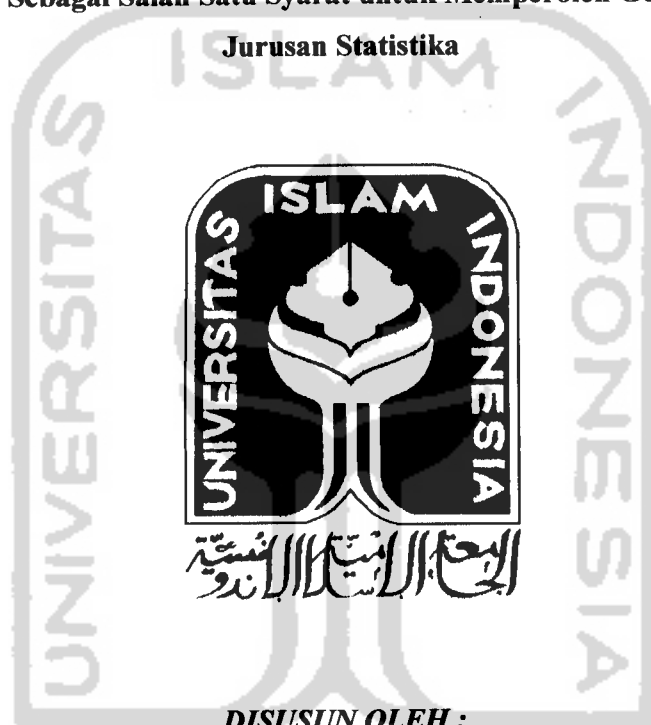
PERAMALAN VOLUME PENJUALAN PRODUK UTAMA

PT. SARI HUSADA, Tbk, YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Jurusan Statistika



DISUSUN OLEH :

NAMA : ENDAH PUJI ASTUTIK

NIM : 00 611 012

JURUSAN STATISTIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2005

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PERAMALAN VOLUME PENJUALAN PRODUK UTAMA

PT. SARI HUSADA, Tbk, YOGYAKARTA

**Telah Dipertahankan Dalam Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar S-1 pada Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia**

Tanggal : 28 Februari 2005

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Drs. Zulaela, DIPL, M.Stat, M.Si.

.....


2. Edy Widodo, M.Si.

.....


3. Dra. Dhoriva Urwatul Wutsqa, MS.

.....


4. Rohmatul Fajriyah, M.Si.

.....


Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia


(Jaka Nugraha, M.Si.)


HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segenap cinta, penuh kesabaran serta penuh ketabahan skripsi ini kupersembahkan untuk:

- *Allah SWT atas segala taufik & hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan lancar.*
- *Babe & Ibuku (Sudjadi & S. Atun) tercinta atas segala kesabaran, do'a & limpahan kasih sayang.*
- *Kakakku S. Mujiatun & Mas To, dan kedua keponakanku Onyx & Joehan tersayang atas segala do'a, dukungan & kelucuan kalian.*
- *Adikku Yenny W tersayang atau do'a & semangatnya.*
 - *Mas Agus yang selalu memberikan do'a, support, pengertian & limpahan perhatian.*
 - *Sobat-sobatku yang setia menghiburku.*

MOTTO

" Pelajarilah oleh karena kamu ilmu. Itu memberikan rasa taqwa kepada Allah SWT. Menuntutnya merupakan ibadah. Mengulang-ulungnya merupakan tasbih. Pembahasannya adalah jihat. Mengajarkannya kepada orang lain yang belum mengetahuinya merupakan shodaqoh. Dan menyerahkannya kepada ahlinya merupakan pendekatan diri kepada Allah SWT."

(HR, Ibnu Abdil-Barr)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanyalah kepada Tuhan-Mulah hendaknya kamu berharap."

(QS. Al Insyirah 6-8)

" Rasulullah bersabda, " Barang siapa yang ditanya tentang ilmu suatu kemudian ia menyembunyikan (tidak mau menerangkan) maka akan dikekang pada hari kiamat dengan tali dari api neraka"

(HR, Abu Daud dan Tarmidzi)

" Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan".

(Asy Syarh : 5)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Peramalan Volume Penjualan Produk Utama di PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta” dengan baik

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Edy Widodo, M.Si yang telah membimbing penyusun mulai dari penyusunan proposal sampai akhir penulisan Tugas Akhir ini. Kebaikan, ketelitian, kesabaran dan kesediaan beliau dalam membimbing dan mengarahkan merupakan pelajaran yang tak ternilai.

Selain itu penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, baik langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih penulis tunjukan kepada :

1. Bapak Jaka Nugraha, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Rohmatul Fajriyah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Statistika, atas ilmu, bimbingan dan bantuan yang telah diberikan.



3. Bapak-bapak dan ibu-ibu selaku Dosen Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, atas ilmu yang telah diberikan.
4. Ibu Titis, Bapak Supartono dan Mbak Lina atas bimbingan dan kerjasamanya.
5. Sobat-sobatku, anak-anak 'TS' dan teman-teman Kost 'Sadewa' terima kasih atas do'a, dukungan dan canda tawanya.
6. Teman-teman Statistika angkatan 2000, teman-teman KKN angkatan 28 unit BT-78, dan teman-teman sekolahku dulu.
7. Dan semua pihak yang telah membantu hingga tersusunnya Tugas Akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya serta pembaca pada umumnya.

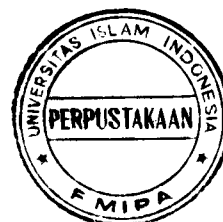
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Februari 2005

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	.....	iv
HALAMAN MOTTO	.....	v
KATA PENGANTAR	.....	vi
DAFTAR ISI	.....	viii
DAFTAR TABEL	.....	xi
DAFTAR GAMBAR	.....	xii
INTI SARI	.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	.....	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	.....	1
1.2. Rumusan Masalah	.....	4
1.3. Batasan Masalah	.....	4
1.4. Tujuan Penelitian	.....	5
1.5. Manfaat Penelitian	.....	5
1.6. Sistematika Penulisan	.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	.....	8
2.1. Metode Box-Jenkins (ARIMA)	.....	8
2.1.1. Stasioneritas dan Non-stasioneritas	.....	8
2.1.2. Proses Autoregresif	.....	10
2.1.3. Proses Moving Average	.....	11
2.1.4. Campuran : Proses ARMA	.....	12
2.1.5. Campuran : Proses ARIMA	.....	13
2.1.6. Musiman dan Model ARIMA	.....	14
2.2. Tahap-tahap Dalam Peramalan	.....	15



2.2.1. Tahap Identifikasi	15
2.2.2. Penaksiran dan Pengujian Model	16
2.2.3. Penggunaan Model	18
2.3. Fungsi Transfer	18
2.3.1. Bentuk Dasar Model Fungsi Transfer	19
2.3.2. Tahap Pembentukan Fungsi Transfer	21
2.3.2.1. Identifikasi Bentuk Model	21
2.3.2.2. Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer	31
2.3.2.3. Pemeriksaan Diagnostik pada Model	32
2.3.2.4. Peramalan Menggunakan Model Fungsi Transfer	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Objek Penelitian dan Tempat Penelitian	35
3.2. Tahap Pengumpulan Data	36
3.2.1. Sumber Data	36
3.2.2. Identifikasi Data	36
3.2.3. Metode Pengumpulan Data	36
3.3. Metode Analisis Data	37
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Pengolahan Data	41
4.1.1. Identifikasi Bentuk Model	41
4.1.1.1. Mempersiapkan Deret Input dan Deret Output	42
4.1.1.2. Pemutihan Deret Input (X_t)	49
4.1.1.3. Pemutihan Deret Output (Y_t)	50
4.1.1.4. Perhitungan Korelasi-Silang untuk Deret Input (X_t) dan Deret Output (Y_t) yang Telah Diputihkan	51
4.1.1.5. Penaksiran Langsung Bobot Respon Impuls	52
4.1.1.6. Penetapan (r, s, b) untuk Model Fungsi Transfer	53

4.1.1.7. Pengujian Pendahuluan Deret Gangguan (<i>Noise Series</i>)	53
4.1.1.8. Penetapan (p_n, q_n) untuk Model ARIMA ($p_n, 0, q_n$) dari Deret Gangguan (n_t)	54
4.1.2. Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer ...	56
4.1.3. Uji Diagnosa Model Fungsi Transfer	57
4.1.3.1 Perhitungan Autokorelasi untuk Nilai Sisa Model (r, s, b) yang Menghubungkan Deret Input dan Output	58
A. Analisis Nilai Sisa : Autokorelasi	59
B. Analisis Nilai Sisa : Korelasi Silang	62
4.1.4. Peramalan Menggunakan Model Fungsi Transfer	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

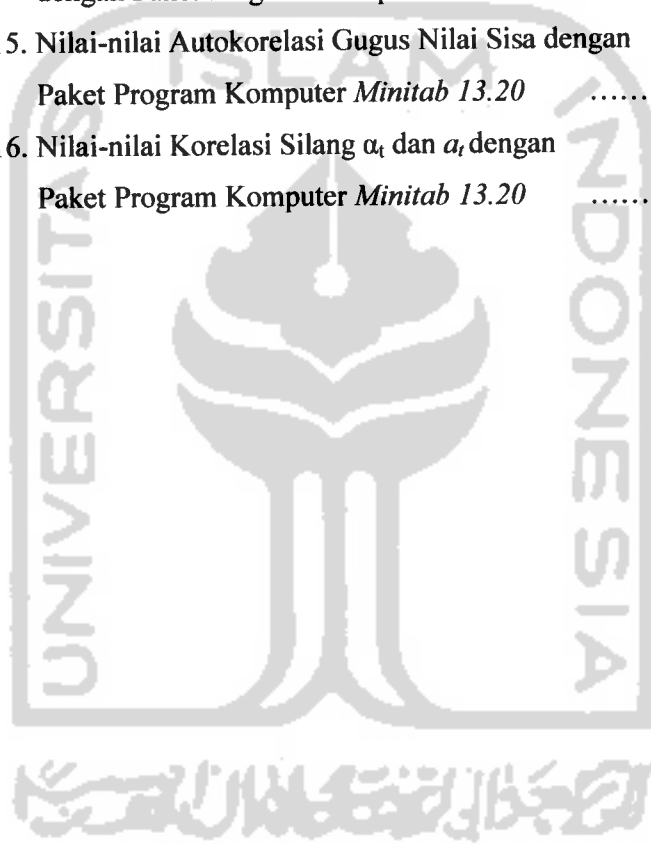
Tabel 2.1. Contoh Perhitungan Korelasi Silang	25
Tabel 4.3. Nilai MSE dari Model yang Sesuai dari Hasil Overfitting	48
Tabel 4.5. Bobot Respon Impuls Pertama yang Mendefinisikan Fungsi Transfer	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konsep Fungsi Transfer	19
Gambar 3.1. Langkah-langkah Analisa Runtun Waktu	37
Gambar 3.1. Langkah-langkah Dasar di dalam Mengembangkan Model Fungsi Transfer	40
Gambar 4.1. <i>Time Series</i> Plot Biaya Promosi/ Deret Input (X_t) dan Volume Penjualan/ Deret Output (Y_t)	41
Gambar 4.2. (a) <i>Time Series</i> Plot Data Biaya Promosi, (b) <i>Autocorrelation</i> , (c) <i>Partial Autocorrelation</i> setelah Pembedaan	42
Gambar 4.3. (a) <i>Time Series</i> Plot Data Volume Penjualan, (b) <i>Autocorrelation</i> , (c) <i>Partial Autocorrelation</i> Setelah Pembedaan	42
Gambar 4.4. Output Model ARIMA (2,1,1) (1,0,0) ³ dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	43
Gambar 4.5. Output Model ARIMA (2,1,0)(1,0,0) ³ dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	45
Gambar 4.6. Grafik ACF dan PACF Residual Biaya Promosi	47
Gambar 4.7. Plot Normal Probabilitas Residual dari Biaya Promosi	47
Gambar 4.8. Output <i>Forecast</i> pada model ARIMA (2,1,0)(0,0,1) ³ dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	49
Gambar 4.9. Output nilai Statistik Deskriptif deret α_t dan β_t dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	51
Gambar 4.10. Nilai-nilai Korelasi-Silang untuk <i>Time Lag</i> $k = -15$ sampai $k = 15$ dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	51
Gambar 4.11. Output nilai Statistik Deskriptif deret <i>noise</i> awal dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	54

Gambar 4.12 (a) <i>Time Series</i> Plot Deret Gangguan, (b) Autokorelasi Deret Gangguan, (c) Autokorelasi Parsial Deret Gangguan	55
Gambar 4.13. (a) <i>Time Series</i> Plot Deret Nilai Sisa, (b) Autokorelasi Deret Nilai Sisa, dan (c) Autokorelasi Parsial Deret Nilai Sisa	59
Gambar 4.14. Nilai-nilai Autokorelasi Parsial Gugus Nilai Sisa dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	60
Gambar 4.15. Nilai-nilai Autokorelasi Gugus Nilai Sisa dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	61
Gambar 4.16. Nilai-nilai Korelasi Silang α_t dan a_t dengan Paket Program Komputer <i>Minitab 13.20</i>	62



PERAMALAN VOLUME PENJUALAN PRODUK UTAMA

PT. SARI HUSADA, Tbk, YOGYAKARTA

Oleh : Endah Puji Astutik

Di bawah Bimbingan : Edy Widodo, M.Si.

INTISARI

Penelitian ini dilakukan di PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta, dengan tujuan untuk menentukan model fungsi transfer yang sesuai untuk meramalkan volume penjualan produk utama PT. Sari Husada, Tbk. Jenis data yang digunakan berupa data sekunder, yaitu data biaya promosi dan volume penjualan produk utama tiap bulan selama 1999 sampai dengan 2003. Analisis statistik yang digunakan adalah Fungsi Transfer (MARIMA Bivariat), dengan menggunakan paket program komputer Minitab 13.20. Berdasarkan analisis dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa model fungsi transfer yang diperoleh layak digunakan untuk meramalkan volume penjualan produk utama PT. Sari Husada, Tbk.

Kata kunci : Deret Input, Deret Output, Korelasi Silang, *Autocorrelation*,

Minitab 13.20

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Umumnya perusahaan berusaha memperoleh keuntungan yang optimal, selain mencapai tujuan utama lainnya. Salah satu perusahaan yang mempunyai tujuan utama mengupayakan hidup yang lebih sehat dan meningkatkan kecerdasan bangsa Indonesia melalui penyediaan makanan bergizi khususnya bagi bayi, anak-anak serta ibu hamil dan menyusui, dalam hal ini adalah PT. Sari Husada, Tbk, keuntungan dapat diperoleh dari hasil penjualan yang tinggi dari produk yang dihasilkan. Untuk itu perusahaan perlu meningkatkan perencanaan yang baik dan terarah terhadap produk yang siap dipasarkan. Perencanaan merupakan faktor yang sangat penting bagi perusahaan, karena akan mempengaruhi secara langsung terhadap kelancaran maupun keberhasilan perusahaan untuk mencapai tujuan usaha. Kelancaran dan keberhasilan perusahaan sangat tergantung pada kemampuan manajemen dalam membuat suatu rencana kegiatan di masa yang akan datang baik jangka panjang maupun jangka pendek. Untuk melaksanakan perencanaan yang baik dan terarah perlu adanya informasi yang akurat dan berkesinambungan dari periode waktu sebelumnya.

PT. Sari Husada merupakan perkembangan dari NV. Saridele yang berdiri pada tahun 1954, yang merupakan pabrik susu bubuk saridele. Sejak awal PT. Sari Husada berdiri, perusahaan mengemban misi untuk membantu pemerintah



Indonesia dalam rangka swasembada protein. Jadi pertanggungjawaban sosial PT. Sari Husada, Tbk adalah ikut mempersiapkan generasi penerus yang sehat, kuat, cerdas dan terampil.

Pendirian pabrik tersebut berkat adanya kerjasama antara Perserikatan Bangsa Bangsa, yang diwakili oleh UNICEF dengan pemerintah Indonesia, yang diwakili oleh Bank Industri Negara (sekarang Bank Pembangunan Indonesia). Pada perkembangannya, pada tahun 1961 ketika Indonesia menyatakan diri keluar dari PBB, hal ini membuat Bapindo sebagai pengelola menyerahkan pengelolaan kepada Badan Pimpinan Umum Farmasi Negara dan nama perusahaan diganti menjadi PN. Sari Husada. Pada tanggal 18 Agustus 1968 pemilikan dan pengelolaan PN. Sari Husada diserahkan kepada PT. Kimia Farma dan namanya diganti menjadi PT. Kimia Farma Unit IV atau PT. Kimia Farma Unit Produksi Yogyakarta.

Tanggal 8 Mei 1972 PT. Kimia Farma mendatangi kerjasama dengan PT. Tiga Raksa Satria, yang bertugas mendistribusikan dan memasarkan semua produk PT. Sari Husada ke seluruh Indonesia. Dengan demikian lahirlah PT. Sari Husada di bawah akta nomor 10 yang disahkan oleh Menteri Kehakiman RI dengan surat keputusan nomor Y.A.S./157/7.

Salah satu usaha PT. Sari Husada dalam hal peningkatan volume penjualan dengan memodifikasi strategi pemasaran adalah dengan melakukan promosi. Promosi merupakan usaha untuk mempengaruhi calon konsumen dengan sasaran yang hendak dicapai. Sasaran tersebut meliputi memberikan informasi, memperlihatkan keunggulan produk, menanamkan kesadaran akan nilai

mutu, mempertahankan dan memperkuat penjualan dan menaikkan permintaan. Biaya promosi penjualan merupakan biaya yang dikeluarkan dalam kampanye pemasaran. [Human Resources Departement, 2001]

Dalam perkembangan suatu perusahaan perlu adanya keputusan dalam membuat perencanaan yang baik dan terarah, terutama pada bagian produksi, sebagai penyedia produk yang siap dipasarkan. Aspek yang penting dalam pengelolaan suatu perusahaan adalah perencanaan masa depan dengan menerapkan strategi yang tepat. Dalam membuat kebijaksanaan dalam perusahaan perlu adanya latar belakang yang memadai tentang ilmu peramalan.

Peramalan merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam mengambil keputusan, sebab efektif apa tidaknya suatu keputusan umumnya tergantung pada beberapa faktor yang tidak dapat kita lihat pada waktu keputusan itu diambil. Peranan peramalan menjelajah ke dalam banyak bidang, seperti misalnya ekonomi, keuangan, pemasaran, produksi, riset operasional, administrasi negara, meterologi, geofisika dan kependudukan. [Soejoeti. Z, 1987, hal 1.2]

Dalam hal ini peramalan sebagai alternatif pemecahan masalah khususnya dalam hal perencanaan target volume produksi produk utama di PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta untuk pemenuhan penjualan produk pada periode yang akan datang. Hasil peramalan merupakan salah satu dasar pengambilan keputusan bagi pihak manajemen produksi yang nantinya akan dijadikan dasar untuk menentukan tindakan dalam suatu usulan perencanaan dalam hal penyediaan produk.

Peramalan volume penjualan ini diharapkan agar perusahaan tersebut dapat mengetahui jumlah produk yang harus disediakan untuk periode yang akan datang, sehingga permintaan konsumen dapat terpenuhi.

Berdasarkan pentingnya pengadaan perencanaan produksi yang cukup dan baik untuk menjaga proses penjualan secara maksimal, maka dilakukan penelitian dengan judul “Peramalan Volume Penjualan Produk Utama PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta”, dengan harapan penelitian ini dapat memberikan masukan yang berarti bagi perusahaan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut yaitu bagaimana model fungsi transfer yang sesuai untuk meramalkan volume penjualan produk utama PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta.

1.3. Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta.
2. Pembahasan dilakukan pada data biaya promosi dan volume penjualan produk utama secara bulanan dari tahun 1999 sampai dengan 2003.
3. Selain variabel di atas, maka variabel lain dianggap konstan.
4. Mutu atau kualitas produk (susu) dianggap standar.

5. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Time Series* model fungsi transfer atau *MARIMA*.
6. Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program komputer yaitu program *Minitab 13.20* yang berkaitan dengan Analisis *Time Series*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui model fungsi transfer yang sesuai untuk meramalkan volume penjualan produk utama PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti

Untuk mengetahui dan memperdalam pengetahuan tentang penerapan teori Analisis Runtun Waktu dan Fungsi Transfer, terutama dalam proses peramalan penjualan produk utama bulanan PT Sari Husada, Tbk, Yogyakarta.

2. Bagi Perusahaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan masukan sebagai pertimbangan di dalam kegiatan perencanaan produksi.

3. Bagi Pembaca

Untuk menambah literatur, pengetahuan dan menambah wawasan tentang masalah peramalan.

1.6. Sistematika Penulisan

Agar penulisan ini mudah untuk dimengerti dan memenuhi persyaratan, maka dalam penulisannya dibagi ke dalam tahapan-tahapan, dimana antara satu bab dengan bab yang lain merupakan suatu rangkaian yang saling melengkapi. Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan secara ringkas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang konsep dan prinsip dasar pendukung analisis runtun waktu dan fungsi transfer yang digunakan dalam memecahkan dan membahas masalah penelitian yang diambil dari beberapa literatur yang mendukung dengan permasalahan.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang keterangan-keterangan yang terkait dengan penelitian, seperti obyek dan tempat penelitian, metode pengumpulan data, metode penelitian yang dipakai dan analisis data yang diperlukan untuk menjawab permasalahan yang ada serta kerangka pemecahan masalah.

BAB IV: ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data yang diperoleh, analisa data dan pengolahan data yang mempergunakan metode *Box-Jenkins* serta beberapa tahapan dalam proses pembentukan model fungsi transfer, untuk mengambil keputusan dari penelitian ini.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran-saran sebagai bahan pertimbangan untuk mencapai kemajuan yang diharapkan



B AB II

LANDASAN TEORI

Suatu runtun waktu merupakan himpunan observasi yang berurut dalam waktu (atau dalam dimensi apa saja yang lain). Dalam runtun waktu hanya akan dibicarakan runtun waktu yang diskrit dengan observasi X_t pada waktu $t = 1, 2, \dots, N$. [Soejoeti. Z, 1987, hal 2.2]

2.1. Metode Box-Jenkins (ARIMA)

Model ARIMA sering disonimkan dengan proses ARIMA yang diterapkan untuk analisis deret berkala, peramalan dan pengendalian. Dasar dari pendekatan ARIMA terdiri dari tiga tahap : identifikasi, penaksiran dan pengujian serta penerapan. Hal pertama yang perlu diperhatikan adalah bahwa kebanyakan deret berkala bersifat non-stasioner dan bahwa aspek-aspek AR dan MA hanya berkenaan dengan deret berkala yang stasioner. [Makridakis, 1995, hal 381]

2.1.1. Stasioneritas dan Non-stasioneritas

Notasi yang sangat bermanfaat adalah operator *shift* mundur (*backward shift*), B , yang penggunaannya sebagai berikut :

$$BX_t = X_{t-1} \quad \dots(2.1)$$

Di mana B : pembeda

X_t : nilai X pada orde ke- t



X_{t-1} : nilai X pada orde ke- $t-1$

Operator *shift* mundur tersebut sangat tepat untuk menggambarkan proses pembedaan (*differencing*). Apabila suatu deret berkala tidak stasioner, maka data tersebut dapat dibuat lebih mendekati stasioner dengan melakukan pembedaan pertama dari deret data dan persamaannya :

$$X'_t = X_t - X_{t-1} \quad \dots(2.2)$$

Dengan menggunakan operator *shift* mundur, persamaan (2.2) dapat ditulis sebagai berikut :

$$X'_t = X_t - BX_t = (1-B)X_t \quad \dots(2.3)$$

Tujuan menghitung pembedaan adalah untuk mencapai stasioneritas, dan secara umum, apabila terdapat pembedaan orde ke- d untuk mencapai stasioner, dapat ditulis :

$$\text{pembeda orde ke-}d = (1-B)^d X_t$$

sebagai deret yang stasioner, dan model umum ARIMA (0, d ,0) akan menjadi

ARIMA ((0, d ,0)

$$(1-B)^d X_t = a_t \quad \dots(2.4)$$

↑
(perbedaan orde ke- d)

↑
(nilai kesalahan)

Perlu diingat bahwa ARIMA (0, d ,0) mempunyai arti data asli tidak mengandung aspek *autoregresif* (AR), tidak mempunyai aspek *moving average* (MA) dan mengalami pembedaan orde ke- d . [Makridakis, 1995, hal 383]

2.1.2. Proses Autoregresif

Secara umum untuk proses AR orde ke- p adalah sebagai berikut :

ARIMA ($p,0,0$)

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t \quad \dots(2.5)$$

Di mana μ' : nilai konstanta

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: parameter autoregresif ke- p

a_t : nilai kesalahan pada saat t

X_{t-p} : nilai data pada saat $t-p$

Dengan menggunakan operator *shift* mundur, maka untuk model AR(1) dan AR(2) akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

ARIMA (1,0,0)

$$X_t - \phi_1 X_{t-1} = \mu' + a_t$$

atau

$$(1 - \phi_1 B)X_t = \mu' + a_t$$

ARIMA (2,0,0)

$$X_t - \phi_1 X_{t-1} - \phi_2 X_{t-2} = \mu' + a_t$$

atau

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)X_t = \mu' + a_t$$

Persamaan Yule-Waller digunakan untuk mencari ϕ_1 dan ϕ_2 , dalam model AR(1) dan AR(2) sebagai berikut : [Makridakis, 1995, hal 407]

Untuk model AR(1) : $\phi_1 = r_1 \quad \dots(2.6)$

Untuk model AR (2) :

$$\phi_1 = \frac{r_1(1-r_2)}{1-r_1^2} \quad \dots(2.7)$$

$$\phi_2 = \frac{r_2-r_1^2}{1-r_1^2} \quad \dots(2.8)$$

Di mana r_1, r_2 : nilai koefisien autokorelasi

ϕ_1, ϕ_2 : nilai parameter untuk model *Autoregresif* (AR)

2.1.3. Proses Moving Average

Secara umum untuk proses MA orde ke- q adalah sebagai berikut :

ARIMA (0,0,q) atau MA(q)

$$X_t = \mu' + e_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad \dots(2.9)$$

Di mana μ' : nilai konstanta

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$: parameter *moving average* ke- q

a_{t-q} : nilai kesalahan pada saat $t-q$

Dengan menggunakan operator *shift* mundur, maka untuk model MA(1) dan MA(2) akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

ARIMA (0,0,1) atau MA (1)

$$X_t = \mu' + (1 - \theta_1 B) a_t$$

ARIMA (0,0,2) atau MA (2)

$$X_t = \mu' + (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2) a_t$$

Dan persamaan untuk mencari θ_1 dan θ_2 , dalam model MA(1) dan MA(2) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Untuk model MA(1) : } r_1 &= \frac{-\theta_1}{1+\theta_1^2} \\ \text{Untuk model MA(2) : } r_1 &= \frac{-\theta_1 + \theta_1\theta_2}{1+\theta_1^2 + \theta_2^2} \\ r_2 &= \frac{-\theta_2}{1+\theta_1^2 + \theta_2^2} \end{aligned} \quad \dots(2.10)$$

Di mana r_1, r_2 : nilai koefisien autokorelasi

θ_1, θ_2 : nilai parameter untuk model *Moving Average* (MA)

2.1.4. Campuran : Proses ARMA

Suatu perluasan yang dapat diperoleh dari model AR dan MA adalah model campuran yang berbentuk sebagai berikut :

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad \dots(2.11)$$

Di mana μ' : nilai konstanta

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: parameter *autoregresif* ke- p

X_{t-p} : nilai data pada saat $t-p$

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$: parameter *moving average* ke- q

a_t : nilai kesalahan pada saat t

a_{t-q} : nilai kesalahan pada saat $t-q$

Dengan menggunakan operator *shift* mundur, maka untuk model ARMA secara umum adalah :

$$\phi(B)X_t = \theta(B)a_t \quad \dots(2.12)$$

Maka model umum untuk campuran proses AR(1) dan MA(1) dapat dituliskan sebagai berikut :

ARIMA (1,0,1)

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

atau

$$(1 - \phi_1 B)X_t = \mu' + (1 - \theta_1 B)a_t$$

2.1.5. Campuran : Proses ARIMA

Apabila nonstasioneritas ditambahkan pada campuran ARMA, maka model umum ARIMA (p, d, q) terpenuhi. Persamaan umum untuk ARIMA (p, d, q) adalah sebagai berikut :

$$\phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} = \mu' + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad \dots(2.13)$$

Di mana μ' : nilai konstanta

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: parameter *autoregresif* ke- p

X_{t-p} : nilai data pada saat $t-p$

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$: parameter *moving average* ke- q

a_t : nilai kesalahan pada saat t

a_{t-q} : nilai kesalahan pada saat $t-q$

Dengan menggunakan operator *shift* mundur, maka untuk model ARIMA (p, d, q) secara umum adalah :

$$(1 - B)^d \phi(B)X_t = \theta(B)a_t \quad \dots(2.14)$$

Untuk model ARIMA (1,1,1) persamaannya adalah sebagai berikut :

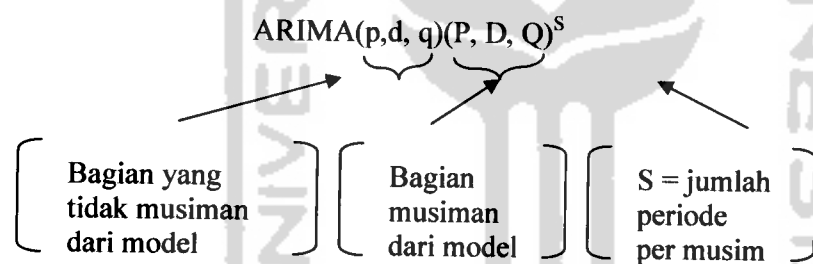
ARIMA (1,1,1)

$$(1-B)(1-\phi_1 B)X_t = \mu' + (1-\theta_1 B)a_t$$

2.1.6. Musiman dan Model ARIMA

Dengan cara yang persis sama, titik-titik data yang berurutan tersebut mungkin memperlihatkan sifat-sifat AR, MA, campuran ARMA atau campuran ARIMA, sehingga data yang dipisahkan oleh satu musim (yaitu satu tahun) dapat memperlihatkan sifat-sifat yang sama.

Notasi ARIMA dapat diperluas untuk menangani aspek musiman, notasi umum yang disingkat adalah :



Bentuk umum dari musiman adalah sebagai berikut :

$$(1-B)^d(1-B^S)^D(1-\phi_1 B)(1-\Phi_1 B^S)X_t = (1-\theta_1 B)(1-\Theta_1 B^S) a_t \quad \dots(2.15)$$

Untuk ARIMA (1,1,1)(1,1,1)⁴ persamaannya sebagai berikut :

$$(1-B)(1-B^4)(1-\phi_1 B)(1-\Phi_1 B^4)X_t = (1-\theta_1 B)(1-\Theta_1 B^4) a_t$$

$$X_t = (1+\phi_1+\Phi_1+\phi_1\Phi_1)X_{t-5}+(\phi_1+\phi_1\Phi_1)X_{t-6}-\Phi_1 X_{t-8}+(\Phi_1+\phi_1\Phi_1)X_{t-9} \\ -\phi_1\Phi_1 X_{t-10}+(1-\phi_1)X_{t-1}+(1+\Phi_1)X_{t-4}-\theta_1 a_{t-1}-\Theta_1 a_{t-4}+\theta_1\Theta_1 a_{t-5}+a_t$$

[Makridakis, 1995, hal 394-395]

2.2. Tahap-tahap Dalam Peramalan

2.2.1. Tahap Identifikasi

Data dalam *Time Series* sebelum diuji harus sudah terpenuhi masalah kestasionerannya dalam hal mean dan varian.

- Stasioner/ tidak dalam hal varian dapat dilihat dari *Time Series Plot* (TS Plot) atau plot runtun waktu, yaitu plot antara data pengukuran pada *y-axis* dengan data waktu pada *x-axis*. Data dikatakan stasioner dalam hal varian yaitu dengan melihat apakah data fluktuasinya tetap atau tidak (naik turunnya titik sama atau tidak). Jika data fluktuasinya tetap atau naik turunnya data tidak jauh beda, maka data dikatakan stasioner dalam hal varian. Jika data tidak stasioner dalam hal varian, maka perlu dilakukan transformasi.
- Data stasioner dalam hal mean dapat dengan melihat grafik *Autocorrelation Function (ACF)*. Data dikatakan stasioner dalam hal mean yaitu dengan melihat apakah terdapat lebih dari 4 lag (yang berurutan) yang keluar dari garis batas (garis merah). Jika terdapat kurang atau sama dengan 4 lag yang keluar dari garis batas, maka data dikatakan stasioner dalam hal mean. Jika data tidak stasioner dalam hal mean, maka perlu dilakukan *differency*.

2.2.2. Penafsiran dan Pengujian Model

a. Menaksir model sementara

Grafik **ACF** dan **PACF** (*Parsial Autocorrelation Function*) bermanfaat untuk mengidentifikasi suatu ARIMA model. Jika pada grafik ACF cenderung membentuk eksponensial, maka modelnya AR, dengan melihat berapa *lag* yang keluar pada grafik PACF. Sedangkan jika grafik PACF turun secara eksponensial, maka modelnya MA, dengan melihat berapa *lag* yang keluar pada grafik ACF.

b. Menguji apakah model memenuhi syarat atau tidak dengan menggunakan metode *Box-Jenkins*, yaitu memeriksa apakah model yang diestimasi cukup cocok dengan data yang ada. Uji dilakukan 2 tahap, yaitu :

i) Uji Overall

- $H_0 : \rho_k = 0$, dimana $k = 1, 2, \dots, 48$.

- $H_1 : \rho_k \neq 0$

- $\alpha = 0,05$

- Daerah kritis :

$$H_0 \text{ ditolak jika } Q > \chi^2_{\text{tabel}}$$

$$H_0 \text{ diterima jika } Q \leq \chi^2_{\text{tabel}}$$

- Statistik uji

$$Q = (N - d) \sum_{k=1}^m r_k^2 \quad \dots(2.16)$$

Di mana N : banyaknya pengamatan

m : lag maksimum yang diuji

r_k : fungsi korelasi sampel dari residual ke- k

d : tingkat pembeda

- Kesimpulan

ii) Uji Parsial

- $H_0 : \phi_i, \theta_i = 0$ dimana $i = 1, 2, \dots$

$H_1 : \phi_i, \theta_i \neq 0$ dimana $i = 1, 2, \dots$

- $\alpha = 0,05$

- Daerah kritis :

Tolak H_0 jika $T_{hitung} > T_{tabel}$ atau $T_{hitung} < -T_{tabel}$

Terima H_0 jika $-T_{tabel} \leq T_{hitung} \leq T_{tabel}$

- Statistik uji,

$$T_{hitung\ AR} = \frac{\hat{\phi}_k}{S_{\hat{\phi}_k}} \quad \dots(2.17)$$

$$T_{hitung\ MA} = \frac{\hat{\theta}_k}{S_{\hat{\theta}_k}} \quad \dots(2.18)$$

Di mana $\hat{\phi}_k$: nilai parameter *autoregresif* ke- k , $k=0,1,2$

$\hat{\theta}_k$: nilai parameter *moving average* ke- k ,

$k=0,1,2$

$S_{\hat{\phi}_k}$: standar error dari *autoregresif*

$S_{\hat{\theta}_k}$: standar error dari *moving average*

- Kesimpulan

Jika pada uji overall kesimpulannya H_0 diterima dan parsial kesimpulannya H_0 ditolak, maka perlu dilihat residualnya, yaitu dengan melihat apakah *lag* di dalam grafik ACF terdapat dalam batas atau tidak. Apabila dalam ACF dan PACF terdapat satu lag yang keluar atau persis sama dengan batas, hal ini berarti terdapat satu item dari model yang belum dimasukkan.

- c. Dalam pengujian model dicari pengujian yang baik yaitu dengan menggunakan uji model (*Over Fitting* untuk model-model yang mungkin), yaitu dengan menambah atau mengurangi parameter model. Untuk menentukan model terbaik dengan melihat nilai MSE (*Mean Square Error*) terkecil.

2.2.3. Penggunaan Model

Bila sudah menemukan model terbaik, maka model dapat diterapkan untuk meramalkan keadaan mendatang.

2.3. Fungsi Transfer

Model fungsi transfer (*Multivariate ARIMA*) atau *MARIMA Bivariate* adalah penggabungan dari beberapa karakteristik model ARIMA *univariat* dan beberapa karakteristik analisis regresi berganda, dengan kata lain suatu metode yang mencampurkan pendekatan deret berkala dengan pendekatan kausal.

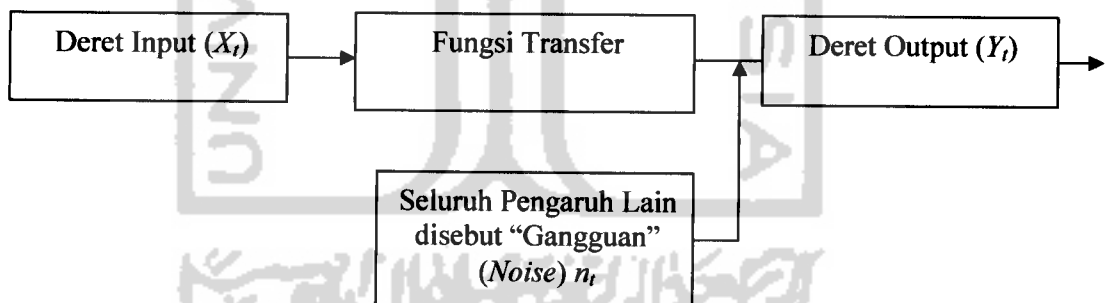
Hal-hal yang berkaitan dengan model fungsi transfer adalah terdapat deret berkala output (Y_t) yang akan diperkirakan akan dipengaruhi oleh :

1. deret berkala input (X_t)

2. input-input lain yang digabungkan dalam satu kelompok yang disebut ‘gangguan’ atau *noise* (n_t)

Seluruh sistem tersebut adalah sistem yang dinamis, yaitu deret input X_t memberikan pengaruh terhadap deret output Y_t melalui fungsi transfer yang mendistribusikan dampak X_t melalui beberapa periode waktu yang akan datang.

Tujuan pemodelan fungsi transfer adalah untuk menetapkan model yang sederhana, yang menghubungkan Y_t dengan X_t dan n_t . Tujuan utama pemodelan ini adalah untuk menetapkan indikator penentu (deret input) dalam rangka menetapkan variabel yang dibicarakan (deret output). Fungsi transfer adalah suatu situasi khusus akan menjadi fungsi determinasi fungsi yang mentransfer data deret input melalui sistem dan keluar sebagai deret output. Konsep fungsi transfer dapat ditulis seperti gambar 2.1 dibawah ini : [Makridakis, 1995, hal 443-444]



Gambar 2.1. Konsep Fungsi Transfer

2.3.1. Bentuk Dasar Model Fungsi Transfer

Model fungsi-transfer bivariat ditulis dalam dua bentuk umum. Bentuk pertama adalah

$$Y_t = v(B) X_t + n_t \quad \dots(2.19)$$

Di mana Y_t = deret output

X_t = deret input

n_t = pengaruh kombinasi dari seluruh faktor yang mempengaruhi Y_t (disebut “gangguan”)

$v(B) = (v + v_1B + v_2B^2 + \dots + v_kB^k)$, dimana k adalah orde fungsi transfer.

Deret input dan output harus ditransformasikan dengan tepat (untuk mengatasi varian yang nonstasioner), dibedakan (untuk mengatasi mean yang nonstasioner) dan mungkin perlu dihilangkan unsur inusimannya (untuk menyederhanakan model fungsi transfer). Jadi Y_t , X_t dan n_t pada persamaan (2.19) adalah nilai yang telah ditransformasikan bukan dalam bentuk data mentah dan akan digunakan huruf kecil untuk menunjukkan nilai yang telah ditransformasikan tersebut. Model fungsi transfer juga ditunjukkan sebagai berikut :

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + n_t$$

atau

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta_k(B)}{\phi_k(B)} \alpha_t \quad \dots(2.20)$$

Di mana

$$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1B - \omega_2B^2 - \dots - \omega_sB^s,$$

$$\delta(B) = 1 - \delta_1B - \delta_2B^2 - \dots - \delta_rB^r,$$

$$\theta(B) = 1 - \theta_1B - \theta_2B^2 - \dots - \theta_qB^q,$$

$$\phi(B) = 1 - \phi_1B - \phi_2B^2 - \dots - \phi_pB^p.$$

y_t = nilai Y_t yang telah ditransformasikan dan dibedakan

x_t = nilai X_t yang telah ditransformasikan dan dibedakan

α_t = nilai gangguan random

r, s, p, q dan b konstanta

Pernyataan $\theta(B)$ dan $\phi(B)$ berturut-turut menunjukkan operator *moving average* dan *autoregresif* untuk gangguan (n_t). Sedangkan $\omega(B)$ dan $\delta(B)$ menggantikan $\nu(B)$ pada persamaan (2.19). [Makridakis, 1995, hal 448-449]

2.3.2. Tahap Pembentukan Model Fungsi Transfer

Untuk deret input (X_t) dan deret output (Y_t) tertentu dalam bentuk data mentah, terdapat empat tahap dan beberapa sub tahap di dalam proses yang lengkap dari pembentukan model fungsi transfer.

2.3.2.1. Identifikasi Bentuk Model

2.3.2.1.1. Mempersiapkan Deret Input (X_t) dan Deret Output (Y_t)

Dalam hal kestasioneran, jika data mentah tidak stasioner, maka data tersebut dibedakan terlebih dahulu untuk menghilangkan ketidakstasioneran. Jadi, di dalam mempersiapkan pemodelan fungsi transfer, perlu mentransformasi dan/ membedakan deret input dan output, terutama jika terdapat ketidakstasioneran.

Hal lain yang berguna untuk dilakukan pada deret input dan output adalah menghilangkan pengaruh musiman (*deseasonalized*) pada dua deret tersebut. Ini bukan merupakan persyaratan dari fungsi transfer, tetapi hal ini mampu mempengaruhi nilai-nilai (r, s, b) lebih kecil daripada apabila

deseasonalisasi tidak dilakukan. Deret data yang ditransformasikan dan yang sesuai, kemudian disebut x_t dan y_t . [Makridakis, 1995, hal 451-452]

2.3.2.1.2. Pemutihan Deret Input (X_t)

Dalam memahami fungsi transfer dari suatu sistem, yang mengubah deret input (x_t) menjadi deret output (y_t), akan sangat membantu apabila sistem input dibuat sesederhana mungkin. Dengan demikian dapat ditempatkan suatu input yang terkendali dan memeriksa inputnya, sampai sifat asli fungsi transfer tersebut menjadi terlihat jelas. Tetapi dapat dibuat deret input menjadi lebih dapat diatur dengan *pemutihan*. Maksudnya adalah “Menghilangkan seluruh pola yang diketahui” supaya yang tertinggal hanya “*white noise*”. Apabila dimodelkan sebagai proses ARIMA, misalnya ARIMA ($p_x, 0, q_x$), maka dapat didefinisikan sebagai :

$$\phi_x(B)x_t = \theta_x(B)\alpha_t$$

atau

$$\alpha_t = \frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)} x_t \quad \dots(2.21)$$

Di mana $\phi_x(B)$: operator input *Autoregresif*

$\theta_x(B)$: operator input *Moving Average*

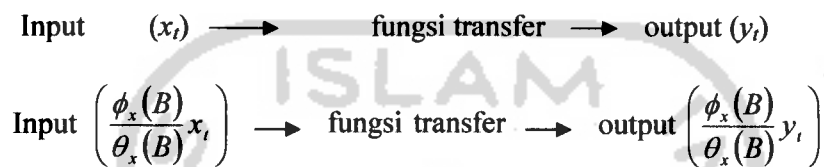
α_t : deret pemutihan dari X_t

x_t : nilai X_t yang telah ditransformasikan atau dibedakan

Deret x_t yang telah “diputihkan” akan disebut α_t . [Makridakis, 1995, hal 453-454]

2.3.2.1.3. Pemutihan Deret Output (Y_t)

Fungsi transfer yang ditetapkan adalah memetakan x_t ke dalam y_t . Apabila diterapkan suatu transformasi pemutihan untuk x_t , seperti pada persamaan (2.18), maka harus diterapkan transformasi yang sama terhadap y_t agar dapat mempertahankan integritas hubungan fungsional., seperti di bawah ini :



Deret y_t yang telah “diputihkan” akan disebut β_t : [Makridakis, 1995, hal 454]

$$\frac{\phi_x(B)}{\theta_x(B)} y_t = \beta_t \quad \dots(2.22)$$

2.3.2.1.4. Perhitungan Korelasi Silang (*Cross Correlation*) dan Autokorelasi untuk Deret Input (x_t) dan Deret Output (y_t) yang Telah Diputihkan

Di dalam memodelkan ARIMA *univariat* koefisien autokorelasi merupakan statistik kunci di dalam membantu menetapkan bentuk model. Dalam memodelkan fungsi transfer (MARIMA *Bivariat*), autokorelasi memerankan peranan kedua untuk koefisien *korelasi-silang*. Terdapat perbedaan yang sangat kecil antara korelasi-silang dengan korelasi, karena berhubungan dengan dua deret, x dan y yang terpisah (atau dalam bentuk yang telah diputihkan, α dan β).

Dalam *time series*, perlu dipelajari hubungan satu deret yang dilambatkan (*lag*) dengan lainnya, dan sebaliknya.

Kovarian antara dua variable X dan Y (tanpa subskrip waktu) ditetapkan sebagai berikut :

$$C_{XY} = E\{(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})\}. \quad \dots(2.23)$$

Di mana C_{XY} : kovarian silang antara variabel X dan Y

X : nilai variabel X

\bar{X} : nilai rata-rata variabel X

Y : nilai variabel Y

\bar{Y} : nilai rata-rata variabel Y

Bentuk ini dapat digunakan untuk menetapkan dua varian yaitu C_{XX} dan C_{YY} . Dengan memasang subskrip waktu di bawah variabel X dan Y dan dengan memisalkan k sebagai *time lag* (beda waktu pada setiap pasangan data), maka dapat ditetapkan kovarian silang $C_{XY}(k)$ dan $C_{YX}(k)$, sebagai berikut :

$$C_{XY}(k) = E\{(X_t - \mu_x)(Y_{t+k} - \mu_y)\} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(Y_{t+k} - \bar{Y}) \quad \dots(2.24)$$

$$C_{YX}(k) = E\{(Y_t - \mu_y)(X_{t+k} - \mu_x)\} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(X_{t+k} - \bar{X}) \quad \dots(2.25)$$

Di mana $C_{XY}(k)$: kovarian silang antara X dan Y pada orde ke k

$C_{YX}(k)$: kovarian silang antara Y dan X pada orde ke k

X : nilai variabel X pada orde ke- t

\bar{X} : nilai rata-rata variabel X

X_{t+k} : nilai variabel X pada orde ke- $t+k$

Y : nilai variabel Y pada orde ke- t

\bar{Y} : nilai rata-rata variabel Y

Y_{t+k} : nilai variable Y pada orde ke- $t+k$

n : banyaknya data

k : $1, 2, 3, \dots, n$

Kovarians silang dapat dengan mudah diubah menjadi korelasi silang, dengan rumus :

$$r_{XY}(k) = \frac{C_{XY}(k)}{\sqrt{C_{XX}(0)C_{YY}(0)}} = \frac{C_{XY}(k)}{S_X S_Y} \quad \dots(2.26)$$

Di mana $r_{XY}(k)$: korelasi silang antara X dan Y pada orde ke- k

C_{XY} : kovarian silang antara X dan Y pada orde ke k

S_X : standar deviasi dari X

S_Y : standar deviasi dari Y

k : $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm n$

Tabel 2.1. Contoh Perhitungan Korelasi Silang

(1) Periode	(2) X_t	(3) $X_t - \bar{X}$	(4) Y_t	(5) $Y_t - \bar{Y}$	(6) $Y_{t+1} - \bar{Y}$	(7) $Y_{t+2} - \bar{Y}$
1	12.77	4.37	22.00	-7.82	19.78	6.78
2	11.56	3.16	49.60	19.78	6.78	8.49
3	9.67	1.27	23.04	6.78	8.49	4.87
4	8.83	0.43	38.31	8.49	4.87	0.81
5	8.02	-0.38	34.69	4.87	0.81	3.34
6	12.25	3.85	29.01	0.81	3.34	-5.77
7	4.76	-3.64	26.48	3.34	-5.77	6.94
8	9.27	0.87	24.05	-5.77	6.94	-15.54
9	3.23	-5.17	36.76	6.94	-15.54	--
10	3.66	-4.74	14.28	-15.54	--	--

Sumber : Metode Dan Aplikasi Peramalan oleh Spyros Makridakis, dkk.

$$\bar{X} = 8.40, \quad \bar{Y} = 29.82, \quad S_X^2 = 10.905, \quad S_Y^2 = 92.893$$

Untuk menghitung persamaan (2.24), yaitu dengan mensubstitusikan nilai dari kolom 3 dan 5, maka diperoleh :

$$C_{XY}(0) = \frac{63.32}{10} = 6.332$$

Untuk menghitung persamaan (2.24), yaitu dengan mensubstitusikan nilai dari kolom 3 dan 6, maka diperoleh :

$$C_{XY}(1) = \frac{172.70}{10} = 17.27$$

$$C_{XY}(2) = \frac{56.70}{10} = 5.67$$

Dengan menggunakan persamaan (2.26), maka perhitungan korelasi-silang sebagai berikut :

$$r_{XY}(0) = \frac{6.332}{(3.302)(9.638)} = 0.199$$

$$r_{XY}(1) = \frac{17.72}{(3.302)(9.638)} = 0.543$$

$$r_{XY}(2) = \frac{-5.67}{(3.302)(9.638)} = -0.178$$

Jika $k = -1$, maka persamaan (2.24) dapat digunakan untuk menetapkan

$C_{YX}(1) = C_{XY}(-1)$ sebagai berikut :

$$C_{XY}(1) = \frac{(-7.82)(3.16) + (19.778)(1.29) + \dots + (6.94)(-4.47)}{10}$$

$$= \frac{9.973}{10}$$

$$= 0.9973$$

$$r_{XY}(-1) = \frac{0.9973}{(3.302)(9.638)} = 0.0313$$

Untuk korelasi-silang dengan lag k , kesalahan standar didekati sebagai berikut :

$$\text{kesalahan standar dari } r_{XY}(k) = \sqrt{\frac{1}{n-k}} \quad \dots(2.27)$$

Apabila k negatif, gantilah dengan nilai absolutnya pada sisi kanan persamaan (2.25). Perumusan kesalahan standar ini menjadi sangat berguna untuk menentukan korelasi-silang yang signifikan.

Hal terakhir yang perlu dilakukan pada tahap ini adalah, bahwa autokorelasi yang biasa, dapat dihitung untuk deret input maupun output yang telah diputihkan. Untuk deret x_t yang telah diputihkan (α_t) seharusnya tidak terdapat beberapa autokorelasi yang signifikan, tetapi pada deret y_t 'yang diputihkan' (β_t) terdapat beberapa pola karena memang itulah yang diharapkan dari fungsi transfer. [Makridakis, 1995, hal 455-458]

2.3.2.1.5. Penaksiran Langsung Bobot Impuls

Setelah dilakukan pemutihan deret input dan deret output, dan perhitungan korelasi-silang antara kedua deret yang diputihkan tersebut, kemudian dilakukan perhitungan untuk memperoleh penaksiran langsung untuk masing-masing bobot respons impuls (*impulse response weight*) pada persamaan (2.27). Bobot respons impuls adalah sebuah deret berkala X_t yang berpengaruh terhadap Y_t dalam sebuah sistem dinamis terhadap sebuah periode waktu yang akan datang. Rumusannya sebagai berikut :

$$v_k = \frac{r_{\alpha\beta}(k)S_\beta}{S_\alpha}$$

atau

$$v_k = \frac{C_{\alpha\beta}(k)}{S_\alpha^2} = \frac{r_{\alpha\beta}(k)S_\beta}{S_\alpha} \quad \dots(2.28)$$

Di mana v_k : bobot respons impuls

$r_{\alpha\beta}$: korelasi silang antara α dan β

S_β : standar deviasi β

S_α : standar deviasi α

2.3.2.1.6. Penetapan (r, s, b) untuk Model Fungsi Transfer

Tiga parameter kunci di dalam model fungsi transfer adalah (r, s, b), dimana r menunjukkan derajat fungsi $\delta(B)$, s menunjukkan derajat fungsi $\omega(B)$ dan b menunjukkan keterlambatan yang dicatat pada subskrip dari X_{b-t} pada persamaan (2.17). Parameter b mungkin merupakan yang paling sederhana untuk dihadapi. Apabila korelasi-silang diuji dan $r_{\alpha\beta}(0) = r_{\alpha\beta}(1) = r_{\alpha\beta}(2) = 0$, tetapi $r_{\alpha\beta}(3) = 0.5$, maka kita mengetahui bahwa $b = 3$. Dengan kata lain, terdapat lag absolute sebesar 3 periode sebelum deret input α mulai mempengaruhi deret output β . Dengan memperhatikan persamaan (2.25) dan (2.26), dan penetapan :

$$v(B)x_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)}x_{t-b} \quad \dots (2.29)$$

Di mana v_0, v_1, \dots, v_g : nilai bobot respon impuls ke- g , di mana

$$g = 1, 2, 3, \dots, g$$

x_t : nilai variable x pada orde ke- t

$x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-b}$: nilai variable x pada orde ke- $t-b$

$\omega(B)$: derajat fungsi dari s

$\delta(B)$: derajat fungsi dari r

Apabila pernyataan $v(B)$, $\omega(B)$ dan $\delta(B)$ diperluas dan koefisien-koefisiennya dibandingkan, akan didapatkan hubungan sebagai berikut :

$$v_j = 0 \text{ untuk } j < b, \quad \dots(2.30a)$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \dots + \delta_r v_{j-r} + \omega_0 \text{ untuk } j = b, \quad \dots(2.30b)$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \dots + \delta_r v_{j-r} - \omega_{j-b} \text{ untuk } j = b+1, \dots, b+s, \quad \dots(2.30c)$$

$$v_j = \delta_1 v_{j-1} + \dots + \delta_r v_{j-r} \text{ untuk } j > b+s. \quad \dots(2.30d)$$

Apabila berfikir secara intuitif tentang arti (r,s,b) , maka nilai b menyatakan bahwa y_t tidak dipengaruhi oleh nilai x_t sampai periode $t+b$. Sedangkan nilai s menyatakan untuk berapa lama deret output (y_t) secara terus menerus dipengaruhi nilai-nilai baru dari deret input (x_t). dan untuk nilai r menunjukkan bahwa y_t berkaitan dengan nilai-nilai masa lalunya.

Tiga prinsip petunjuk dalam menentukan nilai yang tepat untuk (r, s, b) :

1. Sampai *lag* waktu b , korelasi-silang tidak akan berbeda dari nol secara signifikan.
2. Untuk s *time lag* selanjutnya, korelasi-silang tidak akan memperlihatkan adanya pola yang jelas.
3. Untuk r *time lag* selanjutnya, korelasi-silang akan memperlihatkan adanya suatu pola yang jelas.

Kenyataan dari persoalan tersebut adalah bahwa jarang untuk menguji diagram korelasi-silang dan membuat ketiga nilai (r, s, b) tersebut menampakkan diri secara jelas. [Makridakis, 1995, hal 459-460]

2.3.2.1.7. Pengujian Pendahuluan Deret Gangguan (*Noise Series*)

Bobot v diukur secara langsung dan memungkinkan dilakukannya perhitungan nilai taksiran pendahuluan dari deret gangguan n_t , karena :

$$y_t = v(B) X_t + n_t,$$

maka

$$n_t = y_t - v_0 x_t - v_1 x_{t-1} - v_2 x_{t-2} - \dots - v_g x_{t-g} \quad \dots (2.31)$$

Di mana n_t : deret gangguan “noise”
 y_t : nilai variable Y pada orde ke- t
 $x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-g}$: nilai variable X pada orde ke- t
 v_0, v_1, \dots, v_g : nilai bobot respon impuls ke- g
 g : nilai praktis yang dipilih untuk meramalkan

Fungsi $v(B)$ mempunyai jumlah suku tak terbatas, akan tetapi pada tahap 2.3.2.1.5 hanya 10 atau 15 bobot v yang akan dihitung, dan ini sudah dianggap memuaskan sebagai analisis pendahuluan dari deret gangguan (*noise series*).

2.3.2.1.8. Penetapan (p_n, q_n) untuk Model ARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari Deret Gangguan

Setelah diketahui deret gangguan, kemudian nilai-nilai n_t dianalisis dengan cara ARIMA biasa untuk menemukan apakah terdapat model ARIMA

$(p_n, 0, q_n)$ yang tepat. Nilai-nilai autokorelasi, autokorelasi parsial dan spectrum garis ditetapkan dan juga nilai p_n dan q_n untuk *autoregresif* dan proses *moving average* berturut-turut dapat ditentukan. Dengan cara ini, fungsi $\phi_n(B)$ dan $\theta_n(B)$ untuk deret gangguan n_t pada persamaan (2.20) diperoleh, untuk mendapatkan :

$$\phi_n(B)n_t = \theta_n(B)\alpha_t \quad \dots (2.32)$$

Di mana $\phi_n(B)$: operator *Autoregresif* (AR) orde ke-k
 $\theta_n(B)$: operator *Moving Average* (MA) orde ke-k
 n_t : deret gangguan atau "noise"
 α_t : gugus nilai sisa.

2.3.2.2. Penaksiran Parameter-parameter Model

Model fungsi transfer yang telah ditentukan secara tentatif, yang dapat ditulis sebagai :

$$y_t = v(B)X_t + n_t \quad \dots(2.33)$$

Dari persamaan di atas, perlu ditaksir parameter-parameter $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \delta_1, \delta_2, \theta_1, \phi_1$ dan ϕ_2 .

2.3.2.2.1. Taksiran Awal Parameter-parameter

Persamaan (2.28) menyatakan secara eksplisit hubungan antara fungsi impuls, $v(B)$, fungsi koefisien kiri dan kanan, $\delta(B)$ dan $\omega(B)$. Dalam bentuk yang dikembangkan, persamaan (2.29a) sampai (2.29d) menjelaskan secara

rinci hubungan model transfer (r,s,b) . Pembobot impuls v_0, v_1, \dots, v_g diperkirakan secara eksplisit dan diperkirakan dapat dipergunakan untuk menyelesaikan parameter yang tidak diketahui dari bentuk model transfer (r, s, b) berdasarkan persamaan (2.30a) sampai (2.30d).

2.3.2.3. Pemeriksaan Diagnostik Pada Model

Adalah suatu hal yang biasa dalam pemodelan ARIMA untuk mengidentifikasi lebih dari satu bentuk model, memperkirakan parameter pada setiap model, dan kemudian mengerjakan pemeriksaan diagnostik yang hati-hati untuk menguji validitas (kesahihan) model. Hal yang sama juga dilakukan pada pemodelan fungsi transfer. Bagian yang menarik dalam kasus ini ada dua yaitu (i) deret sisa akhir α_t , dan (ii) hubungan antara deret α_t ini dengan deret input yang disesuaikan, yang sudah dirancang α_t . Perhitungan deret α_t dalam bentuk singkat prosedurnya adalah :

$$y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta_k(B)}{\phi_k(B)} \alpha_t \quad \dots(2.34)$$

Karena itu bila dikalikan dengan $\delta(B)\phi(B)$ diperoleh :

$$\delta(B)\phi(B)y_t = \phi(B)\omega(B)x_{t-b} + \delta(B)\theta(B)\alpha_t \quad \dots(2.35)$$

2.3.2.3.1. Analisis Nilai Sisa (Residu) : Autokorelasi

Autokorelasi pada dasarnya hanya memperlihatkan sebagian kecil dari pola. Begitu juga autokorelasi parsial mendukung pernyataan bahwa deret α_t pada hakekatnya merupakan *noise* random. Adalah memungkinkan

menggunakan uji *Box-Pierce* χ^2 dalam menentukan apakah gugus autokorelasi secara signifikan berbeda dengan nol. Untuk deret stasioneritas ARIMA (p,d,q) formulanya adalah sebagai berikut :

$$\chi^2_{(df)} = n \sum_{k=1}^m r^2(k) \quad \dots(2.36)$$

Di mana n : jumlah pengamatan

m : waktu tunda terbesar yang diperhatikan

$r(k)$: autokorelasi untuk waktu tunda k

df : derajat bebas = $m-p-q$

2.3.2.3.2. Analisis Nilai Sisa : Korelasi Silang

Di dalam proses perkiraan langsung bobot fungsi transfer dibuat asumsi bahwa deret input (α_t) yang disesuaikan adalah bebas dari komponen *noise* (a_t) random. Karena itu bagian penting dari proses diagnostik adalah untuk membuktikan asumsi ini. Untuk deret input (α_t) dan deret a_t akhir, dihitung korelasi-silangnya. Untuk menguji apakah terdapat korelasi-silang yang signifikan, digunakan uji *Box-Pierce* χ^2 , formula yang sesuai untuk uji keterpautan α_t dan a_t , adalah sebagai berikut :

$$\chi^2_{(m-r-s)} = (N - n^*) \sum_{k=1}^m r_a^2(k) \quad \dots(2.37)$$

Di mana (r,s) : parameter model fungsi transfer

m : lag maksimum

N : jumlah pengamatan - 1

n^* : nilai maksimum $(s+b+p_n)$ dan (p_x) , dimana p_x adalah jumlah parameter AR pada model ARIMA dengan deret input (x_t) .

2.3.2.4. Peramalan Menggunakan Model Fungsi Transfer

Sebelum menggunakan persamaan dari model fungsi transfer yang diperoleh untuk meramalkan nilai-nilai y_t , terlebih dahulu perlu diramalkan nilai-nilai untuk x_t , dengan menggunakan model ARIMA yang telah diperoleh dengan menggunakan program *Minitab* versi 13.20. Dan perlu ditetapkan bahwa unsur kesalahan (a_t) dalam periode peramalan sama dengan nol.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Obyek dan Tempat Penelitian

Lokasi dan tata letak pabrik PT. Sari Husada terdiri dari empat bagian, yaitu Kantor Pusat dan Marketing yang berada di Gedung Tirta Building Lantai 3, Jl. Rasuna Said Kav. B3 Jakarta Selatan; Pabrik I berada di Jl. Kusumanegara No. 173, Tromol Pos 37, Kelurahan Muja-muju, Kecamatan Umbulharjo, Yogyakarta; Pabrik II yang berada di Jl. Raya Jogja-Solo Km. 19 Desa Kemudo, Kecamatan Prambanan, Klaten; dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik I yang terletak di bantaran kali Gajah Wong. Sedangkan penelitian ini dilakukan di Pabrik I. PT. Sari Husada bergerak di bidang industri susu bagi bayi, anak-anak serta ibu hamil dan menyusui.

PT. Sari Husada, Tbk memproduksi susu dengan merk terkenal seperti SGM, Vitalac, Lactamil, LLM, FCMP dan produk Lisensi lainnya, dengan berbagai ukuran kemasan dan rasa yang telah disesuaikan dengan kebutuhan konsumen. Penelitian ini dikhususkan pada produk utama PT. Sari Husada yaitu, SGM, Vitalac, Lactamil, LLM dan FCMP, dan data yang digunakan merupakan data biaya promosi dan penjualan bulanan selama tahun 1999 sampai dengan 2003.



3.2. Tahap Pengumpulan Data

3.2.1. Sumber Data

Berdasarkan sumbernya data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder dari biaya promosi dan hasil penjualan produk utama bulanan selama tahun 1999 sampai dengan 2003, yang diperoleh dari bagian Marketing Support dan Logistik & Administration Marketing.

3.2.2. Identifikasi Data

Variabel yang diteliti pada penelitian ini :

1. Biaya promosi tiap bulan selama 1999 sampai dengan 2003, yaitu biaya yang dikeluarkan dalam kampanye pemasaran, dalam milyar rupiah.
2. Volume penjualan produk utama tiap bulan selama 1999 sampai dengan 2003, yaitu banyaknya jumlah produk utama yang berhasil terjual, dalam satuan *Carton Box*.

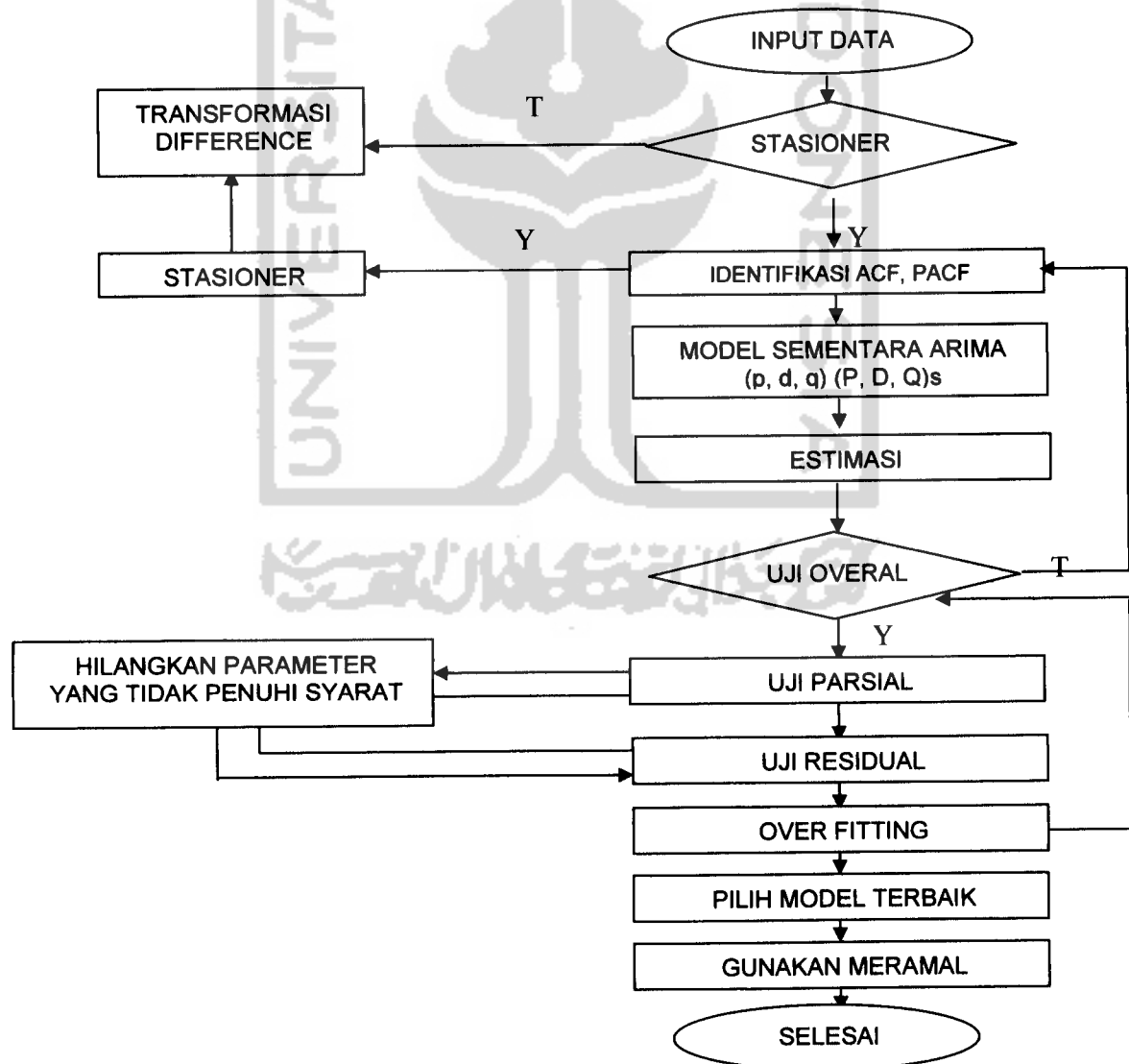
3.2.3. Metode Pengumpulan data

Data didapat secara langsung dari bagian *Marketing Support* dan *Logistik & Administration Marketing* Pabrik I PT. Sari Husada. Metode pengumpulan data adalah dengan menggunakan dokumen atau catatan tertulis dari pihak pengelola maupun dari literatur-literatur yang berkaitan dengan persoalan yang akan dibahas. Pengumpulan data ini dengan mempelajari pembukuan laporan

kegiatan promosi dan penjualan yang berisikan data-data biaya promosi dan penjualan produksi susu dalam berbagai merk, ukuran kemasan dan rasa, dimana data telah diolah dan dikelompokkan dalam tabel setiap bulan.

3.3. Metode Analisis Data

Proses perhitungan dari data yang diperoleh dalam penelitian ini, akan mengacu pada perangkat lunak (*software*) *Minitab 13.20*, yang didalamnya memuat Analisis Runtun Waktu (*Time Series*) *Box-Jenkins*, dengan tahapan sebagai berikut:

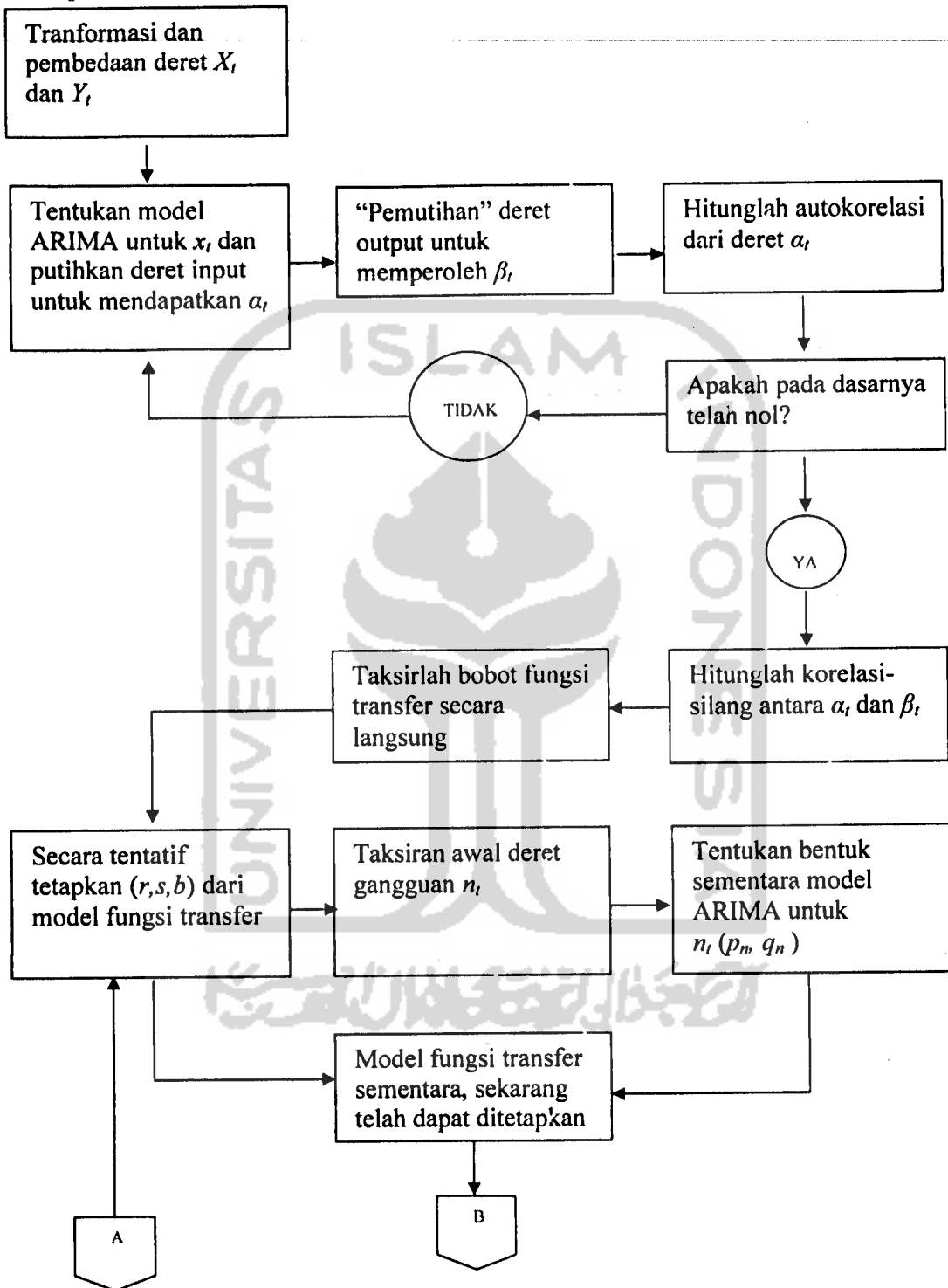


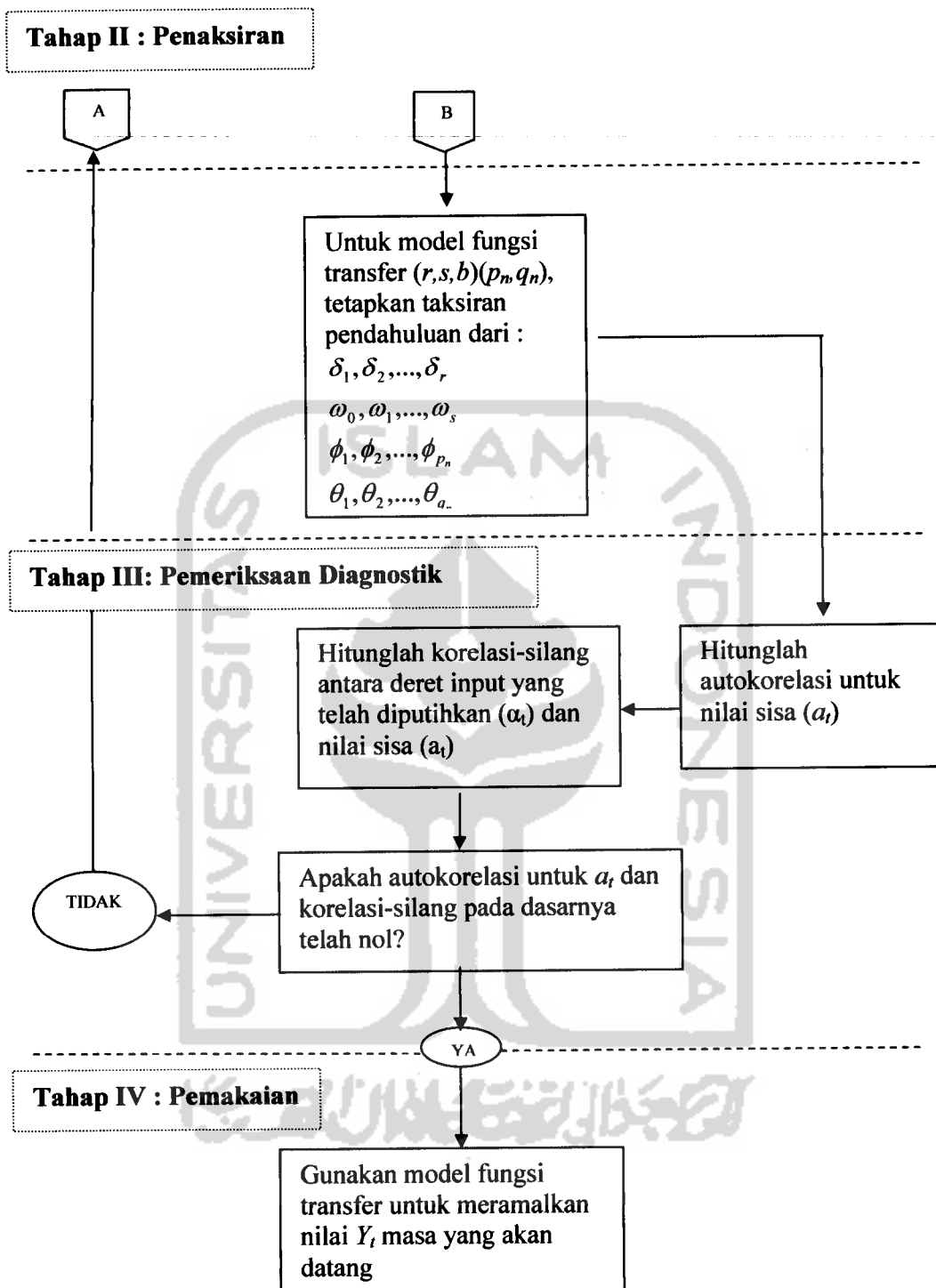
Gambar 3.1 Langkah-langkah Analisis Runtun Waktu

Beberapa tahapan dalam proses pembentukan model fungsi transfer, yaitu

1. Identifikasi Bentuk Model
 - 1.1. Mempersiapkan deret input dan deret output
 - 1.2. Pemutihan deret input
 - 1.3. Pemutihan deret output
 - 1.4. Perhitungan korelasi silang (*Cross Correlation*) dan Autokorelasi untuk deret input dan deret output yang telah diputihkan
 - 1.5. Penarikan langsung bobot respon impuls
 - 1.6. Penetapan (r,s,b) untuk model fungsi transfer yang menghubungkan deret input dan deret output
 - 1.7. Penaksiran awal deret gangguan (n_t) dan perhitungan autokorelasi & autokorelasi parsial
 - 1.8. Penetapan (p_n, q_n) untuk Model ARIMA (p_n, ζ, q_n) dari deret gangguan (n_t)
2. Penaksiran parameter-parameter model fungsi transfer
 - 2.1. Taksiran nilai parameter-parameter
3. Pemeriksaan Diagnostik Pada Model
 - 3.1. Analisis Nilai Sisa (Residu) : Autokorelasi
 - 3.2. Analisis Nilai Sisa : Korelasi Silang
4. Peramalan Menggunakan Model-model Fungsi Transfer
 - 4.1. Peramalan Versi Model Fungsi Transfer

Tahap I : Identifikasi





Gambar 3.2. Langkah-langkah Dasar di dalam Mengembangkan Model Fungsi Transfer. [Makridakis, 1995, hal 452-453]

BAB IV

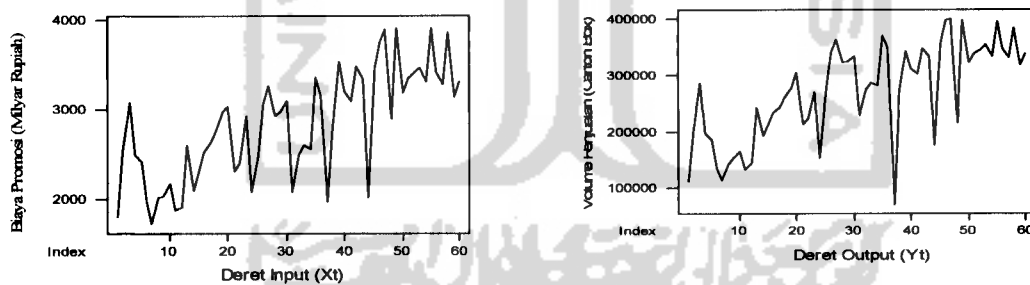
PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

4.1. Pengolahan Data

Pengolahan data asli untuk biaya promosi sebagai deret input (X_t) dan volume penjualan sebagai deret output (Y_t) dilakukan dengan paket program *Minitab versi 13.20* antara lain sebagai berikut :

4.1.1. Identifikasi Bentuk Model

Sebelum melakukan identifikasi bentuk model diperlukan pemeriksaan terhadap stasioner data. Untuk itu perlu diplotkan data asli dari deret input (X_t) dan deret output (Y_t) pada tabel 4.1 lampiran 1, seperti pada gambar berikut ini :



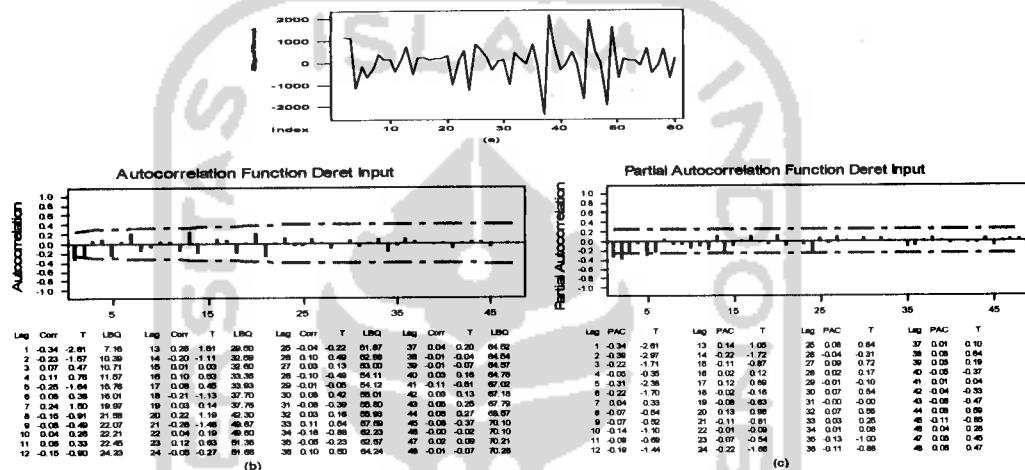
Gambar 4.1. *Time Series* Plot Biaya Promosi/ Deret Input (X_t) dan Volume Penjualan/ Deret Output (Y_t)

Dari gambar Plot Runtun Waktu di atas memperlihatkan data berfluktuasi tetap atau fluktuasinya cenderung konstan, sehingga dapat dikatakan bahwa data stasioner dalam hal varian.

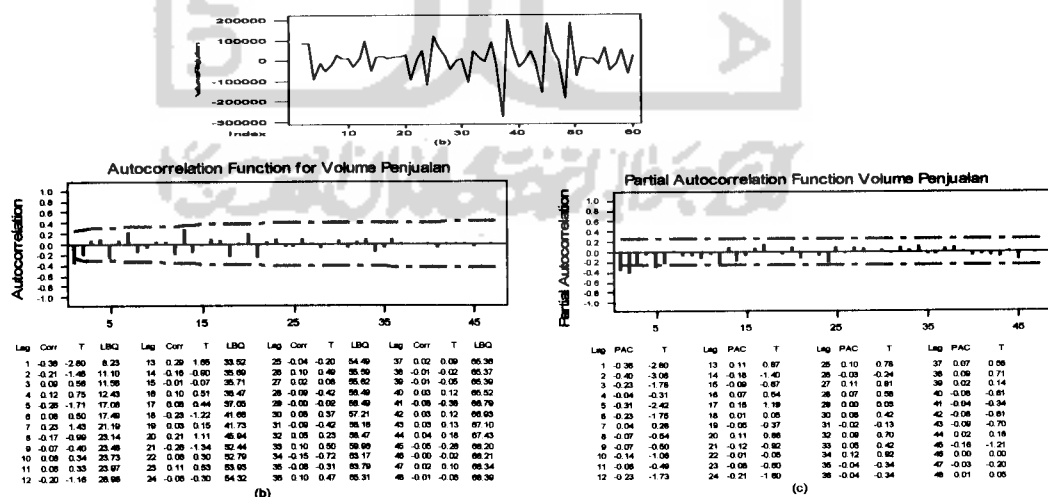


4.1.1.1. Mempersiapkan Deret Input dan Deret Output

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa tidak perlu dilakukan transformasi deret X_t dan Y_t , akan tetapi perbedaan pertama (gambar 4.3 dan 4.4) mungkin dapat membantu memperbaiki stasioneritas. Hasil dari pembedaan data asli deret input (X_t) dan deret output (Y_t) dapat dilihat dalam lampiran 1 tabel 2. Berikut ini plot data deret input (X_t) dan deret output (Y_t) dari data yang telah dibedakan



Gambar 4.2. (a) Time Series Plot Data Biaya Promosi, (b) Autocorrelation, (c) Partial Autocorrelation setelah Pembedaan



Gambar 4.3. (a) Time Series Plot Data Volume Penjualan, (b) Autocorrelation, (c) Partial Autocorrelation Setelah Pembedaan

Dalam plot ACF gambar 4.2 dan 4.3 terlihat bahwa data telah stasioner dalam hal varian dan mean. Plot autokorelasi untuk deret input (X_t) dan deret output (Y_t) memperlihatkan bahwa pada lag ke-2 telah masuk garis batas, sehingga data dapat dikatakan telah stasioner dalam hal mean. Dalam ACF dapat dilihat bahwa proses AR terjadi, yaitu adanya dua lag yang keluar pada PACF, maka model AR (2). Selain itu diperkirakan data memperlihatkan adanya unsur musiman, karena adanya kecenderungan naik turun yang berurutan pada lag-nya dan jika dilihat dari lag 1, lag 3, lag 6 naik sehingga disebut sebagai musiman 3. Untuk identifikasi musimannya, terlihat pada lag 3 keluar batas, maka disebut SAR(1). Dalam grafik PACF gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan bahwa proses MA terjadi, yaitu dengan adanya satu lag yang keluar batas, maka model MA (1). Sedangkan terlihat pada lag 3 tidak keluar dari garis batas, maka disebut SMA(0). Sehingga model sementara yang akan digunakan adalah ARIMA (2,1,1)(1,0,0)³. Dari identifikasi model di atas, selanjutnya dilakukan estimasi dan pengujian model. Output komputer dari model didapatkan hasil sebagai berikut :

ARIMA (2,1,1) (1,0,0)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-1.3117	0.1972	-6.65	0.000
AR 2	-0.4054	0.1415	-2.87	0.006
SAR 3	-0.0124	0.1780	-0.07	0.945
MA 1	-0.9590	0.1888	-5.08	0.000
Constant	59.5	197.0	0.30	0.764

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 32332523 (backforecasts excluded)

MS = 598750 DF = 54

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	23.1	44.5	59.7	68.1
DF	7	19	31	43
P-Value	0.002	0.001	0.001	0.009

Gambar 4.4. Output Model ARIMA (2,1,1) (1,0,0)³ dengan Paket Program

Komputer Minitab 13.20

i) Uji Overall

- $H_0 : \rho_k = 0$, dimana $k = 1, 2, \dots, 48$.

$$H_1 : \rho_k \neq 0$$

- $\alpha = 0,05$
- Daerah kritis :

$$H_0 \text{ ditolak jika } \chi^2_{\text{hitung}} > \chi^2_{\text{tabel}}$$

$$H_0 \text{ diterima jika } \chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$$

$$\text{Di mana } \chi^2_{\text{tabel}} : \chi^2_{(\alpha; df)} : \chi^2_{(0.05; 43)} = 59.3035$$

- Statistik uji

$$Q = (N - d) \sum_{k=1}^m r_k^2$$

- Kesimpulan

Dengan tingkat signifikansi 5% pada lag ke-43 diperoleh nilai χ^2 sebesar $68.1 < 59.3035$, maka H_0 ditolak atau $\rho_k \neq 0$ (ACF residual berkorelasi), yang berarti menunjukkan bahwa model kurang sesuai.

Karena dari model di atas ternyata model yang diperoleh dari identifikasi tidak layak, maka perlu diajukan model lain, misal model ARIMA (2,1,0)(1,0,0)³. Kemudian dilakukan estimasi dan pengujian model. Dari output komputer dari model yang diajukan didapatkan hasil sebagai berikut :

i) Uji Overall

- $H_0 : \rho_k = 0$, dimana $k = 1, 2, \dots, 48$.

$$H_1 : \rho_k \neq 0$$

- $\alpha = 0,05$
- Daerah kritis :

H_0 ditolak jika $Q > \chi^2_{\text{tabel}}$

H_0 diterima jika $Q \leq \chi^2_{\text{tabel}}$

Di mana $\chi^2_{\text{tabel}} : \chi^2_{(\alpha;df)} : \chi^2_{(0,05;43)} = 59.3035$

- Statistik uji

$$Q = (N - d) \sum_{k=1}^m r_k^2$$

- Kesimpulan

Dengan tingkat signifikansi 5% pada lag ke-48 diperoleh nilai χ^2 sebesar $68.1 < 59.3035$, maka H_0 ditolak atau $\rho_k \neq 0$ (ACF residual berkorelasi), yang berarti menunjukkan bahwa model kurang sesuai.

Karena dari model di atas ternyata model yang diperoleh dari identifikasi tidak layak, maka perlu diajukan model lain, misal model ARIMA (2,1,0)(1,0,0)³. Kemudian dilakukan estimasi dan pengujian model. Dari output komputer dari model yang diajukan didapatkan hasil sebagai berikut :

ARIMA (2,1,0)(1,0,0)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.6414	0.0958	-6.69	0.000
AR 2	-0.7224	0.1014	-7.12	0.000
SAR 3	-0.5260	0.1227	-4.29	0.000
Constant	66.81	81.78	0.82	0.417

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 21701605 (backforecasts excluded)
MS = 394575 DF = 55

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	8.0	24.8	33.8	37.2
DF	8	20	32	44
P-Value	0.430	0.209	0.381	0.756

Gambar 4.5. Output Model ARIMA (2,1,0)(1,0,0)³ dengan Paket Program Komputer *Minitab 13.20*

i) Uji Overall

- $H_0 : \rho_k = 0$, dimana $k = 1, 2, \dots, 48$.

$$H_1 : \rho_k \neq 0$$

- $\alpha = 0,05$

- Daerah kritis :

$$H_0 \text{ ditolak jika } Q > \chi^2_{\text{tabel}}$$

$$H_0 \text{ diterima jika } Q \leq \chi^2_{\text{tabel}}$$

$$\text{Di mana } \chi^2_{\text{tabel}} : \chi^2_{(1-\alpha, df)} : \chi^2_{(0.95; 44)} = 60.4809$$

- Statistik uji

$$Q = (N - d) \sum_{k=1}^m r_k^2$$

- Kesimpulan

Dengan tingkat signifikansi 5% pada lag ke-48 diperoleh nilai χ^2 sebesar $37.2 < 60.4809$, maka H_0 diterima atau $\rho_k = 0$ (ACF residual tidak berkorelasi), yang berarti menunjukkan bahwa model sesuai.

ii) Uji Parsial

- $H_0 : \phi_1 = 0$ $H_0 : \phi_2 = 0$ $H_0 : \Phi_3 = 0$
 $H_1 : \phi_1 \neq 0$ $H_1 : \phi_2 \neq 0$ $H_1 : \Phi_3 \neq 0$

- $\alpha = 0,05$

- Daerah kritis :

Tolak H_0 jika $T_{hitung} > T_{tabel}$ atau $T_{hitung} < -T_{tabel}$

Terima H_0 jika $-T_{tabel} \leq T_{hitung} \leq T_{tabel}$

Di mana $T_{tabel} : T_{(1-\alpha/2; df-1)} = T_{(0,975; 54)} = 2.0049$

- Statistik uji,

$$T_{hitung} \text{ AR} = \frac{\hat{\phi}_k}{S_{\hat{\phi}_k}}$$

$$T_{hitung} \text{ SAR} = \frac{\hat{\Phi}_k}{S_{\hat{\Phi}_k}}$$

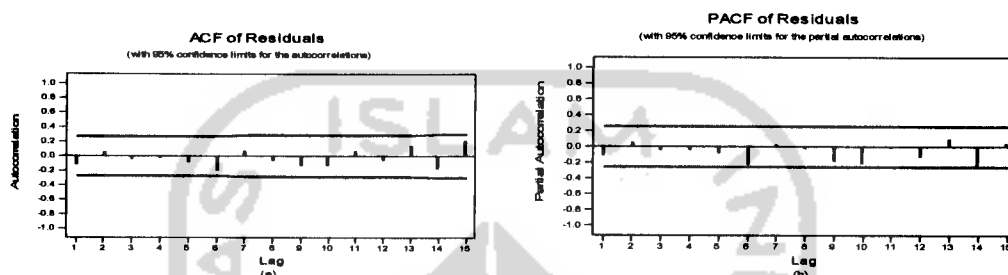
- Kesimpulan

Dengan tingkat signifikansi 5%, diperoleh

- T_{hitung} pada AR 1 = $-6.69 < -2.0049$, maka H_0 ditolak, artinya model AR(1) dapat dimasukkan dalam model.
- T_{hitung} pada AR 2 = $-7.12 < -2.0049$, maka H_0 ditolak, artinya model AR(2) dapat dimasukkan dalam model.

- T_{hitung} pada SAR 3 = $-4.29 < -2.0049$, maka H_0 ditolak, artinya model SAR(3) dapat dimasukkan dalam model.

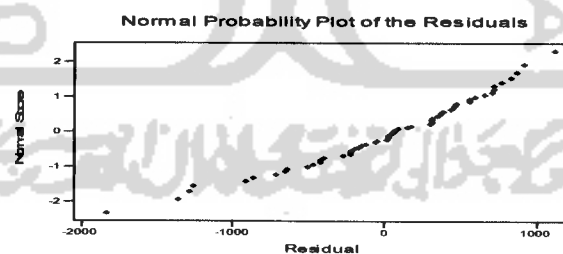
Setelah didapatkan model yang sesuai, selanjutnya untuk apakah model dapat digunakan untuk peramalan, digunakan plot ACF dan PACF Residual, sebagai berikut :



Gambar 4.6. Grafik ACF dan PACF Residual Biaya Promosi

Dari grafik ACF dan PACF Residual di atas tampak bahwa semua *lag* telah masuk dalam garis batas, sehingga secara statistik dapat dikatakan bahwa asumsi independensi sudah terpenuhi.

Selanjutnya untuk melihat apakah residual berdistribusi normal, yaitu dengan melihat plot normal probabilitas dari residual, sebagai berikut :



Gambar 4.7. Plot Normal Probabilitas Residual dari biaya Promosi

Dari plot normalitas di atas, jika dibuat garis lurus dari kiri bawah ke kanan atas, maka terlihat data tersebar di sekeliling garis. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa residual berdistribusi normal.

Langkah selanjutnya adalah *overfitting*, yaitu mengajukan model-model lain dengan parameter-parameter extra, yaitu ARIMA (2,1,0)(2,0,0)³, ARIMA (2,1,0)(0,0,1)³, ARIMA (2,1,0)(1,0,1)³, ARIMA (2,1,1)(1,0,1)³, ARIMA (2,1,0)(2,0,1)³, ARIMA (2,1,1)(0,0,1)³, ARIMA (1,1,0)(0,0,1)³, dan ARIMA (2,1,0)(0,0,2)³. Kemudian dilihat apakah model tersebut benar-benar lebih unggul dengan memilih nilai MSE terkecil. Secara keseluruhan *overfitting* dapat dilihat di lampiran 1. Setelah melakukan *overfitting* didapatkan model dan dengan melihat nilai MSE dari model yang diperoleh, sebagai berikut :

Tabel 4.3. Nilai MSE dari Model yang Sesuai dari Hasil Overfitting

MODEL	MSE
ARIMA (2,1,0)(1,0,0) ³	394575
ARIMA (2,1,0)(0,0,1) ³	330082*

Pada *overfitting*, model yang dapat digunakan adalah model dengan nilai MSE terkecil. Dari tabel di atas didapat nilai MSE terkecil (bertanda *) yaitu pada model ARIMA ARIMA (2,1,0)(0,0,1)³.

Setelah didapatkan model, langkah selanjutnya adalah *verifikasi*, yaitu untuk mengetahui apakah model benar-benar cocok untuk digunakan dalam peramalan yang akan datang. Dalam hal ini dilakukan dengan memotong 10% dari data asli, sehingga data yang digunakan dalam verifikasi adalah 54 data.

Verifikasi tersebut dapat dilihat seperti di bawah ini :

- o Untuk Biaya Promosi adalah sebagai berikut :

Forecasts from period 54

Period	Forecast	95 Percent Limits		Actual
		Lower	Upper	
55	354055	240185	467926	396875
56	355592	238918	472266	346693
57	367437	250626	484248	332131
58	366107	248877	483338	364216
59	365979	246948	485009	317342
60	376461	257429	495493	337556

- o Untuk Volume Penjualan adalah sebagai berikut :

Forecasts from period 54

Period	Forecast	95 Percent Limits		Actual
		Lower	Upper	
55	354055	240185	467926	396875
56	355592	238918	472266	346693
57	367437	250626	484248	332131
58	366107	248877	483338	384216
59	365979	246948	485009	317342
60	376461	257429	495493	337556

Gambar 4.8. Output *Forecast* pada model ARIMA (2,1,0)(0,0,1)³ dengan Paket Program Komputer *Minitab 13.20*

4.1.1.2. Pemutihan Deret Input (X_t)

Deret input x_t dapat dimodelkan sebagai proses ARIMA (2,0,0)(0,0,1)³ seperti pada persamaan (2.15) sebagai berikut :

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)x_t = (1 - \theta_1 B^3) \alpha_t \quad \dots(4.1)$$

$$x_t = \phi_1 Bx_t + \phi_2 B^2x_t + \alpha_t - \theta_1 B^3 \alpha_t$$

Untuk menaksir parameter ϕ_1 , ϕ_2 , dan θ_1 dengan paket program *Minitab versi 13.20* diperoleh taksiran parameter $\phi_1 = -0.7755$, $\phi_2 = -0.8808$ dan $\theta_1 = 0.9320$. Dengan adanya nilai parameter tersebut, maka persamaan (4.1) akan menjadi :

$$x_t = -0.7755Bx_t - 0.8808B^2x_t + \alpha_t - 0.9320B^3 \alpha_t \quad \dots(4.2)$$

dan untuk mengkonversikan deret x_t menjadi *white noise* α_t digunakan persamaan:

$$\alpha_t = x_t + 0.7755Bx_t + 0.8808B^2x_t + 0.9320B^3\alpha_t \quad \dots(4.3)$$

$$\alpha_t = x_t + 0.7755x_{t-1} + 0.8808x_{t-2} + 0.9320\alpha_{t-3}$$

Diasumsikan nilai $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$, maka akan diperoleh :

$$\alpha_4 = x_4 + 0.7755x_3 + 0.8808x_2 + 0.9320\alpha_1$$

$$= 712.839$$

Himpunan lengkap dari nilai α_t , yaitu x_t yang telah diputihkan diperlihatkan pada tabel 4.4 lampiran 1.

4.1.1.3. Pemutihan Deret Output (Y_t)

Seperti ditunjukkan pada sub bab 2.3.2.1.3, transformasi pemutihan yang diterapkan pada deret output (y_t) harus sama dengan deret input (x_t), dalam rangka menjaga integritas model fungsi transfer. Dengan menggunakan persamaan (2.22), deret y_t dikonversikan menjadi deret β_t , sebagai berikut :

$$y_t = -0.7755By_t - 0.8808B^2y_t + \beta_t - 0.9320B^3\beta_t \quad \dots(4.4)$$

$$\beta_t = y_t + 0.7755By_t + 0.8808B^2y_t + 0.9320B^3\beta_t \quad \dots(4.5)$$

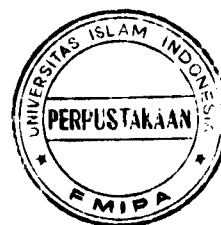
Ditetapkan $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, sehingga nilai β_4, β_5 dan seterusnya dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\beta_t = y_t + 0.7755y_{t-1} + 0.8808y_{t-2} + 0.9320\beta_{t-3}$$

$$\beta_4 = y_4 + 0.7755y_3 + 0.8808y_2 + 0.9320\beta_1$$

$$= -6238.63$$

Himpunan lengkap dari nilai β_t , yaitu y_t yang telah diputihkan diperlihatkan pada tabel 4.4 lampiran 1.



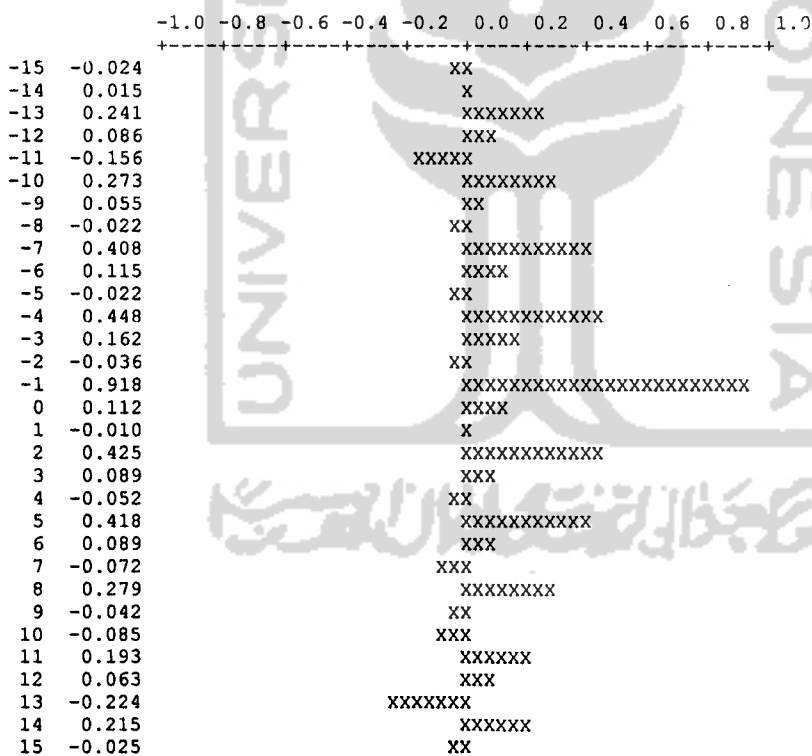
4.1.1.4. Perhitungan Korelasi Silang (*Cross Correlation*) untuk Deret Input (X_t) dan Deret Output (Y_t) yang Telah Diputihkan

Dari nilai-nilai α dan β yang telah diperoleh dari pemutihan deret input (x_t) dan deret output (y_t), diperoleh statistik dasarnya sebagai berikut :

Variable	N	Mean	Median	StDev
α	59	153	91	816
β	59	35558	45040	74855

Gambar 4.9. Output nilai Statistik Deskriptif deret α_t dan β_t dengan Paket Program Komputer *Minitab 13.20*

Untuk nilai-nilai korelasi-silang dengan *time lag* $k = -15$ sampai $k = +15$, dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut ini :



Gambar 4.10. Nilai-nilai Korelasi-Silang untuk *Time Lag* $k = -15$ sampai $k = 15$ dengan paket program komputer *Minitab 13.20*

4.1.1.5. Penaksiran Langsung Bobot Respon Impuls

Dalam melakukan penaksiran langsung bobot impuls, digunakan persamaan (2.29), sebagai berikut :

$$v_0 = \frac{r_{\alpha\beta}(0)S_\beta}{S_\alpha} = 0.112 \frac{74855}{816} = 10.274$$

$$v_1 = \frac{r_{\alpha\beta}(1)S_\beta}{S_\alpha} = -0.010 \frac{74855}{816} = -0.917$$

Berikut ini adalah bobot respon impuls pada *time lag* $k = 0, 1, 2, \dots, 15$.

Tabel 4.5. Bobot Respon Impuls Pertama yang Mendefinisikan

Fungsi Transfer

k	v_k
0	10.27422
1	-0.91734
2	38.98698
3	8.164332
4	-4.77017
5	38.34484
6	8.164332
7	-6.60485
8	25.59381
9	-3.85283
10	-7.7974
11	17.70463
12	5.779246
13	-20.5484
14	19.72282
15	-2.29335

4.1.1.6. Penetapan (r, s, b) untuk Model Fungsi Transfer

Parameter b , yang merupakan nilai mutlak penundaan sebelum deret input mulai mempengaruhi deret output adalah mudah ditentukan. Dengan menggunakan korelasi-silang (gambar 4.10), terlihat untuk $k = 2$ nilai korelasinya adalah 0.425, dengan ini dapat ditentukan nilai $b = 2$ yang artinya pada deret input terdapat 2 bulan penundaan.

Dengan adanya kesulitan praktis dalam mengartikan prinsip-prinsip petunjuk yang digariskan dalam menentukan nilai r dan s , kita dapat berargumen bahwa $r + s = 1$, oleh karena satu korelasi-silang (untuk $k = 2$, pada gambar 4.11) secara signifikan lebih besar dari nol. Walaupun demikian, korelasi-silang mana yang “tidak menunjukkan pola yang jelas” ditentukan secara sembarang. Suatu latihan yang umum dilakukan adalah pemodelan *Box-Jenkins* adalah mencoba model-model yang sedikit berbeda dan melakukan pemilihan diantara model-model tersebut pada tahap diagnostik.

Ditentukan nilai (r, s, b) adalah $(0, 1, 2)$. Karena itu akan diterapkan bentuk persamaan berikut :

$$y_t = (\omega_0 - \omega_1 B)x_{t-2} + \frac{\theta B}{\phi B} \alpha_t \quad \dots(4.5)$$

4.1.1.7. Pengujian Pendahuluan Deret Gangguan (*Noise Series*)

Nilai – nilai taksiran bobot impuls pada tabel 4.7 di atas, digunakan untuk menghitung taksiran awal komponen *noise* dari model fungsi transfer. Dengan menggunakan persamaan (2.31) diperoleh :

$$n_t = y_t - v_0 x_t - v_1 x_{t-1} - v_2 x_{t-2} - \dots - v_{15} x_{t-15} \quad \dots(4.6)$$

Karena digunakan 11 pembobot (v_0 sampai v_{10}), maka akan kehilangan 15 nilai akibat adanya 15 waktu penundaan (*time lags*). Maka untuk n_{11} , dengan melihat tabel 4.7, diperoleh :

$$n_{16} = y_{16} - (10.274)x_{16} - (-0.917)x_{15} - (38.987)x_{14} - \dots - (-2.293)x_1$$

Dengan menggunakan tabel 4.2. lampiran 1, maka diperoleh perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} n_{16} &= 10318 - (10.274)(110) - (-0.917)(224) - \dots - (-2.293)(1160) \\ &= -27113.17 \end{aligned}$$

Begitu juga dengan nilai *noise* yang lain n_{17} , n_{19} , ..., n_{60} dapat ditentukan. Gugus perkiraan awal komponen *noise* sepenuhnya diperlihatkan pada tabel 4.6 lampiran 1 (nilai n_{16} sampai n_{60} dinyatakan sebagai n_1 sampai n_{44}).

Ringkasan statistik untuk deret *noise* awal adalah sebagai berikut :

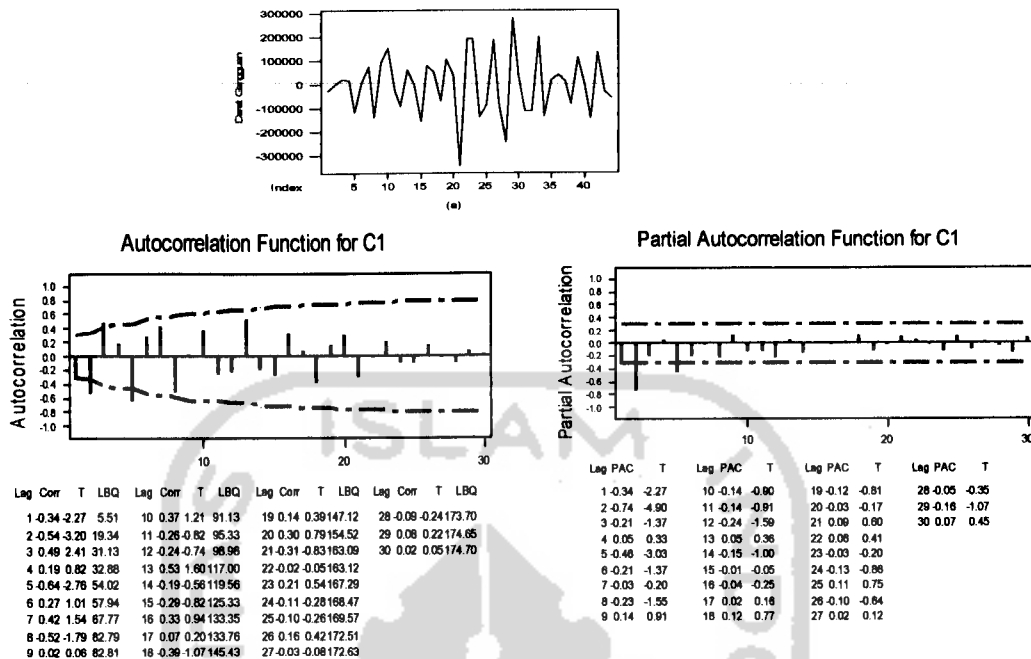
Variable	N	Mean	Median	StDev
n_t	44	-2567	4903	125940

Gambar 4.11. Output nilai Statistik Deskriptif deret *noise* awal dengan Paket Program Komputer *Minitab 13.20*

4.1.1.8. Penetapan (p_n, q_n) untuk Model ARIMA $(p_n, 0, q_n)$ dari Deret Gangguan

(n_t)

Dalam rangka merinci model Fungsi Transfer selengkapnya, perlu dipilih sebuah model ARIMA untuk suatu deret *noise* yang telah terbentuk. Gambar 4.12 memperlihatkan analisis dasar untuk *noise* dari tabel 4.6 lampiran 1.



Gambar 4.12 (a) *Time Series* Plot Deret Gangguan, (b) Autokorelasi Deret Gangguan, (c) Autokorelasi Parsial Deret Gangguan

Dari gambar Plot Runtun Waktu di atas memperlihatkan data berfluktuasi tetap atau fluktuasinya cenderung konstan, sehingga dapat dikatakan bahwa data stasioner dalam hal varian. Dan dapat diketahui bahwa pada grafik ACF menunjukkan bahwa data memperlihatkan bahwa pada *lag* ke-5 telah masuk garis batas, sehingga data dapat dikatakan telah stasioner dalam hal mean dan diperkirakan adanya unsur musiman, yaitu musiman 3. Grafik ACF juga menunjukkan bahwa AR terjadi, yaitu dengan adanya satu *lag* yang keluar batas pada PACF, maka model AR(2) dan pada *lag* ke-3 tidak keluar dari garis batas. Pada grafik PACF menunjukkan bahwa proses MA terjadi, yaitu MA(2). Dan pada *lag* ke-3 keluar dari batas, maka disebut SMA(1). Sehingga model

sementara yang akan digunakan adalah ARIMA (2,0,2)(0,0,1)³. Dari model yang diajukan ternyata pada *output* terlihat bahwa model tidak dapat diestimasi (lihat pada Lampiran). Untuk itu perlu diajukan model lain yang terdapat pada lampiran. Dari langkah tersebut ditentukan model yang sesuai yaitu ARIMA (2,0,0)(0,0,1)³. Karena yang digunakan pada persamaan model fungsi transfer adalah nilai p dan q pada ARIMA, maka nilai $p = 2$ dan $q = 0$.

Dan persamaan yang ditentukan untuk deret gangguan ini adalah sebagai berikut :

$$n_t = \frac{a_t}{(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)} \quad \dots(4.7)$$

4.1.2. Penaksiran Parameter-parameter Model Fungsi Transfer

Dengan melihat persamaan yang terbentuk dari persamaan (4.5) dan (4.7), didapat model Fungsi Transfer sebagai berikut :

$$y_t = (\omega_0 - \omega_1 B)x_{t-2} + \frac{a_t}{(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)} \quad \dots(4.8)$$

Dengan ketentuan persamaan (2.30a) sampai dengan (2.30d) akan didapatkan nilai koefisien untuk parameter ω_0 , ω_1 , dan δ_1 , untuk model $(r,s,b) = (0,1,2)$, persamaan khususnya sebagai berikut :

$$v_0 = 0 \quad \dots(4.9a)$$

$$v_1 = 0 \quad \dots(4.9b)$$

$$v_2 = \omega_0 \quad \dots(4.9c)$$

$$v_3 = \omega_1 \quad \dots(4.9d)$$

Dengan menggunakan pembobot respon impuls pada tabel 4.5, didapatkan nilai parameter ω_0 dan ω_1 dengan menggunakan persamaan (4.9c) dan (4.9d), sebagai berikut :

$$\omega_0 = 38.987$$

$$\omega_1 = 8.164$$

Dengan menggunakan persamaan (2.6) dan (2.8), akan diperoleh nilai parameter untuk koefisien $\hat{\phi}_1$ dan $\hat{\phi}_2$. Dua autokorelasi pertama untuk deret *noise* adalah $r_1 = -0.342$ dan $r_2 = -0.536$, maka parameter untuk koefisien $\hat{\phi}_1$, dan $\hat{\phi}_2$, sebagai berikut :

$$\hat{\phi}_1 = -0.595 \quad \hat{\phi}_2 = -0.739$$

Maka model selengkapnya adalah :

$$y_t = (38.987 - 8.164B)x_{t-2} + \frac{a_t}{(1 + 0.595B + 0.739B^2)}$$

4.1.3. Uji Diagnosa Model Fungsi Transfer

Persamaan (4.8) dikalikan dengan $(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)$ akan didapatkan suatu persamaan baru sebagai berikut :

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)y_t = (\omega_0 - \omega_1 B)(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)x_{t-b} + a_t \quad \dots(4.10)$$

Dan jika dijabarkan lebih lanjut, akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$y_t + (-\phi_1)By_t + (-\phi_2)B^2y_t = (\omega_0)x_{t-b} + (-\phi_1\omega_0 - \omega_1)Bx_{t-b} + (-\phi_2\omega_0 + \omega_1\phi_1)B^2x_{t-b} \\ + (\omega_1\phi_2)B^3x_{t-b} + a_t \quad \dots(4.11)$$

Di mana :

$$By_t = y_{t-1}$$

$$B^2y_t = y_{t-2}$$

$$Bx_{t-b} = x_{t-b-1}$$

$$B^2x_{t-b} = x_{t-b-2}$$

$$d_1 = (-\phi_1) = 0.595$$

$$d_2 = (-\phi_2) = 0.739$$

$$e_1 = (\omega_0) = 38.987$$

$$e_2 = (-\phi_1\omega_0 - \omega_1) = [(0.595)(38.987) - (8.164)] = 15.033$$

$$e_3 = (-\phi_2\omega_0 + \omega_1\phi_1) = [(0.739)(38.987) + (8.164)(-0.595)] = 23.953$$

$$e_4 = (\omega_1\phi_2) = [(8.164)(-0.739)] = -6.033$$

Dengan adanya perubahan tersebut, maka akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$y_t = -d_1By_t - d_2B^2y_t + e_1x_{t-b} + e_2Bx_{t-b} + e_3B^2x_{t-b} + e_4B^3x_{t-b} + a_t \quad \dots(4.12)$$

$$y_t = -0.595y_{t-1} - 0.739y_{t-2} + 38.987x_{t-2} + 15.033x_{t-3} + 23.953x_{t-4} - 6.033x_{t-5} + a_t \quad \dots(4.13)$$

Persamaan (4.13) merupakan persamaan lengkap dari model fungsi transfer untuk biaya promosi dan volume penjualan produk utama yang akan digunakan dalam peramalan.

4.1.3.1. Perhitungan Autokorelasi untuk Nilai Sisa Model (r,s,b) yang

Menghubungkan Deret Input dan Output

Dari persamaan (4.13) akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$a_t = y_t + 0.595y_{t-1} + 0.739y_{t-2} - 38.987x_{t-2} - 15.033x_{t-3} - 23.953x_{t-4} + 6.033x_{t-5} \dots (4.14)$$

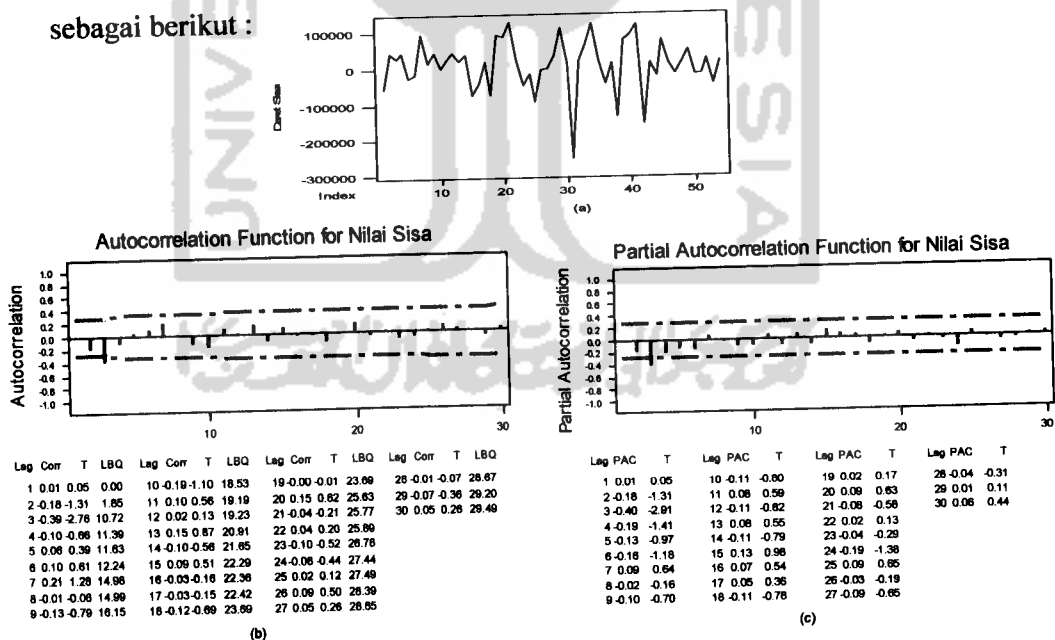
Untuk menghitung nilai a_t , digunakan persamaan (4.14) dan data dari Tabel 4.2 pada lampiran. Dalam perhitungan ini, harus diasumsikan bahwa suku kesalahan a_1, a_2, a_3 , dan a_4 menjadi nol. Sehingga dapat dihitung nilai a_5 dan seterusnya.

$$a_6 = y_6 + 0.595y_5 + 0.739y_4 - 38.987x_4 - 15.033x_3 - 23.953x_2 + 6.033x_1 = -53668.3$$

Begitu juga dengan nilai a_7, \dots, a_{60} dapat ditentukan dan sepenuhnya diperlihatkan pada tabel 4.7 lampiran 1.

A. Analisis Nilai Sisa : Autokorelasi

Nilai-nilai a_t pada tabel 4.7 lampiran 1 diplotkan dalam gambar 4.13 sebagai berikut :



Gambar 4.13. (a) Time Series Plot Deret Nilai Sisa, (b) Autokorelasi Deret Nilai Sisa, dan (c) Autokorelasi Parsial Deret Nilai Sisa

Plot runtun waktu memperlihatkan adanya fluktuasi yang cenderung konstan dan adanya nilai yang tinggi pada akhir plot. Grafik ACF-nya juga memperlihatkan bahwa data telah *cut off*. Sehingga data dapat dikatakan telah stasioner dalam hal varian dan mean. Begitu juga autokorelasi parsial mendukung pernyataan bahwa deret nilai sisa (a_t) pada hakekatnya merupakan *noise* random walaupun terdapat satu parsial yang dapat diperhatikan pada penundaan 3 yang nilainya -0.397.

Uji Box-Pierce χ^2 digunakan untuk menentukan apakah gugus autokorelasi secara signifikan berbeda dengan nol. Dengan rumus sebagai berikut :

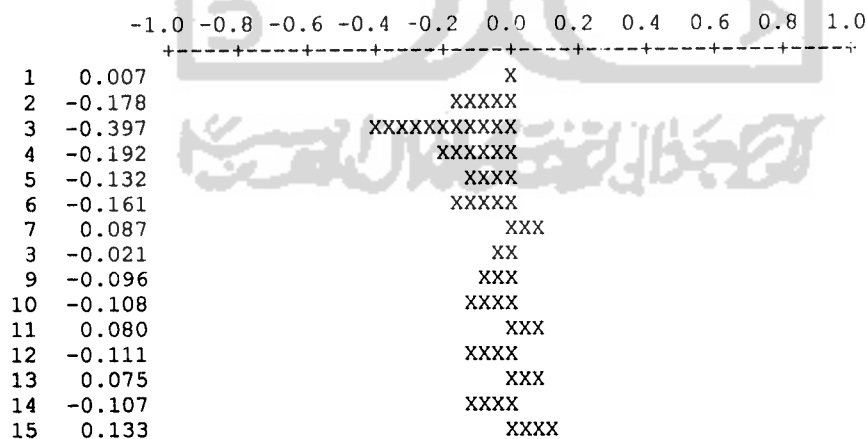
$$\chi^2_{(df)} = n \sum_{k=1}^m r^2(k) \quad \dots(4.17)$$

Di mana n = jumlah pengamatan

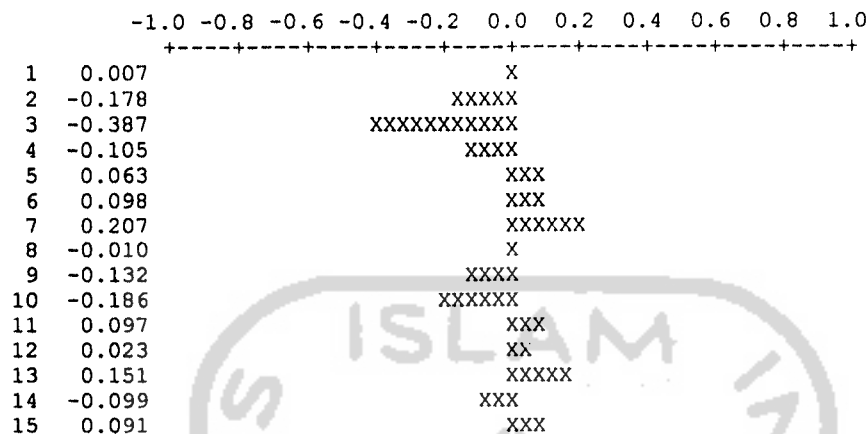
m = waktu tunda terbesar yang diperhatikan

$r(k)$ = autokorelasi untuk waktu tunda k

df = derajat bebas = $m-p-q$



Gambar 4.14. Nilai-nilai Autokorelasi Parsial Gugus Nilai Sisa dengan Paket Program komputer *Minitab 13.20*



Gambar 4.15. Nilai-nilai Autokorelasi Gugus Nilai Sisa dengan Paket Program Komputer *Minitab 13.20*

Sehingga pada penundaan 3, didapatkan :

$$\chi^2_{(3-pn-qn)} = (60-1-r-s-b) \sum_{k=1}^3 r^2_{aa}(k) \quad \dots(4.18)$$

di mana (r,s,b) dan (p_n,q_n) merupakan parameter fungsi transfer, maka akan didapatkan :

$$\chi^2_{(3-2-0)} = (60-1-0-1-2) \sum_{k=1}^3 r^2_{aa}(k)$$

$$\begin{aligned} \chi^2_{(1)} &= 56[(0.007)^2 + (-0.178)^2 + (-0.387)^2] \\ &= 56[0.000048 + 0.031684 + 0.149769] \\ &= 56[0.181501] \\ &= 10.1640 \end{aligned}$$

Dengan melihat $\chi^2_{tabel} = 3.8415$, maka dapat dikatakan bahwa deret a_t pada hakekatnya bukan merupakan deret random.

B. Analisis Nilai Sisa : Korelasi Silang

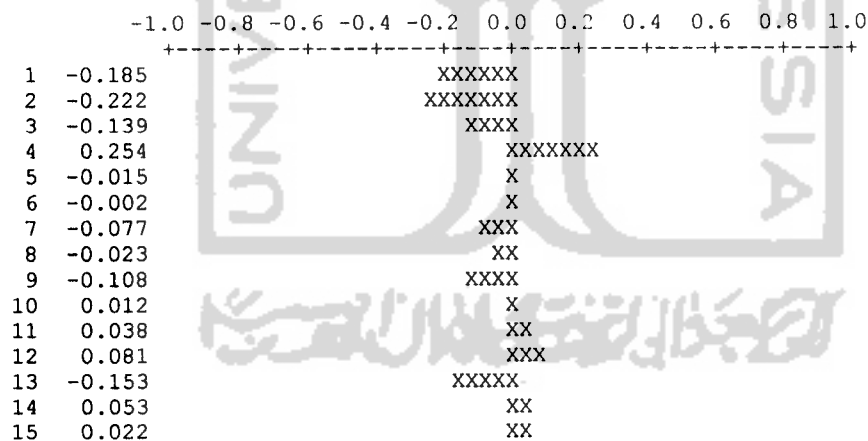
Analisis nilai sisa korelasi silang antara deret input yang telah diputihkan (α_t) dan gugus residu (a_t) adalah salah satu asumsi yang harus dipenuhi dalam fungsi transfer, seperti ditunjukkan pada gambar 4.13 di bawah ini. Untuk menguji kesimpulan ini akan digunakan uji *Box-Pierce* χ^2 , dengan formula yang sesuai untuk uji keterpautan α_t dan a_t , adalah sebagai berikut :

$$\chi^2_{(m-r-s)} = (59 - n^*) \sum_{k=1}^m r_{\alpha a}^2(k)$$

Di mana (r,s) = parameter model fungsi transfer

m = lag maksimum,

n^* = nilai maksimum ($s+b+p_n$) dan (p_x), di mana p_x adalah jumlah parameter AR pada model ARIMA dengan deret input x_t .



Gambar 4.16. Nilai-nilai Korelasi Silang α_t dan a_t dengan Paket Program Komputer *Minitab 13.20*

Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\chi^2_{(3-0-1)} &= (59-7) \sum_{k=1}^3 r^2_{aa}(k) \\ &= 52 [(-0.185)^2 + (-0.222)^2 + (-0.139)^2] \\ &= 52 [0.034225 + 0.049284 + 0.019321] \\ &= 52 [0.10283] \\ &= 5.34716\end{aligned}$$

Dengan melihat $\chi^2_{tabel} = 5.9915$, dapat disimpulkan deret input (a_t) dan gugus residu (a_t) adalah independen.

Berdasarkan uji diagnostik di atas, maka asumsi model fungsi transfer dapat terpenuhi.

4.1.4. Peramalan Menggunakan Model Fungsi Transfer

Dengan menggunakan persamaan (4.13) dan data yang ada dalam tabel 4.2 lampiran 1, dapat dilakukan peramalan y_{t+1} atau y_{61} . dan perlu ditetapkan bahwa unsur kesalahan (a_t) dalam periode peramalan sama dengan nol. Sehingga akan diperoleh nilai y_{61} sebagai suatu peramalan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\hat{y}_{61} &= -0.595y_{60} - 0.739y_{59} + 38.987x_{59} + 15.033x_{58} + 23.953x_{57} - 6.033x_{56} + a_{61} \\ &= 17193.68\end{aligned}$$

Deret y_t merupakan perbedaan pertama dari volume penjualan, maka jika data total volume penjualan merupakan ramalan, perbedaan pertama harus dikonversi. Dengan menggunakan tabel 4.1 lampiran 1, perhitungannya akan menjadi sebagai berikut:

Total volume penjualan periode 61 = Total volume penjualan 60 + \hat{y}_{61}

$$\hat{Y}_{61} = 337556 + 17193.68$$

$$= 354749.68 \approx 354750 \text{ Carton Box}$$

Jadi nilai peramalan yang diperoleh untuk deret Y_t dengan $t = 61$ menggunakan fungsi transfer adalah 354749.68 atau dengan pembulatan ke atas adalah 354750 *Carton Box*.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisis data dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa model fungsi transfer yang ditetapkan untuk meramalkan volume penjualan produk utama adalah sebagai berikut :

$$y_t = -0.595y_{t-1} - 0.739y_{t-2} + 38.987x_{t-2} + 15.033x_{t-3} + 23.953x_{t-4} - 6.033x_{t-5} + a_t$$

Di mana :

y_t = nilai peramalan dari volume penjualan produk utama

y_{t-p} = nilai volume penjualan produk utama pada saat $t-p$, di mana $p = 1, 2$

x_{t-q} = nilai biaya promosi produk utama pada saat $t-b$, di mana $q = 2, 3, 4, 5$.

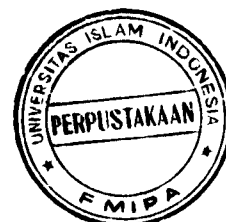
a_{t-r} = nilai kesalahan untuk model fungsi transfer pada saat $t-r$, di mana

$$r = 0.$$

5.2. Saran

Dalam memahami fungsi transfer yang terdiri dari identifikasi model, estimasi dan penggunaan model fungsi transfer yang sesuai, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam hal pengerjaan fungsi transfer, yaitu :

1. Dalam menentukan deret input (x_t) dan output (y_t), harus diperhatikan tingkat hubungan antara keduanya.



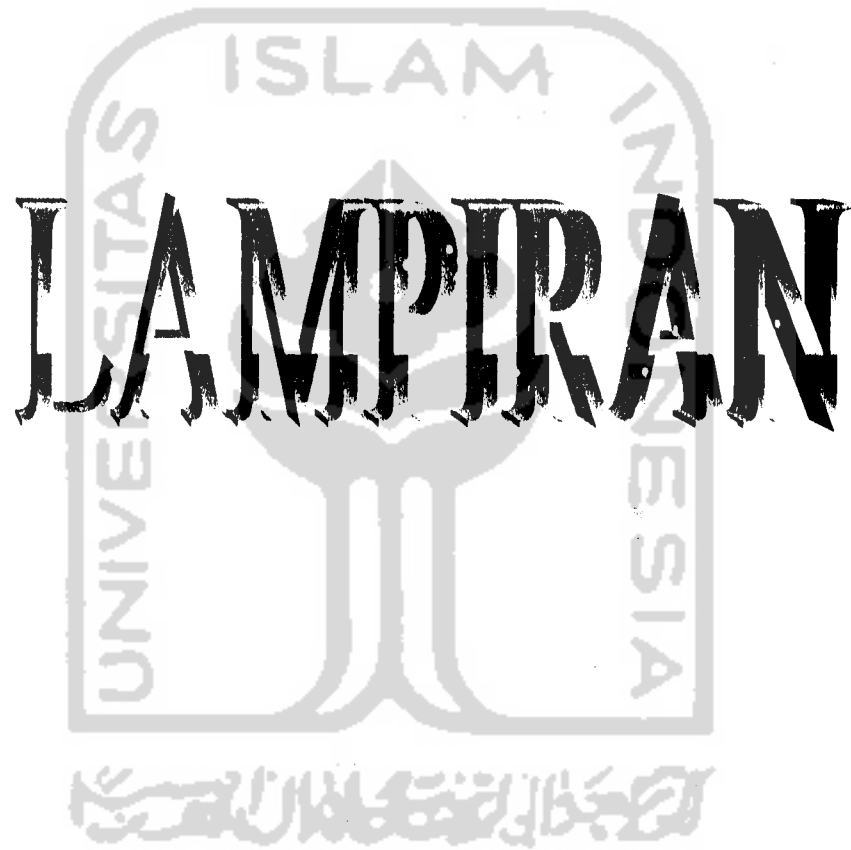
2. Dalam mengajukan model ARIMA, cobalah semua model yang mungkin, untuk dapat menentukan model yang terbaik.
3. Dalam penentuan nilai (r,s,b) perlu hati-hati dan bila perlu cobalah beberapa nilai (r,s,b) yang mungkin, supaya hasilnya tepat.
4. Dalam melakukan perhitungan pada langkah-langkah dalam tahapan pembentukan model, perlu adanya ketelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001. *Sejarah dan Data Perusahaan*. Human Resources Departement,
PT Sari Husada, Tbk. Yogyakarta
- Arsyad, L. 1999. *Peramalan Bisnis*. BPFE. Yogyakarta
- PT. Sari Husada. 2002. *Annual Report*. PT Sari Husada, Tbk. Yogyakarta.
- Makridakis, S., Wheelwright S.C., Mc.Gee V.E., 1995. *Metode dan Aplikasi
Peramalan*. Edisi Kedua. Jilid I. Erlangga. Jakarta.
- Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Universitas Terbuka, Karunia.
Jakarta.





Tabel 4.1. Data Biaya Promosi atau Deret Input (X_t) dan Data Volume Penjualan atau Deret Output (Y_t) dari Tahun 1999-2003

Periode	Biaya Promosi	Volume Penjualan	Periode	Biaya Promosi	Volume Penjualan
1	1493	112824	31	2067	228307
2	2653	200578	32	2489	274539
3	3775	285580	33	2601	287075
4	2596	196290	34	2545	280701
5	2440	184426	35	3356	370104
6	1768	133892	36	3148	349114
7	1524	115130	37	760	71661
8	1886	142550	38	2887	272280
9	2027	153413	39	3639	343105
10	2172	164123	40	3302	311198
11	1767	133618	41	3194	301077
12	1909	144238	42	3676	346686
13	2626	242031	43	3545	334305
14	2090	192518	44	1859	175182
15	2298	211838	45	3774	356067
16	2522	232288	46	4234	399098
17	2632	242606	47	4237	399635
18	2818	259694	48	2293	216138
19	3011	277800	49	3906	398955
20	3311	305073	50	3184	322961
21	2310	212991	51	3342	338718
22	2399	221128	52	3413	346031
23	2919	269080	53	3466	354150
24	1668	153591	54	3300	334512
25	2482	275180	55	3911	396875
26	3060	341219	56	3417	346693
27	3264	363432	57	3271	332131
28	2924	322370	58	3865	384216
29	2973	324665	59	3130	317342
30	3091	334082	60	3309	337556

Sumber : Marketing Support dan Logistic & Administration Marketing PT. Sari Husada, Tbk, Yogyakarta.

Tabel 4.2. Deret Input (X_t) dan Deret Output (Y_t) pada

Pembedaan Pertama (x_t) dan (y_t)

t	x_t	y_t	t	x_t	y_t
1	*	*	31	-1024	-105775
2	1160	87754	32	422	46232
3	1122	85002	33	112	12536
4	-1179	-89290	34	-56	-6374
5	-156	-11864	35	811	89403
6	-672	-50534	36	-208	-20990
7	-244	-18762	37	-2388	-277453
8	362	27420	38	2127	200619
9	141	10863	39	752	70825
10	145	10710	40	-337	-31907
11	-405	-30505	41	-108	-10121
12	142	10620	42	482	45609
13	717	97793	43	-131	-12381
14	-536	-49513	44	-1686	-159123
15	208	19320	45	1915	180885
16	224	20450	46	460	43031
17	110	10318	47	3	537
18	186	17088	48	-1944	-183497
19	193	18106	49	1613	182817
20	300	27273	50	-722	-75994
21	-1001	-92082	51	158	15757
22	89	8137	52	71	7313
23	520	47952	53	53	8119
24	-1251	-115489	54	-166	-19638
25	814	121589	55	611	62363
26	578	66039	56	-494	-50132
27	204	22213	57	-146	-14562
28	-340	-41062	58	594	52085
29	49	2295	59	-735	-66874
30	118	9417	60	179	20214

Tabel 4.3. Deret Input (x_t) dan Output (y_t) Setelah Diputihkan

(α_t) dan (β_t)

t	α_t	β_t	t	α_t	β_t
1	0	0	31	124.7852	59619.14
2	0	0	32	56.91592	-2800.25
3	0	0	33	-755.113	74287.65
4	712.839	-6238.63	34	518.8534	151066.7
5	-82.0569	-138381	35	919.2672	40117.97
6	-1831.44	-68400.9	36	-332.16	-145748
7	-238.175	-37454.7	37	-1351.4	107760.4
8	-495.597	-113370	38	948.6567	19414.38
9	-1500.09	-20463.9	39	-11.4351	63885.4
10	351.2161	-47539	40	860.1292	127950.5
11	-630.256	-109264	41	1177.166	27750.69
12	-1442.44	60087.68	42	90.75891	73615.4
13	797.7304	-8626.81	43	949.305	-9302.23
14	-442.291	-34775.1	44	-265.926	72443.57
15	-920.491	47823.32	45	576.7095	111761.3
16	656.68	35153.85	46	1344.806	184561.4
17	54.70294	10691.62	47	1798.619	-77661.4
18	-389.294	85017.18	48	-999.012	145149.6
19	1046.157	89128.7	49	1361.43	76167.62
20	664.4834	-45019.4	50	492.9191	45468.4
21	-961.177	39985.48	51	87.73999	87876.49
22	551.9826	56224.36	52	826.4438	98657.22
23	326.6373	-113093	53	706.6275	35476.12
24	-1665.17	111529.9	54	19.41197	136185.8
25	816.3133	111009.7	55	1299.195	72831.88
26	411.8021	75118.91	56	492.1945	34514.93
27	-182.725	138277.2	57	27.16376	123517.1
28	1088.108	93477.64	58	1256.512	28571.02
29	348.8128	45040.19	59	55.77551	46397.6
30	-313.772	32423.64			

Tabel 4.7. Perkiraan Awal Komponen n_i

t	n_t	t	n_t
1	-27113.17	23	192576.84
2	1441.4703	24	-140146
3	20394.398	25	-87692.7
4	17652.298	26	187108.53
5	-117502.2	27	-84454.53
6	8365.3261	28	-243078.4
7	72695.063	29	277274.02
8	-137702.3	30	33356.542
9	90706.451	31	-113486.1
10	150836.51	32	-115143.3
11	-25015.55	33	201700.82
12	-92043.21	34	-133760.2
13	60624.658	35	18377.842
14	-4935.621	36	39502.393
15	-155410.7	37	11307.309
16	78423.136	38	-83200.63
17	51550.041	39	114213.21
18	-68156.44	40	-10932.29
19	105907.89	41	-143425.5
20	37245.447	42	136885.26
21	-342446.7	43	-31767.56
22	193450.35	44	-57125.43

Tabel 4.7. Gugus Nilai Sisa (a_t)

t	a_t	t	a_t
1	-53668.33	28	31660.81
2	42466.01	29	109403.9
3	29551.55	30	11708.02
4	42146.89	31	-254786.7
5	-25253.55	32	17957.45
6	-17531.59	33	61619.63
7	93985.23	34	121339.8
8	14451.69	35	17885.5
9	42616.18	36	-47513.3
10	-371.027	37	11373.19
11	20394.01	38	-137343.8
12	43644.28	39	75472.45
13	20026.49	40	88570.17
14	37658.28	41	116545.7
15	-74078.3	42	-158505.4
16	-44886.14	43	10959.35
17	15760.21	44	-26541.72
18	-75387.66	45	74683.78
19	92485.25	46	11011.97
20	85822.81	47	-21555.8
21	126512.7	48	12479.12
22	19288.57	49	45404.28
23	-49408.93	50	-22660.85
24	-18307.42	51	-20500.78
25	-96674.36	52	20706.47
26	-5707.293	53	-49163.1
27	-3199.808	54	13470.27



OVERFITTING

MODEL ARIMA DERET INPUT (X_t)

ARIMA (2,1,0) (0,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.7755	0.0795	-9.76	0.000
AR 2	-0.8808	0.0816	-10.79	0.000
SMA 3	0.9320	0.0971	9.60	0.000
Constant	67.484	5.421	12.45	0.000

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 18154496 (backforecasts excluded)
MS = 330082 DF = 55

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	6.1	15.7	27.8	34.7
DF	8	20	32	44
P-Value	0.639	0.737	0.677	0.843

ARIMA (2,1,0) (2,0,0)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.6568	0.0917	-7.16	0.000
AR 2	-0.7788	0.1022	-7.62	0.000
SAR 3	-0.6469	0.1545	-4.19	0.000
SAR 6	-0.1921	0.1515	-1.27	0.210
Constant	90.64	81.83	1.11	0.273

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 21333393 (backforecasts excluded)
MS = 395063 DF = 54

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7.9	21.9	33.3	37.3
DF	7	19	31	43
P-Value	0.341	0.292	0.355	0.716

ARIMA (2,1,0) (1,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.7830	0.0744	-10.52	0.000
AR 2	-0.8986	0.0760	-11.82	0.000
SAR 3	-0.0694	0.1527	-0.45	0.651
SMA 3	0.9330	0.1003	9.30	0.000
Constant	74.375	5.398	13.78	0.000

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 17911010 (backforecasts excluded)
MS = 331685 DF = 54

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	6.1	16.4	28.7	34.9
DF	7	19	31	43
P-Value	0.533	0.628	0.583	0.805

ARIMA (2,1,1) (1,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-1.2852	0.1816	-7.08	0.000
AR 2	-0.4371	0.1445	-3.02	0.004
SAR 3	-0.7805	0.5440	-1.43	0.157
MA 1	-0.9150	0.1721	-5.32	0.000
SMA 3	-0.6700	0.6661	-1.01	0.319
Constant	101.7	323.3	0.31	0.754

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 31912184 (backforecasts excluded)
MS = 602117 DF = 53

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	25.6	49.2	62.9	69.6
DF	6	18	30	42
P-Value	0.000	0.000	0.000	0.005

ARIMA (2,1,0) (2,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.6369	0.0964	-6.61	0.000
AR 2	-0.7577	0.1055	-7.18	0.000
SAR 3	-1.1559	0.6334	-1.82	0.074
SAR 6	-0.4334	0.3079	-1.41	0.165
SMA 3	-0.5568	0.6882	-0.81	0.422
Constant	119.4	128.6	0.93	0.358

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 21337401 (backforecasts excluded)

MS = 402592 DF = 53

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	8.9	23.9	35.2	39.1
DF	6	18	30	42
P-Value	0.179	0.159	0.235	0.601

ARIMA (2,1,1) (0,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.7619	0.0886	-8.60	0.000
AR 2	-0.8774	0.0795	-11.04	0.000
MA 1	0.0692	0.1575	0.44	0.662
SMA 3	0.9481	0.0865	10.96	0.000
Constant	68.042	4.067	16.73	0.000

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 17741938 (backforecasts excluded)

MS = 328554 DF = 54

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	6.4	15.8	28.6	35.9
DF	7	19	31	43
P-Value	0.488	0.667	0.592	0.769

ARIMA (1,1,0) (0,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.3500	0.1280	-2.73	0.008
SAR 3	0.0697	0.1374	0.51	0.614
Constant	32.4	100.5	0.32	0.748

Differencing: 1 regular difference

Number of observations: Original series 60, after differencing 59

Residuals: SS = 33342347 (backforecasts excluded)
MS = 595399 DF = 56

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	21.0	40.9	55.2	64.6
DF	9	21	33	45
P-Value	0.013	0.006	0.009	0.029



OVERFITTING

DERET GANGGUAN

ARIMA (2,0,2) (0,0,1)³

Estimates at each iteration

Iteration	SSE	Parameters					
0	759692394079	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	-2.1E+03
1	493479573789	-0.029	-0.050	0.229	0.250	0.129	-1.8E+03
2	478575172853	0.105	-0.080	0.379	0.203	0.097	-1.6E+03
3	471757548366	0.246	-0.130	0.529	0.122	0.065	-1.4E+03
4	466240161364	0.096	-0.062	0.389	0.237	0.092	-1.5E+03
5	459209420802	0.237	-0.112	0.539	0.154	0.060	-1.3E+03
6	455361068089	0.087	-0.044	0.397	0.270	0.088	-1.5E+03
7	446781995923	0.227	-0.094	0.547	0.187	0.055	-1.3E+03
8	442761596385	0.077	-0.027	0.406	0.307	0.083	-1.4E+03
9	432225512761	0.213	-0.078	0.556	0.222	0.050	-1.2E+03
10	426890585478	0.354	-0.148	0.706	0.112	0.018	-1.1E+03
11	418215362357	0.204	-0.067	0.571	0.250	0.044	-1.2E+03
12	415133495434	0.348	-0.137	0.721	0.131	0.012	-1.1E+03
13	407507281167	0.198	-0.057	0.585	0.271	0.038	-1.1E+03
14	403914416021	0.342	-0.129	0.735	0.148	0.005	-1.0E+03
15	396917784323	0.192	-0.051	0.599	0.288	0.032	-1.1E+03
16	392591366729	0.335	-0.125	0.749	0.160	-0.001	-998.802
17	385734504029	0.185	-0.053	0.612	0.297	0.026	-1.1E+03
18	380978574582	0.320	-0.130	0.762	0.163	-0.008	-991.884
19	374588228011	0.176	-0.062	0.624	0.298	0.019	-1.1E+03
20	369482584409	0.316	-0.139	0.774	0.161	-0.015	-995.326
21	363808755485	0.166	-0.073	0.636	0.297	0.013	-1.0E+03
22	357732751790	0.304	-0.151	0.786	0.158	-0.022	-1.0E+03
23	352689997671	0.154	-0.086	0.646	0.295	0.008	-1.0E+03
24	343289046477	0.284	-0.168	0.796	0.154	-0.029	-1.0E+03
25	338721310437	0.134	-0.105	0.655	0.293	0.003	-1.0E+03

** Convergence criterion not met after 25 iterations

* ERROR * Model cannot be estimated with these data

ARIMA (2,0,1) (0,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.7420	0.0457	-16.24	0.000
AR 2	-0.9840	0.0440	-22.38	0.000
MA 1	0.2530	0.1566	1.62	0.114
SMA 3	0.9019	0.1195	7.55	0.000
Constant	-2613.3	688.4	-3.80	0.001
Mean	-958.7	252.5		

Number of observations: 44

Residuals: SS = 145904971192 (backforecasts excluded)
MS = 3741153107 DF = 39

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	12.3	23.4	28.7	*
DF	7	19	31	*
P-Value	0.090	0.219	0.587	*

ARIMA (2,0,1) (1,0,0)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.3889	0.1236	-3.15	0.003
AR 2	-0.7155	0.1176	-6.08	0.000
SAR 3	-0.3111	0.1772	-1.75	0.087
MA 1	1.0422	0.0802	12.99	0.000
Constant	-2240.33	13.38	-167.50	0.000
Mean	-812.018	4.848		

Number of observations: 44

Residuals: SS = 178801109956 (backforecasts excluded)

MS = 4584643845 DF = 39

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.7	31.5	36.5	*
DF	7	19	31	*
P-Value	0.028	0.035	0.229	*

ARIMA (2,0,1) (1,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.7465	0.0387	-19.27	0.000
AR 2	-0.9916	0.0375	-26.43	0.000
SAR 3	-0.2178	0.1815	-1.20	0.238
MA 1	0.2981	0.1557	1.91	0.063
SMA 3	0.8880	0.1323	6.71	0.000
Constant	-3139.0	733.1	-4.28	0.000
Mean	-941.4	219.8		

Number of observations: 44

Residuals: SS = 140404265863 (backforecasts excluded)

MS = 3694849102 DF = 38

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9.9	21.4	27.4	*
DF	6	18	30	*
P-Value	0.129	0.260	0.603	*

ARIMA (2,0,1) (1,0,2)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.7448	0.0424	-17.58	0.000
AR 2	-0.9861	0.0454	-21.74	0.000
SAR 3	0.0173	2.4840	0.01	0.994
MA 1	0.2489	0.1641	1.52	0.138
SMA 3	0.9999	2.5402	0.39	0.696
SMA 6	-0.0940	2.3447	-0.04	0.968
Constant	-2563.7	682.3	-3.76	0.001
Mean	-955.3	254.2		

Number of observations: 44

Residuals: SS = 142108304400 (backforecasts excluded)
MS = 3840764984 DF = 37

Modified Box-Pierce (Ljung-Box)		Chi-Square statistic		
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10.6	21.4	27.0	*
DF	5	17	29	*
P-Value	0.061	0.211	0.574	*

ARIMA (2,0,0) (1,0,1)³

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.7581	0.0414	-18.31	0.000
AR 2	-0.9881	0.0406	-24.34	0.000
SMA 3	0.9082	0.1092	8.31	0.000
Constant	-2837.3	894.3	-3.17	0.003
Mean	-1033.2	325.6		

Number of observations: 44

Residuals: SS = 151765379917 (backforecasts excluded)
MS = 3794134498 DF = 40

Modified Box-Pierce (Ljung-Box)		Chi-Square statistic		
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	13.1	27.3	32.5	*
DF	8	20	32	*
P-Value	0.109	0.127	0.440	*