

**PENGEMBANGAN MODEL ESTIMASI
REALISASI JUMLAH PRODUKSI
SUSU KENTAL MANIS**

Oleh

SUSY ADRIANI SUHAIRUL

F 25. 0403



1 9 9 3

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

B O G O R

FITIN
1993
0315



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

**PENGEMBANGAN MODEL ESTIMASI
REALISASI JUMLAH PRODUKSI
SUSU KENTAL MANIS**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

Oleh

SUSY ADRIANI SUHAIRUL

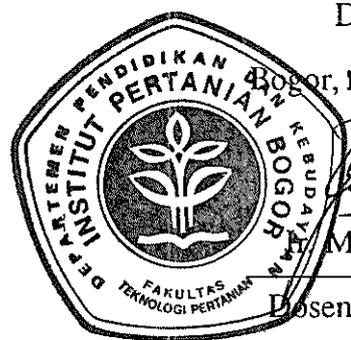
F 25.0403

Dilahirkan pada tanggal 19 Oktober 1969
di Jakarta

Tanggal lulus : 11 Desember 1993

Disetujui,

Bogor, 11 Januari 1994



Machfid
Machfid, MS

Dosen Pembimbing

Halaman ini adalah bagian dari dokumen resmi yang diterbitkan oleh Institut Pertanian Bogor dan tidak boleh diperjualbelikan atau digunakan untuk tujuan komersial. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian administrasi di alamat yang tertera di bagian belakang sampul buku ini.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nyalah skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Adapun kasus dan data diperoleh dari PT Australia Indonesian Milk Industries di Jakarta.

Terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada Yang Terhormat :

- 1). Ir. Machfud, MS selaku dosen pembimbing.
- 2). Dr. Ir. Illah Sailah, MS dan Ir. Agus H, MSc selaku dosen penguji.
- 3). Ir. Dani Rahadian, Manajer Produksi PT Australia Indonesian Milk Industries.
- 4). Bapak Bonardo Sierra Killima, Manajer Inventory PT Australia Indonesian Milk Industries.
- 5). Bapak J. Sugeng Arnowo, dan Ibu Great Helena L. yang telah memberikan bimbingan dan bantuan.
- 6). Seluruh staf dan karyawan PT Australia Indonesian Milk Industries terutama di bagian Inventory, Produksi, Engineering, Marketing, dan Ekspor-



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	5
C. RUANG LINGKUP	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. PERENCANAAN PRODUKSI	7
B. TENIK PRAKIRAAN	8
C. PERSEDIAAN BAHAN BAKU	17
D. KEGAGALAN MESIN PRODUKSI	21
E. TEKNIK HEURISTIK	22
F. MODEL DAN SIMULASI KOMPUTER	24
G. DISTRIBUSI PELUANG	29
H. UJI STATISTIK	31
III. METODOLOGI	33
A. KERANGKA PEMIKIRAN	33
B. PENDEKATAN BERENCANA	34
C. ASUMSI	37
D. TATA LAKSANA PERMODELAN	39



IV.	RANCANGAN MODEL	41
A.	KONFIGURASI MODEL	41
B.	PROGRAM KOMPUTER	54
V.	KONDISI AKTIVITAS PRODUKSI DI PT AUSTRALIA INDONESIAN MILK INDUSTRIES	61
A.	TEKNOLOGI PROSES SUSU KENTAL MANIS	61
B.	ALAT DAN MESIN PRODUKSI SUSU KENTAL MANIS	71
C.	RENCANA DAN KONDISI PRODUKSI	80
VI.	HASIL DAN PEMBAHASAN	96
A.	ANALISA DATA	96
B.	RENCANA PRODUKSI	100
C.	ESTIMASI KETERSEDIAAN BAHAN BAKU	105
D.	ESTIMASI LAMA KEGAGALAN LINI PRODUKSI ..	107
E.	MODEL ESTIMASI REALISASI JUMLAH PRODUKSI	112
VII.	KESIMPULAN DAN SARAN	129
A.	KESIMPULAN	129
B.	SARAN	131
	DAFTAR PUSTAKA	132
	LAMPIRAN	135

Gambar 21. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan III 118

Gambar 22. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan IV 119

Gambar 23. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan V 120

Gambar 24. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan VI 121

Gambar 25. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan VII 122

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data permintaan susu kental manis Indomilk (Januari 1992-Mei 1993)	84
Tabel 2. Data rencana produksi harian Mei 1993 .	85
Tabel 3. Data waktu tenggang dan jumlah pemesanan bahan baku	90
Tabel 4. Data kekerapan kegagalan lini dalam satu hari produksi	92
Tabel 5. Hasil simulasi waktu tenggang	98
Tabel 6. Hasil estimasi permintaan	99
Tabel 7. Perbandingan tingkat produksi aktual dengan permintaan	125
Tabel 8. Perbandingan permintaan dengan kapasitas produksi	126
Tabel 9. Perbandingan tingkat produksi aktual dengan kapasitas produksi	127

Halaman ini merupakan bagian dari karya tulis yang dihasilkan oleh mahasiswa IPB dan merupakan hak cipta IPB University. Tidak diperbolehkan untuk menyalin, mendistribusikan, atau memperjualbelikan karya tulis ini di luar lingkup akademik IPB.

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Susu merupakan makanan yang hampir sempurna. Susu dibutuhkan oleh manusia terutama untuk reproduksi/perkembangbiakan, pertumbuhan, energi, resistensi terhadap penyakit dan regenerasi jaringan. Bagi orang Indonesia, susu merupakan komponen kelima pelengkap susunan menu makanan sehari-hari.

Seperti hasil pertanian lainnya, susu juga bersifat mudah rusak (*perishable*). Oleh karena itu untuk memperpanjang umur simpan dan pengkonsumsian yang praktis dilakukan usaha untuk mengawetkan susu. Salah satu bentuk susu yang diawetkan adalah susu kental manis. Susu kental manis dapat dibuat antara lain dengan cara menggabungkan komponen-komponen susu. Cara ini banyak digunakan terutama di negara-negara yang tidak /kurang mempunyai bahan baku untuk pembuatan susu yang diawetkan.

Prospek bisnis susu amat cerah apalagi dengan telah dilakukannya ekspor produk susu olahan ke negara-negara tetangga. Tingkat konsumsi susu rata-rata masyarakat Indonesia dewasa ini baru empat liter perkapita pertahun. Tingkat konsumsi ini paling rendah di antara negara-negara ASEAN. Tetapi dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan gizi kiranya

hal ini dapat diperbaiki. Buktinya dalam periode Januari-Juli 1991 produksi susu segar sebesar 124 200 ton padahal permintaan sudah melonjak mencapai 127 700 ton (Media Indonesia, 8 Juli 1992).

Konsumsi susu masyarakat Indonesia dewasa ini baru mencapai empat liter perkapita pertahun. Malaysia sudah mencapai angka dua belas liter, Thailand enam belas liter dan Singapura, sebagai negara yang tidak mempunyai lahan peternakan, bahkan mencapai lima puluh delapan liter perkapita pertahun (Media Indonesia, 8 Juli 1992). Dilihat dari tingkat konsumsi susu masyarakat Indonesia menunjukkan masih diperlukannya usaha keras untuk menggalakkan kampanye "Empat Sehat Lima Sempurna" dengan susu sebagai penyempurna kelima-

nya. Di balik tantangan untuk memperbaiki struktur gizi masyarakat ternyata prospek persusuan di Indonesia amat cerah. Apalagi jika diketahui ternyata permintaan pasar terus meningkat. Khusus susu kental manis dalam rancangan pembangunan lima tahun V diproyeksikan produksi susu kental manis untuk akhir Pelita IV sebesar 94.8 ribu ton dan pada akhir Pelita V meningkat menjadi 167 ribu ton. Beberapa industri produsen susupun kini telah berhasil menembus pasar ekspor, sehingga industri ini juga mendukung program pembangunan dalam meningkatkan ekspor non migas.

Industri pengolahan susu khususnya harus dapat memanfaatkan peluang ini. Upaya-upaya yang dapat dilakukan antara lain adalah senantiasa memperbaiki perencanaan dalam kapasitas produksi dan menjaga kesinambungan proses produksinya untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat dan menguasai pangsa pasar yang lebih luas.

Kapasitas produksi merupakan konsep dinamis yang dapat diubah dan dikelola. Untuk berbagai tujuan dapat disesuaikan dengan tingkat penjualan yang sedang berfluktuasi yang dicerminkan dalam skedul produksi induk. Kapasitas merupakan kuantitas keluaran yang tertinggi yang mungkin selama periode tersebut.

Jumlah produksi antara lain dipengaruhi oleh input (masukan) dalam proses produksi. Input ini antara lain adalah bahan baku. Terjadinya perubahan permintaan akan produk secara langsung juga mengubah permintaan bahan baku sehingga industri harus mengubah kebijakan dalam pengendalian persediaannya. Bahan baku komponen susu kental manis seperti *skim milk powder* adalah komponen utama yang diimpor. Keberadaan komponen ini vital sehingga dibutuhkan suatu cara pengawasan khusus.

Bahan baku impor berasal dari Australia dan Eropa. Pengadaan bahan baku ini membutuhkan waktu antara pemesanan dan penerimaan waktu tenggang yang

panjang sehingga keberadaannya di perusahaan dipengaruhi jarak dan waktu yang bersifat tidak pasti.

Selain oleh faktor keberadaan bahan baku jumlah produksi juga dipengaruhi oleh kondisi mesin-mesin produksi. Mesin mempunyai kapasitas produksi tertentu yang menurun dan bervariasi menurut waktu. Bervariasinya kapasitas mesin antara lain disebabkan oleh terjadinya kegagalan/kerusakan (*break-down*).

PT Australia Indonesian Milk Industries sebagai salah satu industri pengolahan susu yang menguasai pangsa pasar susu kental manis yang luas secara langsung juga mengalami terjadinya kenaikan permintaan.

Perusahaan yang didirikan pada tahun 1969 ini pada umumnya masih menggunakan mesin-mesin produksi yang dibeli sejak pendirian pabrik. Usia mesin yang telah tua dengan kapasitas bersifat kaku dan seringnya terjadi kegagalan lini produksi merupakan masalah utama dalam kemampuan memenuhi permintaan yang tinggi sehingga sampai saat ini PT Australia Indonesian Milk Industries sering mengalami kekurangan persediaan.

Ketersediaan bahan baku dan kemampuan mesin tidak dapat dikendalikan. Untuk mengetahui realisasi jumlah produksi (kuantitas keluaran) di masa yang akan datang dapat dilakukan perkiraan-perkiraan dengan menduga parameter-parameternya. Dari pendugaan yang



dilakukan dapat diketahui kapasitas produksi perusahaan pada waktu tertentu apakah memenuhi rencana produksi atau tidak.

Pendugaan realisasi jumlah produksi secara tidak langsung akan membantu para pengambil keputusan di perusahaan dalam mengambil keputusan yang antara lain bertujuan untuk menghilangkan ragam yang terjadi antara target dan realisasi jumlah produksi.

B. TUJUAN

Penelitian ini mempunyai tujuan :

1. Mengembangkan model estimasi realisasi jumlah produksi dan estimasi kondisi persediaan bahan baku.
2. Mengembangkan sistem perangkat lunak komputer untuk membantu pengambil keputusan dalam perencanaan produksi.

C. RUANG LINGKUP

Penelitian dilakukan di PT Australia Indonesian Milk Industries Jakarta yang merupakan industri pengolahan susu. Pengkajian dilakukan terhadap produk utama perusahaan yaitu susu kental manis yang terdiri dari tiga jenis yaitu susu kental manis Indomilk Plain, susu kental manis cap Enaak dan susu kental manis Indomilk choco (coklat) yang menggunakan bahan baku utama yang sama.

Kajian masalah khusus ini dibatasi pada kondisi kuantitas persediaan bahan baku susu kental manis yang utama yaitu *skim milk powder* setiap hari selama periode estimasi.

Kegagalan pada lini produksi yang terdiri dari mesin proses, mesin pembuat kaleng dan mesin pengemas diamati setiap hari. Mesin-mesin produksi yang diamati dibatasi pada mesin-mesin yang mengganggu/menghentikan proses produksi secara langsung yang berada pada ruang produksi dan merupakan mesin-mesin yang terletak pada jalur produksi yaitu sejak penuangan bahan baku di satu ujung sampai terbentuknya produk yang terkemas dalam karton pada ujung yang lain.

Periode estimasi merupakan input yang ditentukan oleh pengguna dan dibatasi untuk jangka waktu pendek dan menengah yaitu selama satu bulan sampai enam bulan ke depan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. PERENCANAAN PRODUKSI

Perencanaan merupakan salah satu fungsi manajemen. Menurut Assauri (1980) perencanaan produksi dalam perusahaan dapat dibedakan menjadi perencanaan yang bersifat umum (*general business planning*) dan perencanaan produksi (*production planning*). Perencanaan produksi adalah perencanaan dan pengorganisasian sebelumnya mengenai orang-orang, bahan-bahan, mesin-mesin dan peralatan lain serta modal yang diperlukan untuk memproduksi barang-barang pada suatu periode tertentu di masa depan sesuai dengan yang diperkirakan atau diramalkan.

Menurut Buffa (1984) yang dimaksud dengan perencanaan produksi adalah proses untuk menentukan sumber daya yang diperlukan untuk melaksanakan suatu operasi manufakturing serta mengalokasikan sumber daya tersebut guna menghasilkan produk dalam kualitas dan kuantitas yang diharapkan.

Perencanaan produksi pada perusahaan yang mempunyai proses produksi yang terus menerus dilakukan berdasarkan ramalan penjualan. Peramalan merupakan kegiatan penyusunan ramalan tentang sifat atau ciri-ciri penjualan dari suatu produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan pada suatu waktu tertentu di masa

1. Tersedia informasi tentang masa lalu.
2. Informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik.
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola data masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang.

Metoda prakiraan deret waktu perkembangannya didasarkan pada nilai terakhir dari catatan sejarah atau berdasarkan nilai kesalahan-kesalahan terakhir. Tujuan dari metoda ini adalah menemukan bentuk pola data sejarah dan mengekstrapolasikannya ke masa mendatang.

1. Pola Data

Dalam pemilihan model peramalan deret waktu diperhatikan pola data yang dapat diketahui dengan memperhatikan sub bentuk atau komponen yang mem-bentuknya.

Sub bentuk yang sering muncul dalam suatu data seri adalah komponen kecenderungan (trend), musiman, siklikal. Sedangkan pola data yang se-ring muncul pada suatu deret data adalah pola horizontal, pola kecenderungan, pola musiman, pola siklik.

Pola horizontal akan nampak bila tidak ada kecenderungan plot data untuk menaikkan atau me-nurun. Pola ini terlihat mendatar dan nilai-nilai

deretan data tetap landai tanpa fluktuasi yang berarti. Nilai-nilai data cenderung berada di sekitar nilai tengah.

Pola kecenderungan (trend) akan nampak jika sederetan nilai data menunjukkan suatu kecenderungan menaik atau menurun. Jika data berfluktuasi pada suatu interval yang tetap serta nampak adanya pengaruh beberapa hal yang bersifat musiman maka bentuk pola datanya disebut musiman.

Pola siklik mempunyai bentuk yang mirip dengan pola musiman. Pola ini umumnya terjadi dalam interval yang lebih panjang di mana pada umumnya lebih dari satu tahun.

2. Koefisien Korelasi Diri

Faktor statistik yang penting antara lain adalah koefisien korelasi diri. Korelasi menunjukkan seberapa jauh derajat ketergantungan antara peubah-peubah yang diamati.

Nilai korelasi berkisar antara negatif satu sampai dengan positif satu. Persamaan matematika untuk korelasi diri pada k selang waktu tertentu :

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_t - \bar{X})(X_{t+k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}$$

3. Metode Pemulusan (*Smoothing Method*)

Metode pemulusan adalah metoda peramalan deterministik di mana dasar peramalannya dicari dengan memberi bobot atau penghalusan pada data yang ada.

Metode pemulusan terbagi menjadi dua yaitu metode pemulusan rata-rata bergerak (*moving average*) dan metode pemulusan eksponensial (*exponential smoothing method*). Model-model prakiraan dikembangkan menjadi :

1. Model Rata-Rata Bergerak Tunggal (*Single Moving Average Method*) dengan persamaan matematika :

$$M_t = (X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-T+1})/T$$

$$M_t = (M_{t-1} + (X_t - X_{t-1}))/T$$

2. Model Rata-Rata Bergerak Ganda (*Double Moving Average Method*) dengan persamaan matematika :

$$M_{t'} = (X_t + X_{t-1} + \dots + X_{t-T+1})/T$$

$$M_{t''} = (M_{t'} + M_{t'-1} + \dots + M_{t'-T+1})/T$$

$$a_t = 2M_{t'} - M_{t''}$$

$$b_t = 2(M_{t'} - M_{t''})/(T-1)$$

$$F_{t+k} = a_t + b_t \cdot k$$

3. Model Pemulusan Eksponensial Tunggal (*Single Exponential Smoothing Method*) dengan persamaan matematika :

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S_{t-1}$$

$$F_{t+k} = S_t$$

4. Model Pemulusan Eksponensial Tunggal yang Diadaptasikan (ARRSES) dengan persamaan matematika :

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) S_{t-1}$$

$$F_{t+k} = S_t$$

di mana :

$$t+1 = E_t/M_t$$

$$E_t = e_t + (1 - \alpha) E_{t-1}$$

$$e_t = X_t - F_t$$

5. Model Pemulusan Eksponensial Ganda, 1-Parameter dengan persamaan matematika :

$$S_{t'} = \alpha X_{t'} + (1 - \alpha) S_{t'-1}$$

$$S_{t''} = \alpha S_{t'} + (1 - \alpha) S_{t''-1}$$

$$a_t = 2S_{t'} - S_{t''}$$

$$b_t = \alpha / (1 - \alpha) (S_{t''})$$

$$F_{t+k} = a_t + b_t \cdot k$$

maka kesalahan prakiraan e_t adalah :

$$e_t = X_t - F_t$$

Pengukur ketepatan prakiraan secara statistik yaitu :

- a. Rata-Rata Kesalahan (*Mean Error, ME*)

$$ME = (e_1 + e_2 + \dots + e_n) / n$$

- b. Kesalahan Absolut Rata-Rata (*Mean Absolut Error, MAE*)

$$MAE = (|e_1| + |e_2| + \dots + |e_n|) / n$$

- c. Jumlah Kesalahan Kuadrat (*Sum Square Error, SSE*)

- d. Rata-Rata Kesalahan Kuadrat (*Mean Square Error, MSE*)

$$MSE = SSE/n$$

- e. Standar Deviasi Kesalahan (*Standard Deviation Error, SDE*)

$$SDE = \sqrt{SSE / (n - 1)}$$

- f. Persentase Kesalahan, PE_t

$$PE_t = \frac{(X_t - F_t) \times 100}{X_t}$$

- g. Rata-Rata Persentase Kesalahan (*Mean Procen-tage Error, MPE*)

$$MPE = (PE_1 + PE_2 + \dots + PE_n) / n$$

- h. Rata-Rata Absolut Persentase Kesalahan (*Mean Absolute Percentage Error, MAPE*)

$$MAPE = (|PE_1| + |PE_2| + \dots + |PE_n|) / n$$

n = jumlah kesalahan

C. PERSEDIAAN BAHAN BAKU

Persediaan didefinisikan sebagai suatu aktiva perusahaan yang dibentuk untuk dijual, dalam suatu periode usaha yang normal, barang-barang yang masih dalam pengerjaan ataupun barang-barang berbentuk bahan baku yang menunggu penggunaannya dalam suatu proses produksi, sejumlah bahan/part yang disediakan untuk memenuhi permintaan dari konsumen atau langganan se-tiap waktu (Assauri, 1980).

Fungsi utama persediaan adalah untuk melayani ke-butuhan perusahaan akan bahan mentah atau barang jadi dari waktu ke waktu (Subagyo *et al*, 1989).

Persediaan sangat diperlukan dalam sistem manaje-rial untuk memberikan pelayanan dalam operasi produk-si. Tanpa adanya persediaan fungsi-fungsi dalam produk-si tidak akan bekerja dengan efektif dan bila

persediaan berada pada tingkat yang membahayakan kelangsungan produksi maka perusahaan harus segera menyesuaikan untuk menghindari kerugian yang mungkin timbul (Buffa, 1984).

Menurut jenis dan posisi dalam urutan pengerjaan produk, persediaan dapat dibedakan menjadi persediaan bahan baku, persediaan bagian produk/*parts* yang dibeli, persediaan barang-barang perlengkapan atau bahan-bahan pembantu, persediaan barang setengah jadi atau barang dalam proses dan persediaan barang jadi (Bedworth dan Bailey, 1987).

Menurut Assauri (1980) kebijakan pengendalian persediaan meliputi kebijakan pemesanan dan tingkat persediaan yang optimum. Dalam kebijakan pemesanan ditentukan bagaimana cara pemesanannya, jumlah yang dipesan agar pemesanan tersebut ekonomis dan kapan pemesanan dilakukan.

Sedangkan Love (1979) mengemukakan tiga macam kebijakan dalam pengendalian persediaan yaitu kebijakan persediaan s, Q adalah pemesanan akan dilakukan kembali jika persediaan yang ada sama dengan atau lebih kecil dari s dan jumlah pesanan sebesar Q unit; kebijakan persediaan s, S adalah pemesanan akan dilakukan kembali jika persediaan yang ada sama dengan atau lebih kecil dari s dengan jumlah pesanan sampai dengan taraf S ; kebijakan S adalah pemesanan akan dilakukan

apabila taraf persediaan kurang dari S sampai dengan taraf S .

Menurut Handoko (1992) dalam mengambil keputusan untuk melakukan persediaan perusahaan dapat memilih salah satu cara pemesanan P sistem (*fixed order interval inventory control*) atau Q sistem (*fixed order size and variable order period inventory system*). P sistem adalah sistem pemesanan persediaan dengan jumlah bervariasi (tidak tetap) dalam waktu yang tetap. Sedangkan Q sistem adalah pemesanan persediaan dilakukan jika persediaan yang ada telah mencapai jumlah tertentu dalam jumlah tetap dan dalam waktu pemesanan yang berbeda-beda.

Starr dan Miller (1981) menyatakan bahwa masalah dalam persediaan dapat dilihat dari aspek pengadaan barang (*procurement*) atau aspek kebutuhan di masa mendatang (*future demand*).

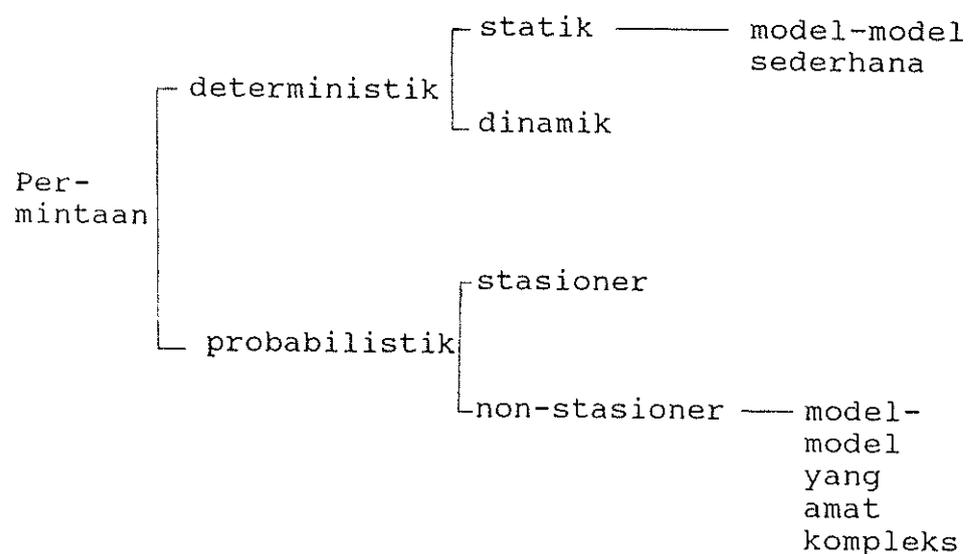
Berdasarkan aspek pengadaan barang cara pengadaan barang dibagi menjadi dua yaitu barang diperoleh dari dalam perusahaan dan dari luar perusahaan.

Berdasarkan aspek kebutuhan di masa mendatang masalah persediaan dibedakan menjadi tiga yaitu masalah persediaan dengan kepastian (*inventory problem under certainty*) yaitu kebutuhan di masa mendatang sudah diketahui dengan pasti; masalah persediaan dengan resiko (*inventory problem under risk*) yaitu

kebutuhan di masa mendatang tidak diketahui dengan pasti tetapi hanya diketahui sebaran peluangnya; dan masalah persediaan dengan ketidakpastian (*inventory problem under uncertainty*) yaitu kebutuhan di masa mendatang tidak diketahui baik jumlah maupun peluangnya.

Menurut Phillips *et al* (1976) parameter waktu tunggu, permintaan tahunan, biaya kekurangan bahan, dan harga barang merupakan variabel acak, sedangkan model deterministik tidak peka terhadap perubahan perubahan yang terjadi pada parameter-parameter tersebut, sehingga dikembangkan model probabilistik.

Permintaan suatu barang bersifat deterministik atau probabilistik (Taha, 1988) yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :



Gambar 1. Klasifikasi permintaan (Taha, 1988)

Diperlukan suatu jangka waktu tertentu untuk mengantarkan barang atau antara waktu dilakukannya pemesanan dengan saat barang tersedia (siap untuk dipakai) yang lazim disebut *lead time* (Subagyo et al, 1989).

D. KEGAGALAN MESIN PRODUKSI

Masalah-masalah dalam pemeliharaan dapat diklasifikasikan menjadi deterministik dan masalah probabilistik. Masalah probabilistik misalnya setelah perbaikan peralatan, kegagalan berikutnya adalah probabilistik. Untuk mengatasi masalah-masalah dalam pemeliharaan banyak cara yang dapat ditempuh. Antara lain untuk komponen yang tiba-tiba gagal kita harus memutuskan apakah menggantinya selagi masih beroperasi atau jika sudah terjadi kegagalan; apakah mengganti seluruh komponen ketika satu komponen gagal dan lain-lain. Kejadian probabilistik ini tidak dapat diketahui dengan pasti tetapi biasanya hanya diketahui peluang dari kejadian tersebut (Jardine, 1973).

Teori penggantian berkenaan dengan keadaan di mana alat-alat menjadi buruk bersama usia atau efisiensi cenderung menurun akibat waktu. Ini berarti bahwa semakin lama alat-alat tersebut dipertahankan, semakin tinggi biaya operasi yang harus dikeluarkan. Oleh karena itu tindakan perbaikan harus dilakukan

berupa penggantian dengan alat-alat baru yang lebih ekonomis (Siagian, 1985).

Jika hasil suatu sistem yang produktif mempertahankan kualitas dan mutu, kuantitas dan biaya standar, kita katakan bahwa sistem itu dapat diandalkan dan dipercaya: yakni sistem itu terus melakukan tugas untuk apa sistem itu direncanakan (Buffa, 1984).

Selanjutnya dijelaskan, mesin-mesin yang rumit/kompleks mungkin akan sering macet atau rusak, walaupun mesin-mesin itu dirancang dan dibuat menurut ukuran standar yang paling tinggi. Jika kerumitan meningkat bila dilihat dari jumlah komponen-komponen dalam rangkaian, keterandalan (*reliability*) terhadap sistem itu dalam keseluruhannya menurun dengan cepat sekali.

Salah satu ciri khas dari mesin-mesin adalah mesin-mesin itu dapat melakukan pekerjaan secara berulang kali secara konsisten, dengan menghasilkan kembali kegiatan-kegiatan yang sama sehingga variasi-variasi dalam kualitas dan jumlah output cenderung dapat diperoleh.

E. TEKNIK HEURISTIK

Heuristik berasal dari bahasa Yunani *Heuriskin*, yang artinya melayani untuk menemukan. Teknik heuristik merupakan pengembangan dari operasi aritmatik dan

dapat diperoleh faktor-faktor yang diperlukan dalam model matematika.

Tidak terdapat suatu model yang baku dalam program heuristik sehingga tiap permasalahan menggunakan program heuristik yang spesifik. Heuristik tidak menjamin pemecahan yang optimal tetapi menjamin suatu pemecahan yang memuaskan.

Heuristik secara umum mempunyai ciri-ciri mempunyai suatu tahapan yang terbatas sehingga dapat dibuat algoritma komputernya; adanya operasi aljabar; dan adanya suatu perhitungan yang bertahap.

F. MODEL DAN SIMULASI KOMPUTER

Model yang dikembangkan dari hasil penelitian ilmiah sebetulnya hanya merupakan penjelasan atau gambaran yang sederhana dan sistematis tentang perilaku dari suatu fenomena sehingga memungkinkan kita menarik suatu kesimpulan atau membuat dugaan tentang sesuatu yang nyata dan yang berhubungan dengan fenomena yang digambarkan oleh model tersebut.

Model dapat bersifat deterministik atau probabilitas. Model probabilistik menggambarkan suatu situasi atau akibat yang mungkin terjadi andaikan kondisi-kondisi tertentu terjadi.

Distribusi probabilita atau distribusi teoritis merupakan suatu model probabilitas yang memungkinkan

mempelajari hasil eksperimen random yang riil dan menduga hasil-hasil yang akan terjadi/timbul, asal saja kondisi-kondisi modelnya menyerupai kondisi-kondisi eksperimennya (Dajan, 1986).

Menurut Simarmata (1985), metoda dalam penelitian operasional sangat banyak baik yang berasal dari bidang ilmu matematika, statistika, informasi, biologi, fisika atau lainnya. Beberapa di antaranya adalah teori grafik, program-program matematika, teori permainan, teori proses stokastik dan metoda-metoda seperti simulasi.

Simulasi adalah model matematika yang menerangkan tingkah laku suatu sistem melalui waktu. Melalui pengamatan terhadap tingkah laku model selama percobaan-percobaan dapat dibuat kesimpulan tentang tingkah laku sistem sebenarnya (Watson dan Blackstone, 1981).

Menurut Gottfried (1984) simulasi adalah suatu kegiatan di mana tingkah laku sistem dapat diperoleh dengan cara mempelajari tingkah laku model yang berhubungan yang mempunyai hubungan sebab dan akibat yang sama dengan sistem yang sebenarnya.

Simulasi adalah duplikasi atau abstraksi dari persoalan dalam kehidupan nyata ke dalam model-model matematika. Dalam hal ini dilakukan penyederhanaan sehingga pemecahan dengan model-model matematika bisa dilakukan (Subagyo et al, 1989).

Dibandingkan dengan model analitik kemampuan model simulasi dalam menjangkau hal-hal yang lebih luas akan lebih jelas karena hanya membutuhkan asumsi yang lebih sedikit sehingga dapat digunakan untuk industri-industri yang lebih kompleks (rumit). Selain itu model analitis terbatas pemakaiannya dalam hal-hal yang tidak pasti dan aspek dinamis (faktor waktu) dari persoalan manajemen (Siagian, 1985).

Simulasi adalah salah satu teknik ilmu manajemen yang paling sering digunakan dan kian populer. Alasan-alasan digunakannya simulasi adalah :

1. Percobaan dengan sistem yang sebenarnya atau prototipe dari sistem nyata.
2. Percobaan dalam simulasi tidak membahayakan sistem sebenarnya.
3. Kepercayaan akan pengalaman dan intuisi.
4. Tidak ada model matematika yang sesuai.
5. Lebih mudah mengontrol kondisi-kondisi percobaan dalam model simulasi daripada keadaan yang sebenarnya.
6. Tidak memakan waktu lama.

Digolongkan oleh Gottfried (1984), model-model simulasi menjadi model deterministik, model stokastik, model statisik, model dinamik dan model heuristik.

Taha (1988) menggolongkan simulasi berdasarkan distribusi datanya menjadi diskrit dan kontinyu. Pada simulasi sistem diskrit simulasi dilihat hanya pada titik-titik tertentu sedangkan pada simulasi sistem kontinyu sistem dimonitor setiap waktu.

Dalam melakukan simulasi dilakukan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Menentukan sistem/masalah yang akan disimulasi yang mencakup lingkungan, tujuan dan karakteristik.
2. Membentuk model.
3. Mengumpulkan data.
4. Mengimplementasikan model.
5. Menguji dan menyempurnakan model.
6. Merancang percobaan-percobaan simulasi.
7. Menjalankan simulasi dan analisa data.
8. Menarik kesimpulan.

Salah satu teknik simulasi yang sudah baku digunakan adalah simulasi model stokastik yang diketahui sebagai metoda simulasi Monte Carlo. Metoda ini merupakan sistem simulasi teknik pengambilan contoh (sampling) yang diterapkan pada populasi teoritis. Metode ini mencakup penetapan distribusi peluang dari peubah dan menarik contoh secara acak (probabilistik), kemudian membuat rataannya (Hillier dan Lieberman, 1974).

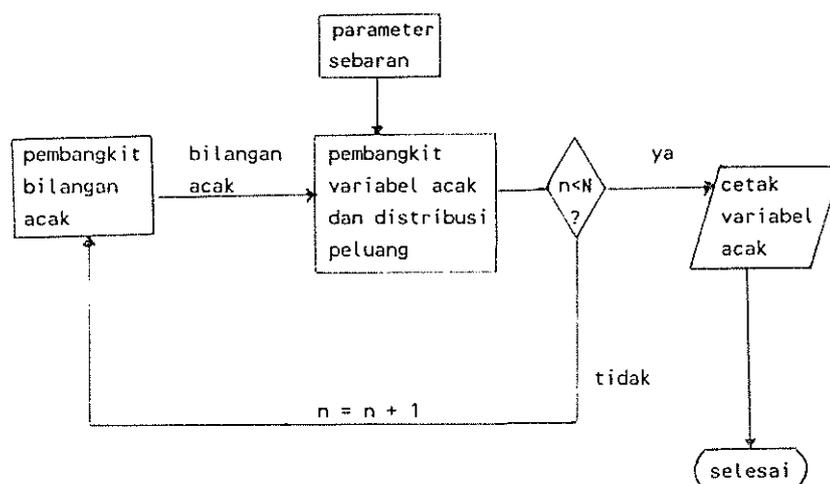
Menurut Siagian (1985), simulasi Monte Carlo merupakan suatu pendekatan untuk membentuk kembali distribusi peluang yang didasarkan pada pilihan atau pengadaan bilangan acak (random). Ada beberapa cara untuk menghasilkan bilangan acak. Simulasi Monte Carlo merupakan cara yang paling baik terutama untuk suatu distribusi diskrit yang empiris.

Kunci utama pelaksanaan simulasi suatu kejadian yang bersifat diskrit, stokastik adalah kemampuan untuk menghasilkan bilangan acak di dalam komputer. Bilangan acak yang dihasilkan tidak benar-benar acak karena merupakan urutan yang dapat diulang dengan menggunakan teknik-teknik deterministik. Namun bilangan-bilangan tersebut muncul secara acak dan dapat memenuhi berbagai uji statistik untuk sifat acak. Untuk tujuan praktis tersebut diasumsikan acak atau disebut dengan bilangan acak semu (Gottfried, 1984).

Penarikan bilangan acak dilakukan dengan menggunakan pembangkit bilangan acak untuk menghasilkan nilai-nilai distribusi populasi sebenarnya. Pembangkitan bilangan acak dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan metoda transformasi, distribusi eksponensial, distribusi normal dan distribusi poisson (Hillier dan Lieberman, 1974).

Salah satu metoda yang digunakan dalam penarikan bilangan acak adalah metoda transformasi yang menurut

Law dan Kelton (1982) bilangan acak suatu distribusi teoritis dapat dibangkitkan dengan cara menarik bilangan acak uniform yang kemudian ditransformasikan ke suatu nilai eksponensial tertentu.



Gambar 2. Skema tahapan simulasi Monte Carlo (Watson dan Blackstone, 1981).

G. DISTRIBUSI PELUANG

Banyak permasalahan simulasi yang menggunakan distribusi eksponensial. Pola kedatangan individu-individu mengikuti suatu distribusi poisson maka waktu antar kedatangan atau *inter arrival time* (yaitu waktu antara kedatangan setiap individu) adalah random dan mengikuti suatu distribusi eksponensial (Subagyo et al, 1989).

Lama menganggur atau waktu perbaikan adalah variabel acak yang mempunyai distribusi eksponensial dengan parameter β . Karena itu peluang bahwa alat yang

atau probabilitas ($0 \leq x \leq \infty$) = $F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$ (Gottfried, 1984).

H. UJI STATISTIK

Salah satu uji statistik yang dikenal adalah uji Kolmogorov-Smirnov. Uji ini merupakan salah satu metoda yang dapat digunakan untuk membandingkan set data dengan distribusi teoritis. Uji ini memiliki dua keuntungan dibandingkan dengan uji Chi-Kuadrat. Uji ini lebih kuat dibandingkan uji Chi-Kuadrat dan uji ini dapat digunakan untuk sampel berukuran kecil (Watson dan Blackstone, 1981).

Uji Kolmogorov-Smirnov berkaitan dengan dua distribusi kumulatif. Pertama frekuensi distribusi relatif kumulatif pengamatan yang diperoleh dari data sampel. Hipotesis nol adalah distribusi pengamatan tidak berbeda nyata dengan distribusi teoritis. Kedua peluang distribusi teoritis yang akan diuji. Keputusan untuk menerima hipotesis nol tergantung dari peluang bahwa perbedaan pengamatan akan terjadi jika pengamatan benar-benar merupakan sampel acak dari distribusi teoritis.

Uji Kolmogorov-Smirnov dilakukan dengan menghitung distribusi kumulatif yang dihipotesakan, hipotesa nol dinotasikan dengan $F(X)$. Distribusi teoritik yang terpilih untuk digunakan sebagai pendekatan



Berubahnya permintaan terhadap produk menyebabkan permintaan bahan baku juga berubah. Bahan baku yang dipesan membutuhkan waktu antara pemesanan dan penerimaan di perusahaan yang disebut *lead time* (waktu tenggang). Waktu tenggang terutama untuk bahan baku impor panjang dan sukar diduga. Perubahan kebutuhan bahan baku juga disebabkan oleh adanya penerimaan dan pemakaian untuk produksi.

Kapasitas mesin-mesin produksi berubah menurut waktu karena terjadinya kerusakan/kegagalan (*break-down*). Kegagalan pada mesin tidak dapat diketahui dengan pasti kapan terjadi dan berapa lama. Kegagalan yang bersifat probabilistik ini hanya diketahui sebaran peluangnya.

Waktu kedatangan bahan baku yang bervariasi dan kapasitas lini produksi yang tidak tentu ini diduga dengan menggunakan teknik simulasi Monte Carlo untuk mencapai tujuan yang direncanakan dan penerapan teknik heuristik dalam pembuatan model kuantitatif yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

B. PENDEKATAN BERENCANA

Pendekatan berencana dapat digunakan untuk mengurangi permasalahan secara obyektif, kebijaksanaan dan alternatif-alternatif yang mempunyai tujuan utama untuk mengembangkan dan menerapkan model-model

kuantitatif pada masalah-masalah spesifik (Thierauf dan Klekamp, 1975).

Tahapan pada pendekatan berencana adalah sebagai berikut :

1. Observasi Lapangan

Untuk mengetahui permasalahan secara nyata dilakukan pendataan umum terhadap fakta-fakta yang dapat membantu pengembangan pemahaman terhadap permasalahan estimasi realisasi jumlah produksi susu kental manis.

2. Perumusan Masalah

Pada tahap ini dirumuskan faktor-faktor yang mempengaruhi permasalahan, penentuan tujuan, dan sasaran yang hendak dicapai, batasan-batasan terhadap penyelesaian masalah dan asumsi-asumsi yang diperlukan dalam pengembangan dan penyelesaian masalah estimasi realisasi produksi susu kental manis.

3. Pengembangan Alternatif Penyelesaian

Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi permasalahan dikembangkan alternatif penyelesaian melalui :



D. TATA LAKSANA PERMODELAN

Penelitian ini merupakan studi kasus di industri pengolahan susu yang dimulai dengan studi pustaka dan dilanjutkan dengan identifikasi masalah, pengambilan dan pengolahan data.

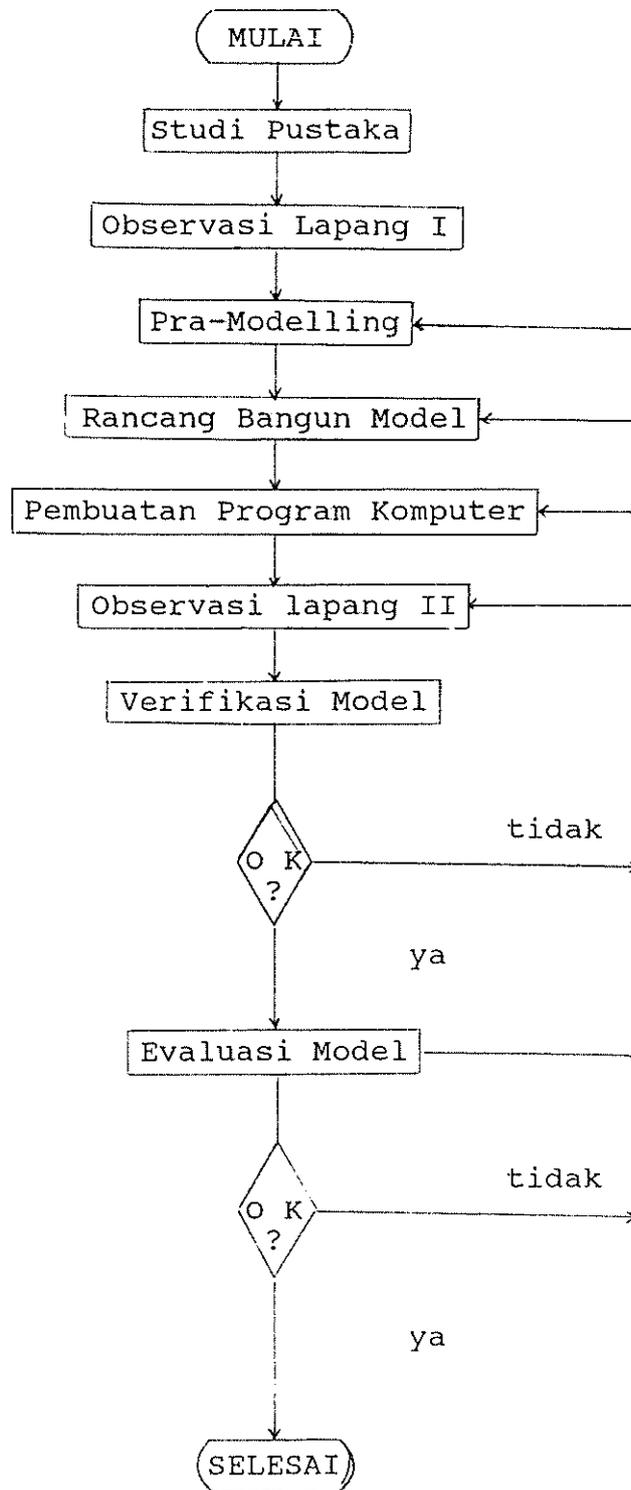
Setelah diawali dengan studi pustaka dilakukan observasi lapang I yang bertujuan untuk mempelajari sistem produksi pada industri pengolahan susu dan diteruskan dengan mengidentifikasi parameter-parameter dan peubah-peubah yang berhubungan dalam rangka membuat pra-model.

Tahap selanjutnya dilakukan perancangan bangun model yang akan digunakan dalam estimasi realisasi jumlah produksi susu kental manis. Kemudian diteruskan dengan implementasi dengan membuat program komputer.

Setelah itu dilakukan observasi lapang II untuk memperoleh informasi dan data yang diperlukan untuk melakukan verifikasi model.

Terakhir dilakukan verifikasi model untuk menguji kelayakan model yang akan digunakan.





Gambar 4. Tata Laksana Permodelan Kajian Masalah Khusus

IV. RANCANGAN MODEL

A. KONFIGURASI MODEL

Model estimasi realisasi jumlah produksi susu kental manis dirancang dalam suatu perangkat lunak komputer yang diberi nama ESPRO'93 (Estimasi Realisasi Jumlah Produksi 93).

Struktur model ESPRO'93 terdiri dari sub model-sub model matematika : estimasi ketersediaan bahan baku, estimasi lama kegagalan lini produksi, rencana produksi dan model estimasi realisasi jumlah produksi.

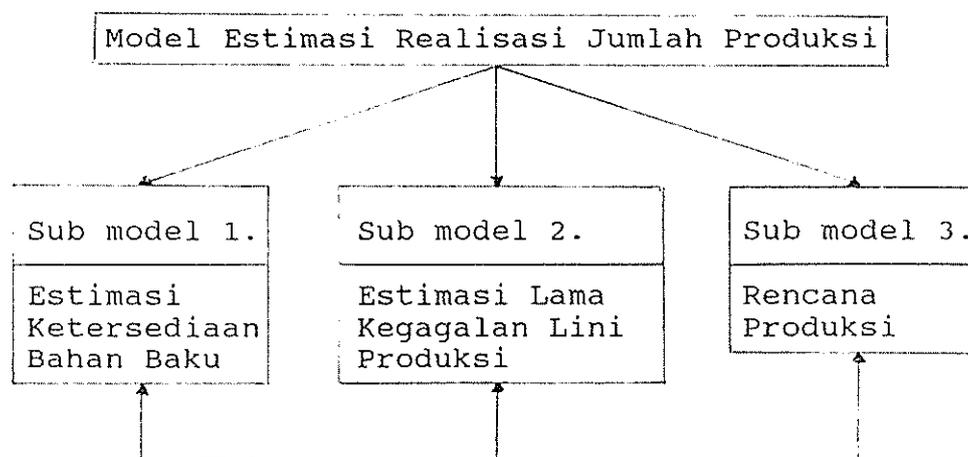
Sub model estimasi ketersediaan bahan baku adalah model yang menduga kuantitas ketersediaan bahan baku dilihat dari pemakaian dan penerimaan bahan baku. Dalam model ini disimulasi waktu tenggang/waktu diterimanya bahan baku yang dipesan pada periode estimasi. Bahan baku yang diterima perusahaan dan dijumlahkan dengan stok yang ada di gudang merupakan input dalam proses produksi.

Sub model estimasi lama kegagalan lini produksi adalah model yang menduga jumlah produk yang tidak terealisasi akibat terjadinya kegagalan lini produksi yang menyebabkan proses produksi terhenti sehingga menurunkan kapasitas lini produksi. Kapasitas lini produksi adalah kapasitas maksimum yang dapat

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website IPB University di www.ipb.ac.id.
1. Diambil dengan izin dari IPB University.
2. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
3. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
4. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
5. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
6. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
7. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
8. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
9. Diperoleh dengan izin dari IPB University.
10. Diperoleh dengan izin dari IPB University.

baku yang terjadi karena adanya penerimaan dan pemakaian. Pada grafik dapat dilihat kondisi yang terjadi antara target dan realisasi produksi sesuai dengan data-data yang diberikan dan simulasi yang dilakukan pengguna.

Komponen-komponen sistem yang diperhitungkan adalah stok bahan baku yang ada (STOK), jumlah bahan baku yang diterima (SUPLAI), kapasitas produksi perhari (KAPROD), jumlah produk yang tidak terealisasi (BREAK), permintaan pasar (DEMAND) dan rencana produksi perusahaan (PLAN). Ketersediaan bahan baku dan faktor kegagalan lini produksi merupakan pembatas terhadap realisasi rencana/jadual produksi perusahaan.



Gambar 5. Konfigurasi model estimasi realisasi jumlah produksi

1. Sub Model Rencana Produksi

Sub model rencana produksi disusun berdasarkan prakiraan jumlah permintaan pasar terhadap produk susu kental manis Indomilk yang terdiri dari Indomilk Plain, Indomilk Choco dan Cap Enaak.

Berdasarkan data permintaan masa lalu dilakukan prakiraan permintaan untuk permintaan selama satu bulan. Permintaan susu kental manis adalah jumlah dari permintaan ketiga jenis susu kental manis tersebut. Hasil prakiraan ini merupakan dasar bagi perusahaan dalam menentukan kebijakan dalam perencanaan produksinya. Rencana produksi harian yang merupakan target produksi satu hari sesuai dengan metode yang dilakukan perusahaan ditetapkan dengan membagi rencana produksi satu bulan dengan jumlah hari kerja pada bulan tersebut.

$$\text{DEMANDtot} = \text{DEMANDimp} + \text{DEMANDimc} + \text{DEMANDce} \quad \dots \quad (1)$$

$$\text{PLAN} = \frac{\text{DEMANDtot}}{h} \quad \text{jika} \quad \dots \quad (2)$$

$$\text{PLAN} < \text{KAPROD}$$

$$\text{PLAN} = \text{KAPROD} \quad \text{jika} \quad \dots \quad (3)$$

$$\text{PLAN} > \text{KAPROD}$$

di mana :

DEMAND_{tot} = permintaan pasar susu kental manis Indomilk

DEMAND_{imp} = permintaan pasar susu Indomilk Plain

DEMAND_{imc} = permintaan pasar susu Indomilk Choco

DEMAND_{ce} = permintaan pasar susu cap Enaak

PLAN = rencana produksi harian

h = jumlah hari kerja dalam satu bulan

Permintaan bulanan diduga dengan teknik-teknik baku peramalan yang dimodifikasi oleh Asep Hudri (1988).

Pola data permintaan dianalisa dengan memplotkan data. Model peramalan dipilih berdasarkan ukuran ketepatan ramalan. Pada model ini ukuran ketepatan yang dipakai adalah MAPE (*Mean Average Percentage Error*). Model peramalan yang dianggap layak digunakan dan cukup optimal pada kondisi tersebut adalah model yang mempunyai nilai MAPE terkecil. Kelayakan model diuji dengan analisa auto korelasi.

2. Sub Model Estimasi Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku pada periode t tertentu ditentukan oleh jumlah stok yang ada (STOK-awal) serta jumlah dan kedatangan bahan baku yang dipesan. Jumlah pesanan (SUPLAI) pada model ini merupakan input yang ditentukan pengguna sesuai

dengan rencana pesanan yang dilakukan perusahaan.

Waktu tenggang bahan baku yang bersifat tidak pasti dihitung sejak pemesanan dilakukan sampai dengan kedatangan di perusahaan. Berdasarkan simulasi yang dilakukan terhadap waktu tenggang yang dilakukan dalam sub model estimasi ketersediaan bahan baku diketahui estimasi waktu kedatangan bahan baku di perusahaan. Apabila bahan baku datang di dalam periode estimasi maka terjadi suplai. SUPLAI bahan baku ini ditambahkan kepada bahan baku yang ada (STOKawal) sehingga diperoleh stok bahan baku yang siap untuk diproduksi (STOK) pada periode tersebut.

Perumusan simulasi waktu tenggang dengan sebaran eksponensial adalah sebagai berikut :

$$U_t = RND_t \dots\dots\dots (4)$$

$$\alpha = \frac{1}{(\mu - X_0)} \dots\dots\dots (5)$$

$$X_t = X_0 - \left(\frac{1}{\alpha} \times \ln RND_t \right) \dots\dots (6)$$

$$LEAD_t = X_t \dots\dots\dots (7)$$

di mana :

U_t = variabel acak uniform ke-t

α = parameter model

$$STOK_t = STOK_{akhir,t-1} + SUPLAI_t \dots\dots\dots (8)$$

$$STOK_{akhir,t-1} = STOK_{t-1} - KAPAK_{t-1} \text{ jika .. (9)}$$

$$KAPAK_{t-1} = KAPROD - BREAK_{t-1} \quad \text{dan}$$

$$STOK_{t-1} > PLAN_{t-1} \quad \text{dan}$$

$$PLAN_{t-1} > (KAPROD - BREAK_{t-1})$$

$$STOK_{akhir,t-1} = STOK_{t-1} - KAPAK_{t-1} \text{ jika .. (10)}$$

$$KAPAK_{t-1} = PLAN_{t-1} \quad \text{dan}$$

$$STOK_{t-1} > PLAN_{t-1} \quad \text{dan}$$

$$PLAN_{t-1} < (KAPROD - BREAK_{t-1})$$

$$STOK_{akhir,t-1} = STOK_{t-1} - KAPAK_{t-1} \text{ jika .. (11)}$$

$$KAPAK_{t-1} = KAPROD - BREAK_{t-1} \quad \text{dan}$$

$$STOK_{t-1} < PLAN_{t-1} \quad \text{dan}$$

$$STOK_{t-1} > (KAPROD - BREAK_{t-1})$$

$$STOK_{akhir,t-1} = 0 \quad \text{jika .. (12)}$$

$$KAPAK_{t-1} = STOK_{t-1}$$

$$STOK_{t-1} < PLAN_{t-1}$$

$$STOK_{t-1} < KAPROD - BREAK_{t-1}$$

di mana :

$STOK_t$ = jumlah bahan baku pada periode ke-t

$STOK_{akhir,t-1}$ = jumlah bahan baku pada akhir periode ke-t-1

$SUPLAI_t$ = jumlah bahan baku yang datang pada periode ke-t

$PLAN_{t-1}$	= rencana produksi pada periode ke-t-1
$KAPAK_{t-1}$	= tingkat produksi aktual pabrik pada periode ke-t-1
$STOK_{t-1}$	= jumlah bahan baku pada periode ke-t-1
$KAPROD$	= kapasitas produksi pada periode ke-t
$BREAK_{t-1}$	= jumlah produk yang tidak terrealisir pada periode ke-t-1

3. Sub Model Estimasi Lama Kegagalan Lini Produksi

Proses produksi susu kental manis bersifat lini kontinyu sehingga jika terjadi kerusakan pada salah satu mesin maka akan menyebabkan seluruh proses produksi terhenti dan dapat mengurangi jumlah produk yang seharusnya dihasilkan.

Model ini menggunakan asumsi bahwa banyaknya produk yang tidak terproduksi berbanding lurus dengan rata-rata lama kegagalan lini produksi. Kerusakan dapat terjadi sewaktu-waktu dan bersifat probabilistik.

Sub model estimasi lama kegagalan lini produksi akan mensimulasi nilai ekspektasi terjadi dan lamanya kerusakan/ kegagalan lini produksi. Sub model ini mengikuti distribusi empiris (asumsi

distribusi adalah mengikuti distribusi pengamatan). Nilai kerusakan mesin adalah nilai yang lebih kecil atau sama dengan distribusi kumulatif kegagalan dan merupakan nilai keluaran model yaitu jumlah produk yang tidak terproduksi (BREAK).

Besaran lama kegagalan lini produksi di-konversi dalam bentuk besaran jumlah produk yang tidak terpenuhi/ terproduksi yaitu dengan cara mengalikan lama kegagalan lini dalam satu hari dengan faktor konversi. Faktor konversi di sini adalah kecepatan lini produksi yang ditentukan dengan cara mencari rata-rata persatuan waktu dari lama kegagalan masing-masing mesin dikalikan kecepatan masing-masing mesin dari data masa lalu.

Perumusan simulasi kegagalan lini produksi dengan sebaran empiris adalah sebagai berikut :

$$Z_{tn} = \text{RND}_{tn} \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{RUSAK}_{tn} = \text{BREAK}_{tn} \text{ jika } Z_{tn} \leq W_{tn} \dots\dots (14)$$

$$\text{TBREAK} = \sum_{n=1}^n \text{RUSAK}_{tn} \times \text{FKon} \dots\dots (15)$$

di mana :

- Z_{tn} = variabel acak ke-t untuk n menit
- W_{tn} = frekuensi kumulatif lama kegagalan ke-t untuk n menit

n	= lama kegagalan lini produksi untuk n menit ($n = 5, 10, 15, \dots, 235$)
t	= 1, 2, 3, ..., 36
RND_t	= bilangan acak ke- t
$RUSAK_{tn}$	= lama kegagalan lini untuk n menit
TBREAK	= jumlah produk yang tidak ter- produksi dalam satu hari
FKon	= 9.8 (faktor konversi)

4. Model Estimasi Realisasi Jumlah Produksi

Model estimasi akan menghasilkan output realisasi jumlah produksi pada periode estimasi yang dipengaruhi oleh jumlah persediaan bahan baku dan kerusakan/kegagalan lini produksi. Dari model ini dapat dilihat jumlah produk (tingkat produksi aktual) yang dihasilkan dalam periode estimasi dan dinamika persediaan bahan baku akibat adanya suplai dan pemakaian. Model ini menggunakan teknik heuristik di mana pemecahan masalah dilakukan dengan matematika logis dan operasi aljabar.

Mekanisme model estimasi realisasi jumlah produksi adalah mengestimasi realisasi jumlah produksi sesuai dengan rencana produksi dan ketersediaan bahan baku yang kemudian dikoreksi oleh terjadinya kerusakan/kegagalan lini produksi.

Input dalam model ini berasal dari output sub model estimasi ketersediaan bahan baku, sub model estimasi lama kegagalan lini produksi, dan sub model rencana produksi.

Stok bahan baku dibandingkan dengan rencana produksi. Rencana produksi dilakukan dengan batasan stok bahan baku yang ada. Setelah dikoreksi oleh terjadinya kegagalan lini produksi maka rencana produksi berubah menjadi tingkat produksi aktual produksi.

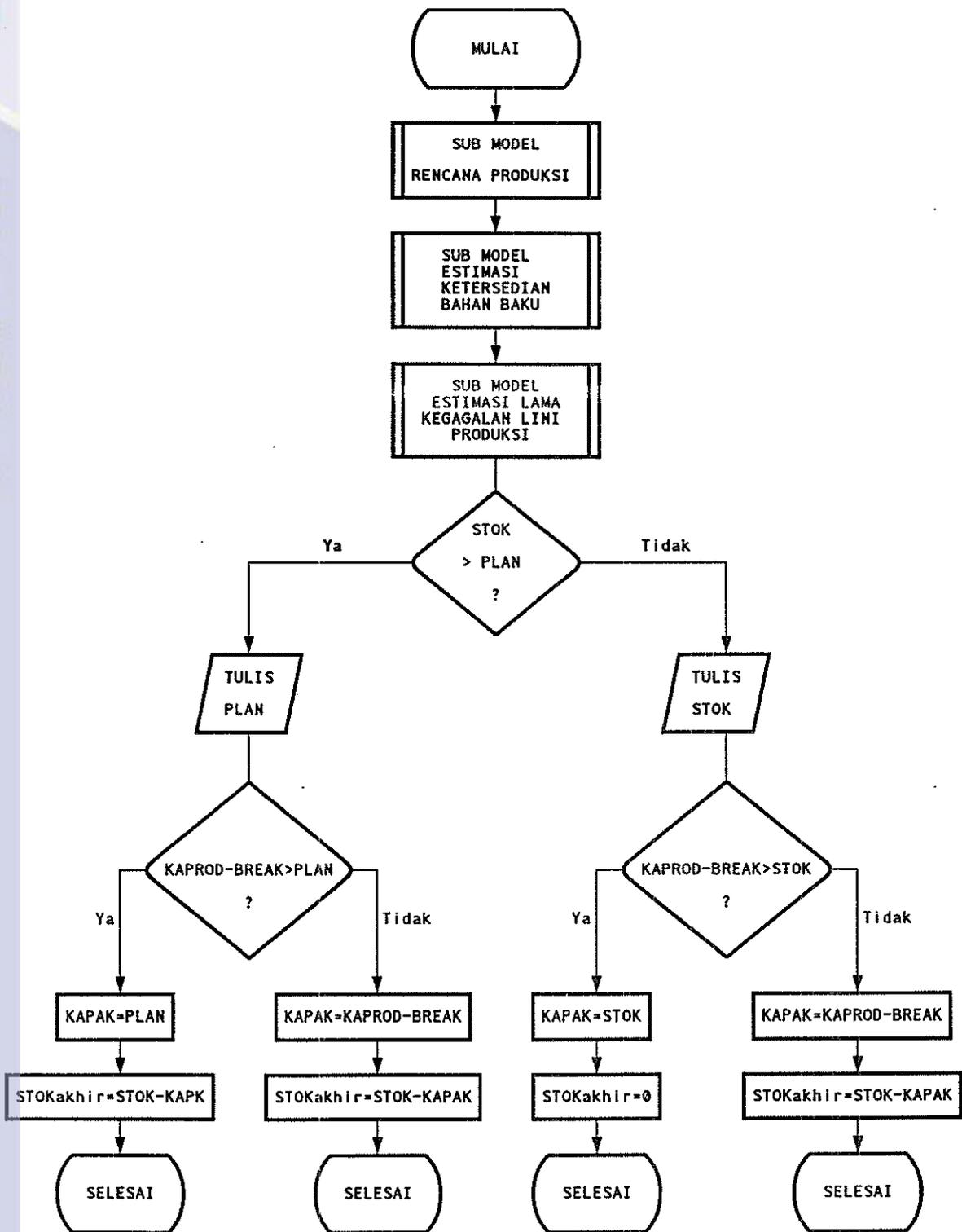
Model matematika yang dibuat pada model estimasi ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{KAPAK}_t &= \text{KAPROD} - \text{BREAK}_t && \text{jika} \dots\dots\dots (16) \\ \text{STOK}_t &> \text{PLAN}_t && \text{dan} \\ \text{PLAN}_t &> (\text{KAPROD} - \text{BREAK}_t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KAPAK}_t &= \text{PLAN}_t && \text{jika} \dots\dots\dots (17) \\ \text{STOK}_t &> \text{PLAN}_t && \text{dan} \\ \text{PLAN}_t &< (\text{KAPROD} - \text{BREAK}_t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KAPAK}_t &= \text{KAPROD} - \text{BREAK}_t && \text{jika} \dots\dots\dots (18) \\ \text{STOK}_t &< \text{PLAN}_t && \text{dan} \\ \text{STOK}_t &> (\text{KAPROD} - \text{BREAK}_t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KAPAK}_t &= \text{STOK}_t && \text{jika} \dots\dots\dots (19) \\ \text{STOK}_t &< \text{PLAN}_t && \text{dan} \\ \text{STOK}_t &< (\text{KAPROD} - \text{BREAK}_t) \end{aligned}$$



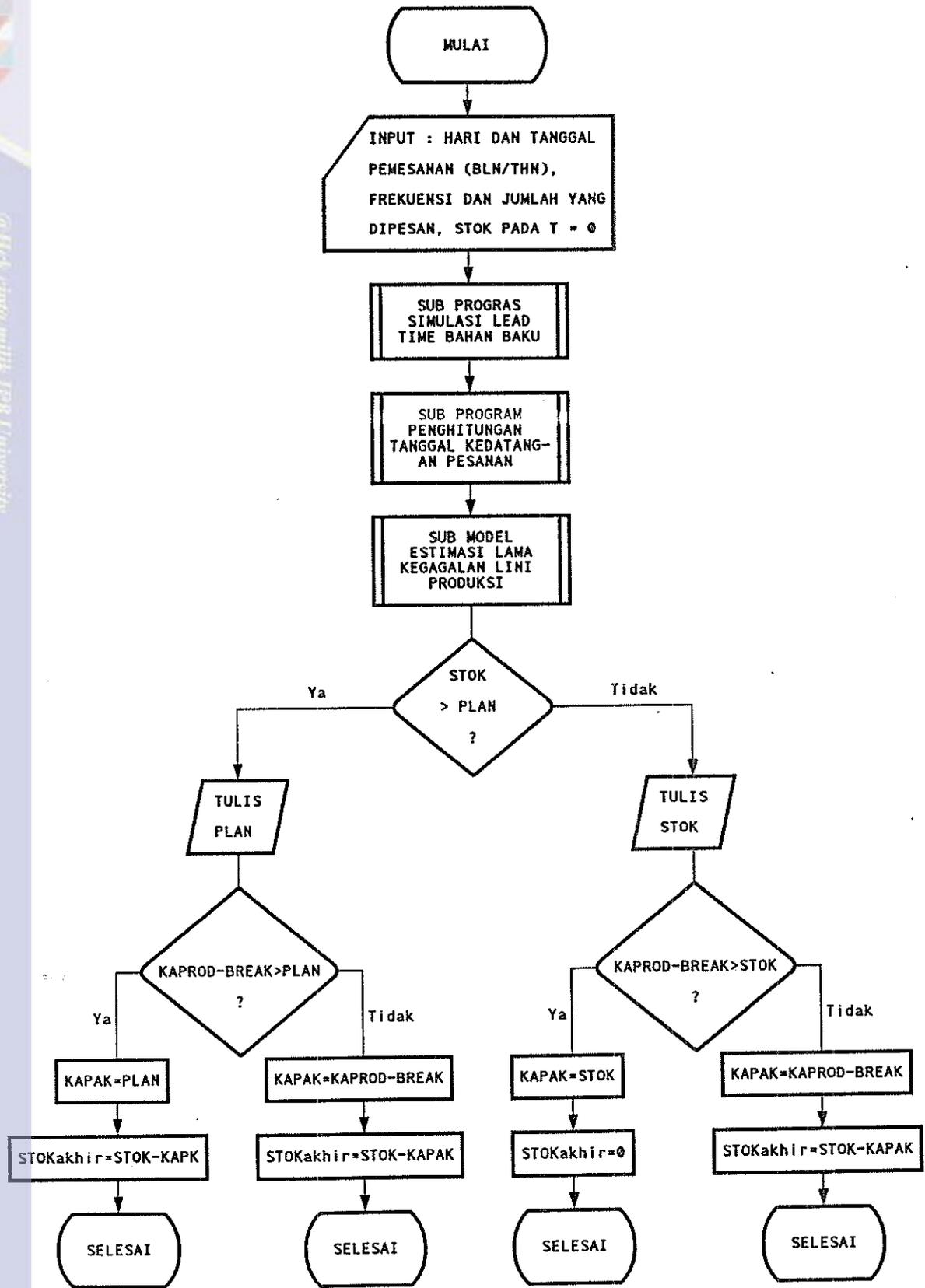
Gambar 6. Diagram alir deskriptif ESPRO '93

B. PROGRAM KOMPUTER

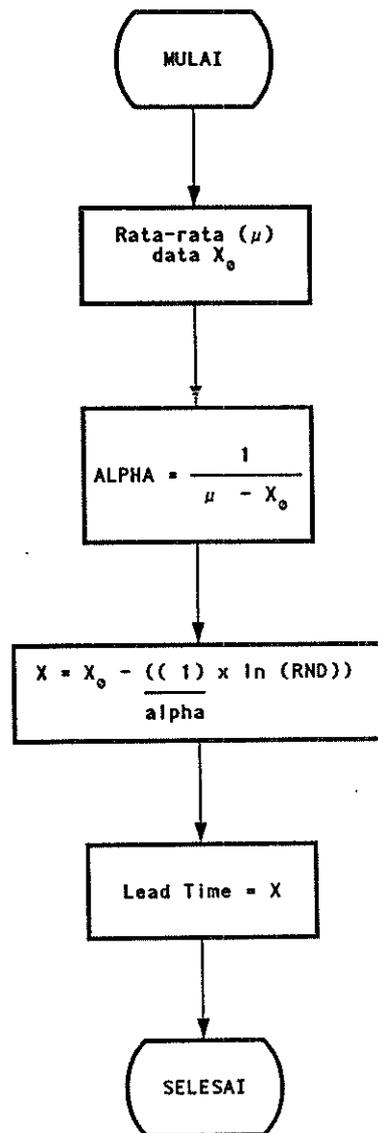
Mekanisme model estimasi realisasi jumlah produksi dapat dilihat pada diagram alir komputer model estimasi realisasi jumlah produksi (gambar 6).

Sub model rencana produksi disusun berdasarkan prakiraan permintaan dan kapasitas lini produksi. Untuk menduga permintaan pasar (DEMAND) dilakukan teknik-teknik peramalan permintaan berdasarkan data lalu. Sesuai dengan permintaan pasar dan kapasitas lini produksi ditentukan rencana produksi harian (PLAN). dibatasi tidak boleh lebih besar dari kapasitas lini produksi. Rencana produksi bulanan dikonversi menjadi rencana produksi rata-rata harian dengan cara membagi rencana produksi satu bulan dengan jumlah hari kerja dalam bulan tersebut.

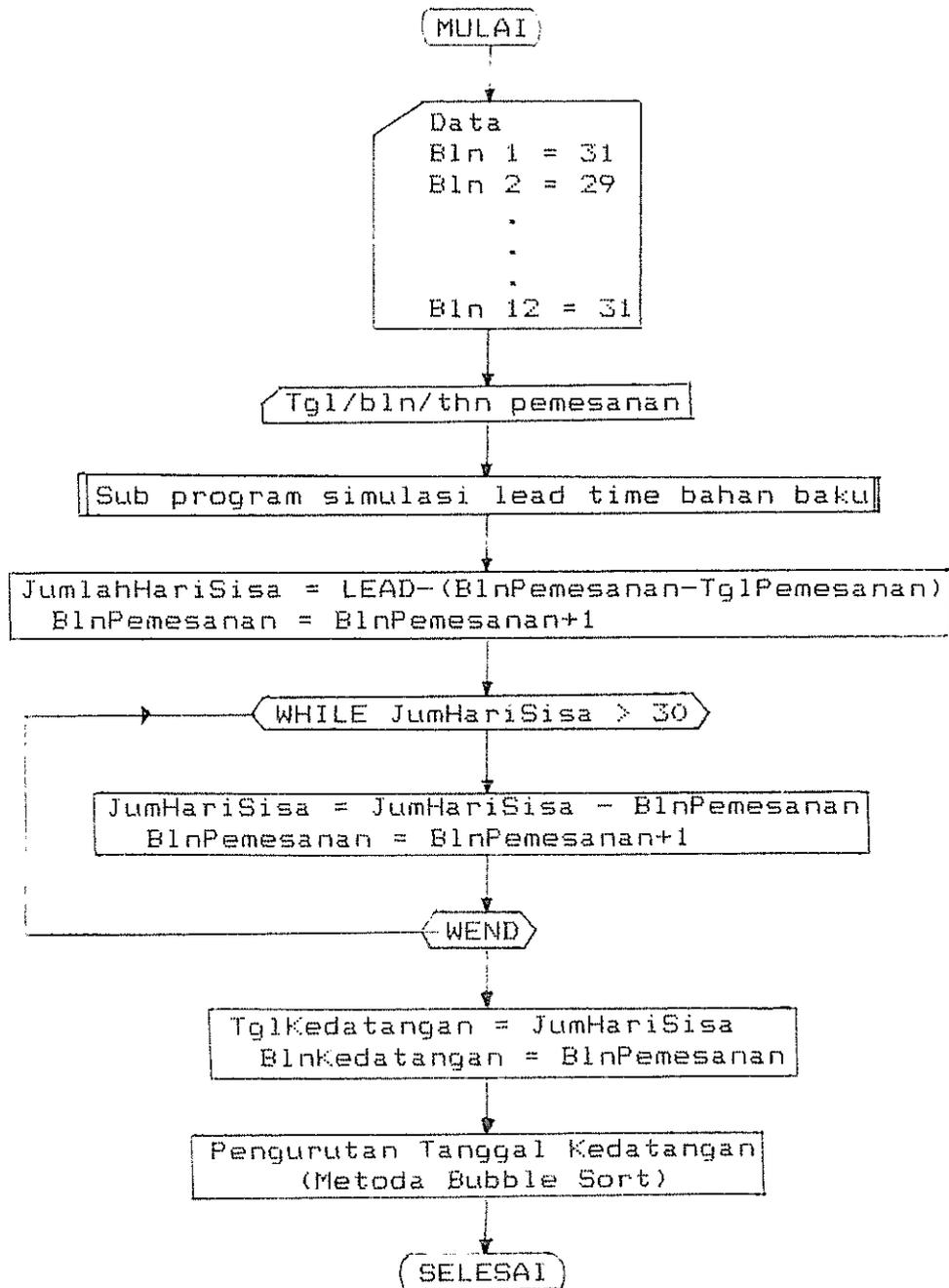
Dalam sub model estimasi ketersediaan bahan baku pengguna dapat menginput langsung bahan baku yang ada pada saat melakukan estimasi (STOK_{awal}) yaitu pada periode ke- t sama dengan nol yang merupakan stok akhir periode ke $t-1$ dan bahan baku yang datang (SUPLAI _{t}). Kondisi stok dapat diketahui langsung dari kartu stok pada hari itu. STOK dapat dihitung dengan penjumlahan STOK_{akhir} periode ke- $t-1$ ditambah SUPLAI periode ke- t jika suplai terjadi. Output dari estimasi ketersediaan bahan baku merupakan input bagi model estimasi.



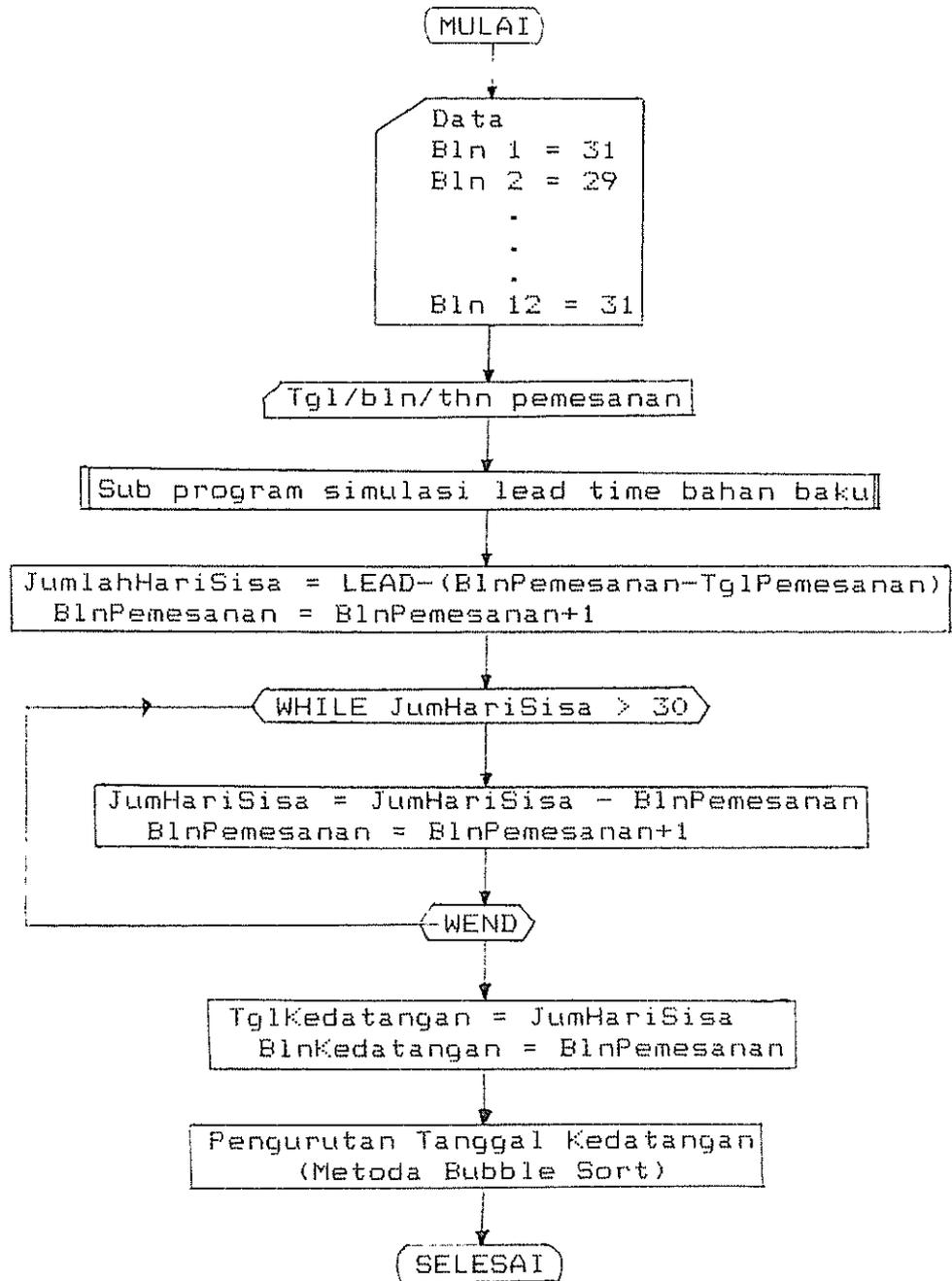
Gambar 7. Diagram alir komputer ESPRO '93



Gambar 8. Diagram alir komputer sub program simulasi waktu tenggang bahan baku



Gambar 9. Diagram Alir Komputer Sub Program Penghitungan Tanggal Kedatangan



Gambar 9. Diagram Alir Komputer Sub Program Penghitungan Tanggal Kedatangan

V. KONDISI AKTIFITAS PRODUKSI DI PT AUSTRALIA INDONESIAN MILK INDUSTRIES

A. TEKNOLOGI PROSES SUSU KENTAL MANIS

Dalam lingkungan rumah tangga dikenal dua jenis susu, yaitu susu segar dan susu yang diawetkan. Susu yang diawetkan adalah susu segar yang sudah mengalami proses tertentu agar tahan disimpan. Salah satu bentuk susu yang diawetkan adalah susu kental manis yang tahan disimpan dalam waktu yang lama (kurang lebih satu tahun) tanpa perlu pengawasan.

Susu kental manis adalah susu yang telah mengalami pengentalan dan telah ditambahkan bahan pemanis sehingga dapat lebih tahan disimpan pada kondisi ruang. Karena keterbatasan kemampuan penyediaan susu segar oleh industri pemerahan susu segar dalam negeri maka susu kental manis juga dibuat secara *recombined process* yaitu proses penggabungan kembali bahan-bahan pembentuk susu kental manis sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan.

Susu kental manis terbuat dari susu segar, gula, susu bubuk skim, krim susu, serta vitamin-vitamin. Gula berfungsi sebagai pengawet, karena mikroba tidak mampu berbiak dalam larutan yang manis pekat. Pada pembuatan susu kental manis plain (putih) digunakan *butter oil* atau *anhydrous milk fat* (AMF) sedangkan

untuk Indomilk coklat masih ditambah dengan bahan-bahan tambahan lainnya. Pada susu kental manis cap Enaak, minyak yang ditambahkan adalah *palm oil*.

Susu kental manis mempunyai dasar formula *fat* (lemak) sekitar 8 gram, protein 8 gram, mineral 1.7 gram, air 26.5 gram, karbohidrat 55.8 gram, vitamin A 700 iu, vitamin D₃ 100 iu, vitamin B₁ 0.5 miligram dan nilai energi 320 kilokalori.

PT Indomilk bekerja selama lima hari dalam satu minggu. Khusus bagian produksi bekerja selama enam hari. Produksi berhenti jika dilakukan pencucian total (*Clean Out Place*) dan pemeliharaan preventif. Jika dilakukan lembur maka bagian produksi bekerja selama tujuh hari. Dalam satu hari bagian produksi bekerja selama 24 jam yang dibagi menjadi tiga shift dengan waktu persiapan setiap shift selama tiga puluh menit. Masing-masing shift diawasi oleh satu orang manajer/*shift manager*.

1. Proses Pendahuluan

Sebelum dilakukan proses pembuatan susu kental manis, dilakukan dahulu berbagai persiapan yang meliputi persiapan alat dan bahan dengan baik. Semua persiapan ini disebut perlakuan pendahuluan.

Persiapan alat dilakukan setiap hari berupa pembersihan alat dengan air. Dilakukan dengan cara menghidupkan seluruh mesin sebagaimana akan memulai kegiatan produksi tetapi dalam hal ini hanya digunakan air dingin lalu diganti dengan air panas. Pencucian secara keseluruhan dilakukan terhadap bagian luar dan dalam alat-alat produksi pada akhir minggu dimana pada hari itu proses produksi dihentikan.

Sebelum digunakan, bahan baku mengalami beberapa perlakuan seperti penimbangan dan pengujian mutu. Terhadap susu murni dilakukan penyaringan, pasteurisasi, dan pemanasan.

2. Bahan Baku, Bahan Tambahan Dan Kemasan

Secara umum bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan susu kental manis dibedakan menjadi tiga macam yaitu bahan baku, bahan tambahan dan kemasan.

a. Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah susu segar (*fresh milk*), susu bubuk (*skim milk powder*), lemak susu (*anhydrous milk fat*), gula pasir dan air.

Skim milk powder merupakan susu segar yang telah mengalami pemisahan bagian lemak dan airnya. Proses pemisahan ini dilakukan di Australia, Selandia Baru, dan Polandia, karena produksi susu di negara kita belum dapat memenuhi kebutuhan. Tujuan utama impor susu dalam bentuk bubuk ini adalah untuk mempermudah proses pengangkutan dan tidak mudah mengalami kerusakan karena bagian lemak dan airnya telah dipisahkan, meskipun tetap mengandung 0.05 - 1 persen lemak, dan 3.2 persen air.

Gula pasir yang digunakan untuk pembuatan susu kental manis adalah gula tebu yang berfungsi untuk mendapatkan rasa manis dan keawetan.

b. Bahan Tambahan

Bahan tambahan yang digunakan dalam pembuatan susu kental manis ini adalah laktosa dan vitamin A, B₁ dan D₃. Untuk memproduksi susu kental manis coklat sebagai bahan tambahan adalah bubuk coklat.

c. Kemasan

Kemasan susu kental manis terdiri dari dua bagian, kemasan primer dan kemasan sekunder. Kemasan primer berupa wadah kaleng susu yang diproduksi oleh PT. Latinusa di Cilegon Jawa Barat, sedangkan kemasan sekunder terdiri dari peti kemas kardus beserta labelnya. Kaleng dibuat dari *body tin plate* untuk silindernya dan *tin coil* untuk tutup bawah dan tutup atas kaleng.

3. Proses Pengolahan Susu Kental Manis

Susu kental manis biasanya dibuat oleh negara-negara yang sudah mempunyai industri pemerahan susu sapi (*dairy industry*). Di negara-negara yang tidak mempunyai *dairy industry* atau kekurangan bahan baku susu, pembuatan susu kental manis dilakukan dengan cara *recombined process* yaitu penggabungan kembali bahan-bahan pembentuk susu kental manis dan dengan menambahkan beberapa bahan tambahan dengan komposisi tertentu.

Formula yang digunakan untuk pembuatan susu kental manis berbeda-beda menurut bahan baku yang digunakan. Ada yang menggunakan susu murni (*fresh milk*) dan ada yang tidak menggunakan *fresh milk* seluruhnya tetapi diganti dengan air, susu bubuk

dan lemak susu.

Untuk susu kental manis cap Enaak, formulanya sama tetapi *butter oil* (lemak susu) diganti dengan *palm oil* dengan perbandingan yang sama. Khusus untuk susu kental manis coklat dapat dibuat dengan salah satu formula di atas, ditambahkan coklat, *flavor* coklat dan zat warna.

Tahap pembuatan susu kental manis dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Penuangan gula, *skim milk powder* dan susu segar
 2. Pencampuran (*mixing*)
 3. Penyaringan (*filtering*)
 4. Homogenisasi
 5. Pasteurisasi
 6. Penguapan (*vacuum cooling*)
 7. Penampungan (penyimpanan sementara)
 8. Pengisian (*filling*)
 9. Pelabelan.
 10. Pengepakan
- a. Proses Penuangan

Proses pembuatan susu kental manis dimulai dari pemasukan bahan yang akan diolah yaitu susu murni, gula, dan *skim milk powder*. Disiapkan bahan untuk satu kali sirkulasi

bersifat patogen dapat diinaktifkan. Pada pengolahan susu tidak dilakukan sterilisasi karena suhu yang digunakan dapat mengakibatkan turunnya/hilangnya komposisi kimia susu dan membunuh bakteri yang membantu proses pencernaan.

Sistem pasteurisasi yang dilakukan di PT Indomilk adalah sistem *heat exchanger* yaitu proses pasteurisasi yang menggunakan panas dengan suhu 195° F selama 30 detik dan langsung didinginkan pada suhu 125° F selama 30 detik. Sistem ini dipilih karena hasilnya yang relatif lebih baik, waktu singkat dan dapat menginaktifkan mikroba dengan adanya proses pendinginan secara tiba-tiba.

f. Proses Penguapan

Susu yang telah dipasteurisasi dimasukkan ke dalam *ballance tank* II untuk diuapkan. Alat yang digunakan untuk penguapan ini disebut pendingin hampa.

Penguapan bertujuan untuk mendapatkan susu kental manis dengan kekentalan yang sesuai dengan standar perusahaan. Susu yang telah diuapkan ini sudah berbentuk susu kental manis. Waktu yang diperlukan mulai penuangan

sampai terbentuk susu ini sekitar 200 menit.

g. Penyimpanan

Jika produksi dihentikan untuk sementara susu disimpan dalam tangki penyimpanan (*storage fat tank*). Dalam tangki ini susu terus diaduk dengan pengaduk baling-baling agar tidak terjadi pengendapan. Sedangkan jika produksi berjalan terus susu terus terisi ke dalam kaleng.

h. Pengisian

Susu diisi ke dalam kaleng sebagai kemasan primernya. Kaleng ini telah mengalami berbagai tahap sterilisasi sehingga bebas dari kotoran, jamur dan bakteri-bakteri.

Pengisian dilakukan secara otomatis dengan menggunakan berbagai jenis penghantar. Pengisian berlangsung pada saat kaleng memasuki mesin pengisi yang bergerak berkeliling. Kaleng yang telah diisi kemudian ditutup dengan *coil* yang telah disterilkan.

Pada tutup atas kaleng juga langsung dicantumkan kode tanggal, bulan pembuatan dan nomor produksi agar memudahkan dalam proses pengawasan mutu produk.

i. Pemberian Label

Setelah susu kental manis dikemas dalam kaleng, dilakukan pemberian label secara otomatis di ruang pelabelan.

j. Pengepakan

Proses pengepakan dilakukan secara otomatis dengan *Automatic Packing Machine* (APM). Kaleng yang telah diberi label akan dialirkan ke ruang pengepakan. Kaleng masuk ke dalam mesin pengepakan sampai genap jumlahnya 48 buah. Setelah lengkap 48, mesin pengepak akan menutup kembali dengan sendirinya, kemudian dipasang karton pengemas, karton bagian bawah tertutup, susu masuk ke dalam karton dengan dorongan alat secara otomatis. Selanjutnya susu yang telah berada dalam karton diikat untuk digudangkan.

B. ALAT DAN MESIN PRODUKSI SUSU KENTAL MANIS

Setiap jenis susu kental manis yang diproduksi oleh PT Australia Indonesian Milk Industries yaitu susu kental manis Indomilk Plain, Indomilk Choco dan cap Enaak menggunakan lini produksi yang sama. Alat dan mesin produksi diatur sedemikian rupa menurut

fungsi dan hubungan saling ketergantungan antara alat/ mesin. Mesin-mesin dihubungkan secara otomatis oleh sabuk penghantar. Alat dan mesin ini telah menggunakan teknologi tinggi dan *stainless steel*.

Proses produksi berjalan terus-menerus secara otomatis. Bahan baku mengalir secara kontinyu tanpa berhenti sejak dilakukan penuangan sampai terbentuk susu kental manis sehingga tidak ada persediaan setengah jadi.

Setiap mesin mempunyai fungsi tertentu dalam proses pengolahan. Dalam satu *shift* kerja setiap mesin diawasi oleh dua orang pekerja.

Mesin mempunyai kapasitas masing-masing yang berbeda-beda. Produksi bersifat kontinyu maka kapasitas lini produksi ditentukan oleh kapasitas mesin yang terkecil dalam hal ini adalah *body maker* yaitu mesin pembuat *body* kaleng.

Ruangan untuk produksi susu kental manis dibagi menjadi tiga yaitu *process room*, *filling room* dan *can line department*. Sedangkan khusus *dumper* diletakkan di gudang. Di *process room* ditempatkan tangki berpe-ngaduk, penangas, *balance tank I*, penyaring I, *small balance tank*, *homogenizer I* dan II, *pasteurizer I*, pendingin, tangki penyimpanan lemak dan *lactose screen*.

Dalam *filling room* terdapat *pre filter*, *absolute filter*, penutup, pemberi label dan *microswitch*. Di



11. Holding Tube

Untuk mempertahankan suhu susu dari *pasteurizer*, susu dialirkan ke dalam *holding tube*. Alat ini berupa pipa *stainless steel* yang berkelok-kelok dan berdiameter 3 inchi. Jika susu belum matang maka akan dikembalikan ke *small ballance tank* untuk dipanaskan kembali.

12. Vacuum Cooler

Vacuum cooler adalah alat yang digunakan untuk mengentalkan susu kental manis dengan prinsip pemvakuman tangki tempat susu. Dengan pemvakuman maka kandungan air yang berlebihan yang terdapat dalam susu akan menguap.

13. Secondary Condensor

Fungsi alat ini sama dengan *main condensor*. Uap air yang belum sempat ditangkap *main condensor* akan ditangkap oleh *secondary condensor* yang juga mendapat air dari *cooling tower*. Condensor ini lebih kecil dari *main condensor*. Uap panas yang ditangkap akan dikeluarkan melalui cerobong yang terdapat pada condensor.

14. Tangki Penyimpan Lemak

Alat ini digunakan untuk menyimpan susu kental manis yang telah jadi sebelum susu dikemas. Tangki penyimpan lemak mempunyai kapasitas tiga batch serta dilengkapi dengan pengaduk dan pipa pengalir ke ruang *filling*.

Sebelum dialirkan ke ruang *filling* susu dialirkan dulu ke *lactose screen* yaitu alat untuk menyaring kristal-kristal laktosa yang masih ada pada susu.

15. *Filler* dan Mesin Pemberi Label

Filler merupakan ruang tempat pengisian susu kental manis ke dalam kaleng-kaleng. Ruang ini steril dan dikondisikan dengan *air handling unit* sehingga mempunyai kelembaban 45.5 persen temperatur, 232° C dan tekanan di atas 1 atm.

Filler mempunyai 18 buah piston. Satu piston digunakan untuk mengisi satu kaleng. Piston distel untuk mengisi setiap kaleng susu kental manis sebanyak 397 gram.

Setelah kaleng terisi susu dan sudah penuh, kaleng akan bergerak melalui tempat pensterilan dan langsung menuju mesin penutup.

Setelah keluar dari ruang *filling* kaleng susu mengalami penyortiran terlebih dahulu. Ruang

labelling berada di pinggir *can line department*.

Selanjutnya kaleng-kaleng ini akan bergerak ke tempat pengepakan yaitu tempat pengepakan susu kental manis dalam kemasan sekundernya.

16. Kocour Electronic Thickness Tester

Bahan pembuat kaleng yang digunakan ada dua yaitu *body tin plate* untuk tubuh kaleng dan *tin coil* untuk tutup kaleng. Sebelum bahan pembuat kaleng tersebut digunakan (masih dalam bentuk lembaran-lembaran) dilakukan terlebih dahulu pengujian dengan menggunakan *kocour electronic thickness tester*.

17. Mesin Press

Mesin ini digunakan dalam pembuatan tutup dan dasar kaleng. Mesin press bekerja untuk melengkungkan tutup kaleng sehingga didapat bentuk yang tepat.

18. Slitter

Slitter berfungsi untuk memotong *body plate* menjadi lembaran-lembaran kaleng dengan ukuran yang diinginkan yang disebut *body blank/ blank size*.

19. Body Maker

Mesin ini merupakan bagian yang terpenting dalam proses pembentukan kaleng susu. *Body maker* dapat membuat silinder kaleng dengan ukuran yang sama dan berkapasitas 350 buah kaleng dalam satu menit.

20. Flanger

Flanger berfungsi untuk membuat kuping kaleng berupa lekukan pada sisi silinder yang disebut *hook*.

21. Seamer

Seamer berfungsi untuk menyambung antara dasar kaleng dengan silindernya. Tutup kaleng pada mesin ini tidak akan masuk ke dalam silinder secara spontan jika tidak menyenggol mesin otomatis.

22. Sterilisator Kaleng

Sterilisasi bertujuan untuk membunuh mikroba yang mengkontaminasi. Sterilisasi dilakukan terhadap kaleng sebelum diisi susu kental manis dengan menggunakan uap basah, uap panas kering, sinar ultra violet dan api.

historis dan pengalaman. Metoda prakiraan permintaan yang digunakan di PT Australia Indonesian Milk Industries adalah metoda prakiraan kualitatif di mana prakiraan merupakan hasil perundingan antara bagian pemasaran, produksi, dan ekspor-impor.

Prakiraan yang akan digunakan sebagai dasar dalam perencanaan produksi di masa yang akan datang dimulai dengan kordinasi antara bagian pemasaran dengan distributor. Masing-masing distributor mempunyai kapasitas penjualan tertentu yang berbeda. Setiap bulan kekurangan dari kapasitas ini dipenuhi kembali, permintaan distributor (pasar) ini dijadikan masukan dalam mengestimasi target penjualan. Permintaan ditambah dengan promosi dan *event-event* khusus (sebesar sepuluh persen sampai dengan dua puluh persen) merupakan target penjualan di masa mendatang. Untuk mengantisipasi kebutuhan permintaan pasar yang mendadak dan kemacetan yang terjadi dalam produksi, perusahaan menambahkan produk penyangga sebesar sepuluh persen dari target penjualan. Prakiraan besar produksi juga dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas gudang.

Bagian pemasaran menjabarkan target penjualan tahunan dalam periode tiga bulanan. Periode tiga

bulan merupakan perencanaan jangka pendek. Pada target penjualan tersebut dicantumkan beberapa item seperti ramalan dalam tiga bulan, jenis dan jumlah produksi, anggaran, tujuan produksi (ekspor dan domestik) dan deviasi atas anggaran yang disediakan dalam unit produksi.

Perencanaan jangka pendek tiga bulan ini dihitung mulai tiga bulan yang akan datang dengan tingkat kebenaran/kepastian 75 persen, dua bulan yang akan datang dengan tingkat kebenaran/kepastian 85 persen, dan satu bulan yang akan datang dengan tingkat kebenaran/kepastian 100 persen, demikian perencanaan dilakukan pada bulan yang sedang berjalan. Untuk bulan berikutnya, perencanaan dilakukan kembali untuk tiga bulan di depan dan demikian seterusnya.

Perencanaan tiga bulan merupakan penjabaran dari rencana selama satu tahun yang merupakan perencanaan jangka panjang perusahaan.

PT Australia Indonesian Milk Industries mengalami permintaan yang semakin besar pada tahun tahun terakhir. Data historis permintaan susu kental manis Indomilk Plain, Indomilk Choco dan Cap Enaak dapat dilihat pada tabel 1. Permintaan naik secara perlahan. Pada umumnya perusahaan tidak mengalami penurunan permintaan yang tertentu

keterlambatan datangnya bahan baku atau kerusakan bahan baku yang diterima dapat ditekan sekecil mungkin.

Jika bahan baku kosong (*stock out*) maka perusahaan harus mendapatkan gantinya dengan cepat dengan membeli secara lokal. Bahan baku yang diperoleh lokal ini lebih mahal karena sebenarnya juga berasal dari impor. Sehingga dengan adanya persediaan perusahaan dapat menekan biaya. Dengan adanya persediaan dalam perusahaan yang berusaha menjamin kelangsungan proses produksi dan pemasaran maka perusahaan juga menghilangkan biaya yang timbul akibat terjadinya kekurangan persediaan. Keuntungan lain yang tidak dapat diukur dengan adanya persediaan ini adalah tidak kecewa-nya konsumen karena barang yang dibutuhkannya selalu tersedia. Apalagi susu sebagai barang yang dikonsumsi setiap hari mempunyai waktu perputaran persediaan (*inventory turn over*) yang tinggi maka pengendalian persediaan mempunyai peranan yang penting.

Indomilk memilih kebijaksanaan barang (*items wise*) dalam persediaannya. Perusahaan mementingkan terjaminnya persediaan agar kelangsungan produksi tetap terjaga. Karena keterbatasan gudang yang dimiliki maka bagian *inventory* melakukan

penerimaan secara bertahap, diatur sedemikian rupa agar tidak melebihi kapasitas gudang dan tetap menjaga agar proses produksi tidak terganggu.

Dalam mengantisipasi naiknya permintaan menjelang event-event tertentu seperti Lebaran, perusahaan melebihkan produksinya hingga 10 persen - 20 persen dari biasanya. Selain itu prakiraan besar persediaan yang harus disediakan juga ditetapkan dengan mempertimbangkan event yang sama pada tahun-tahun sebelumnya.

Persediaan yang diselenggarakan *inventory* terutama ditekankan pada persediaan yang diimpor dan sukar diperoleh secara lokal. Persediaan ini mempunyai waktu tenggang yang panjang yaitu sekitar satu sampai enam bulan. Dengan lamanya persediaan di dalam perjalanan maka kemungkinan terlambatnya diterima oleh Indomilk juga lebih besar padahal bahan baku utama yaitu *skim milk powder* masih diimpor.

Pemesanan bahan baku yang dilakukan bagian *inventory* dalam jumlah tidak tetap dan pada saat nilai fisik persediaan bahan baku setara dengan nilai fisik pemakaian rata-rata per waktu tunggu ditambah nilai fisik persediaan pengaman (*safety stock*)

jadi digunakan misalnya karena salah satu barang yang diperlukan untuk produksi tidak tersedia sehingga produksi tidak dapat dilakukan.

3. Kerusakan Mesin

Mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi sebagian besar telah berumur di atas 20 tahun. Pemeliharaan atas mesin-mesin ini merupakan tanggung jawab bagian *Engineering*. Khusus mesin-mesin pembuat kaleng menjadi tanggung jawab *can line department*.

Pemeliharaan mesin-mesin produksi berupa pemeliharaan rutin dan perbaikan jika terjadi kerusakan pada mesin. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap dimulainya shift kerja baru yaitu dengan cara melumasi mesin-mesin. Pelumasan ini memerlukan waktu tiga puluh menit. Pemeliharaan rutin juga dilakukan pada akhir minggu di mana seluruh mesin diperiksa satu persatu. Produksi berhenti pada akhir minggu selama satu hari.

Lama perbaikan mesin yang rusak bervariasi sesuai dengan jenis kerusakan yang dialami. Pada umumnya kerusakan dapat diperbaiki pada hari itu juga sehingga proses produksi dapat dilanjutkan.

Kegagalan mesin yang terjadi setiap hari dicatat oleh seorang *foreman* bagian produksi. Pencatatan dilakukan sebagai laporan tiap *shift* pada manajer/*shift manager* bagian produksi. Pencatatan kegagalan lini produksi dicatat sebagai kegagalan tiap mesin dalam satu *shift* dengan lama kegagalan merupakan kelipatan lima menit.

Menurut informasi dari bagian *Engineering* apabila tingkat efisiensi lini produksi mencapai 90 persen maka efisiensi masih tergolong tinggi. Efisiensi yang tinggi merupakan hasil pemeliharaan *preventif* yang baik. Penggantian mesin dirasakan belum perlu apabila biaya pemeliharaan masih lebih kecil dari investasi mesin-mesin baru.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan setiap hari terjadi kegagalan lini produksi. Kegagalan terjadi pada bagian pembuatan kaleng, pengisian dan pengemasan/pengepakan. Berdasarkan catatan yang ada kegagalan tidak terjadi pada mesin-mesin proses susu kental manis.

Frekuensi kegagalan lini produksi lebih dari satu kali dalam satu hari dengan lama kegagalan yang bervariasi. Lama kegagalan merupakan lama terjadinya kegagalan pada mesin ditambah lama perbaikan. Terjadinya kegagalan pada lini produksi



menyebabkan tingkat produksi aktual di bawah rencana/ target produksi.

Pencatatan kegagalan mesin dilakukan oleh seorang *foreman* bagian produksi berupa laporan harian yang kemudian dibuat menjadi laporan bulanan.

Seringnya terjadi kegagalan pada lini produksi menyebabkan pesanan dari bagian pemasaran tidak terpenuhi. Tidak tercapainya target produksi menyebabkan bagian pemasaran khususnya tidak dapat memenuhi pesanan dari distributor.



VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. ANALISA DATA

Distribusi peluang antara waktu pemesanan sampai penerimaan (waktu tenggang) adalah distribusi eksponensial. Untuk menguji kehomogenan distribusi data historis dengan distribusi teoritis dilakukan uji Kolmogorov-Smirnov. Dari pengujian didapatkan nilai D (*approximate significance level*) sebesar 0.0697019 (lebih besar dari 0.05) sehingga disimpulkan bahwa distribusi pengamatan tidak berbeda nyata dengan distribusi teoritis.

Lama waktu tenggang lebih besar dari 31 hari sehingga jika dilakukan pemesanan pesanan tidak akan datang pada bulan tersebut tetapi baru akan tiba satu sampai enam bulan berikutnya.

Validitas hasil simulasi dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Pengujian menunjukkan $D = 0.630143$, sehingga hasil simulasi tidak berbeda nyata dengan data aktual.

Plot data permintaan Indomilk Plain (IMP) menunjukkan pola horizontal. Sedangkan Indomilk Choco dan Cap Enaak menunjukkan pola kecenderungan.

Pengujian data permintaan Indomilk Plain dengan model Rata-Rata Bergerak Tunggal menghasilkan nilai MAPE yang terkecil yaitu 11.44311. Model Rata-Rata

Berdasarkan data-data yang ada pada tabel 3 terlihat lama waktu tenggang lebih besar dari 31 hari (satu bulan) sehingga jika dilakukan pemesanan pesanan tidak akan datang pada bulan tersebut tetapi baru akan tiba satu sampai enam bulan berikutnya.

Nilai rata-rata pengamatan adalah 111.6 dan standar deviasi adalah 50. Nilai waktu tenggang hasil simulasi adalah 137, 143 dan 86 hari. Validitas hasil simulasi dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Pengujian menunjukkan $D = 0.630143$ sehingga hasil simulasi tidak berbeda nyata dengan data aktual.

Tabel 5. Hasil simulasi waktu tenggang

No	Waktu tenggang (hari)
1	137
2	143
3	86

2. Estimasi Permintaan

Estimasi permintaan dilakukan berdasarkan data permintaan pada bulan Januari 1992 sampai

dengan bulan Mei 1993 (tabel 2).

Plot data permintaan Indomilk Plain menunjukkan pola horizontal. Sedangkan untuk Indomilk Choco dan Cap Enaak menunjukkan pola kecenderungan (trend).

Pengujian data permintaan Indomilk Plain dengan model Rata-Rata Bergerak Tunggal menghasilkan nilai MAPE yang terkecil yaitu 11.44311. Model Rata-Rata Bergerak Ganda terpilih untuk estimasi permintaan Indomilk Choco dan Cap Enaak karena mempunyai nilai MAPE terkecil. MAPE untuk estimasi permintaan Indomilk Choco adalah 15.35232 dan untuk cap Enaak 15.02077.

Estimasi menghasilkan nilai permintaan untuk enam periode ke depan. Permintaan untuk susu kental manis Indomilk merupakan jumlah permintaan untuk Indomilk Plain, Indomilk Choco dan cap Enaak.

Tabel 6. Hasil estimasi permintaan (karton)

Bulan	Indomilk Plain	Indomilk Choco	Cap Enaak	Total
1	79 671.50	33 067.13	167 472.70	280 211.33
2	81 243.50	34 506.37	169 759.00	285 508.87
3	84 110.00	35 945.61	176 045.30	296 100.91
4	85 757.00	37 384.85	182 331.50	305 473.35
5	86 404.00	38 824.10	188 617.80	313 845.90
6	88 042.25	40 263.34	194 904.00	323 209.59

Output dari sub model ini adalah permintaan pasar harian terhadap susu kental manis Indomilk yang merupakan jumlah dari permintaan terhadap Indomilk Plain, Indomilk Choco dan cap Enaak. Untuk akurasi yang lebih tepat sebaiknya digunakan data yang lebih banyak. Prakiraan permintaan untuk satu bulan merupakan acuan untuk menentukan rencana produksi satu bulan. Jumlah produk yang diproduksi disesuaikan dengan jumlah permintaan yang ada.

Prakiraan yang baik dapat mengoptimalkan kapasitas pabrik, mencegah terjadinya stok yang menumpuk karena tidak terjual, dan mencegah terjadinya kehilangan laba yang semestinya diperoleh.

Metoda yang digunakan untuk menduga permintaan pasar adalah metoda prakiraan pemulusan deret berkala (*time series*) yang telah dimodifikasi oleh Pantumsin-chai (1983). Modifikasi dilakukan kembali oleh Asep Kudri (1986) sehingga lebih sederhana. Paket program ini telah tersusun sehingga tidak dilakukan validasi dan pengguna tinggal menggunakan sesuai dengan instruksi-instruksi yang diberikan. Pada program ini perintah-perintah sudah didefinisikan dalam program komputer sehingga hasil perhitungan akan ditampilkan secara langsung dengan cara memasukkan data.

Dasar metoda pemulusan adalah pembobotan sederhana atau pemulusan observasi masa lalu dalam suatu

deret berkala untuk memperoleh ramalan masa mendatang. Dalam pemulusan nilai-nilai historis kesalahan random dirata-ratakan untuk menghasilkan ramalan halus yang tampaknya berfungsi dengan baik dalam keadaan tertentu.

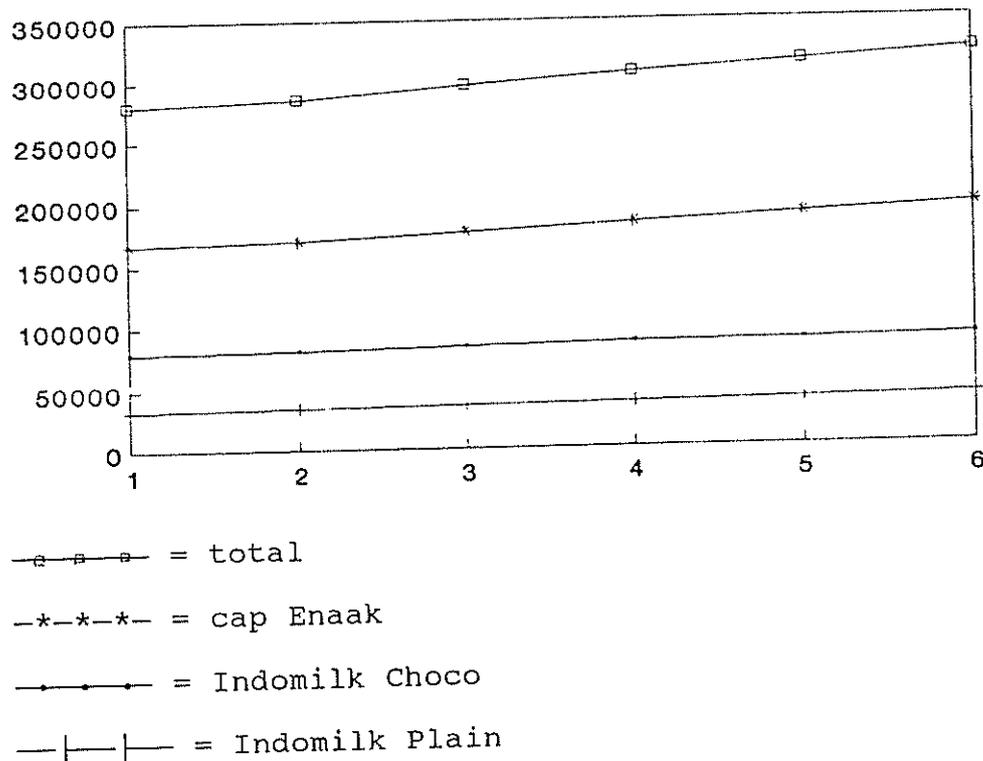
Untuk memilih model yang layak digunakan ukuran-ukuran ketepatan prakiraan. Pada model ini ukuran ketepatan yang dipilih adalah ukuran kesalahan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) di mana metode yang dipilih adalah metode yang memberikan nilai MAPE terkecil. Berdasarkan nilai sisa, kelayakan model diuji dengan Analisa Auto Korelasi dengan taraf kepercayaan sebesar 95 persen.

Data masa lalu permintaan Indomilk Plain mempunyai pola data horizontal. Sedangkan pola data Indomilk Choco dan Cap Enaak memperlihatkan adanya kecenderungan (trend). Dengan telah diidentifikasinya pola data maka pemilihan metode peramalan dapat dipermudah. Untuk pola data horizontal digunakan model rata-rata bergerak tunggal, model pemulusan eksponensial tunggal dan model pemulusan eksponensial yang diadaptasikan (ARRSES). Untuk pola data kecenderungan dipilih model rata-rata bergerak linier, model pemulusan eksponensial ganda satu parameter, model pemulusan eksponensial ganda dua parameter dan model pemulusan eksponensial tiga satu parameter.



adalah model rata-rata bergerak ganda.

produksi susu kental
manis (karton)



Gambar 11. Estimasi permintaan

Jumlah hasil estimasi permintaan Indomilk Plain, Indomilk Choco dan cap Enaak adalah prakiraan permintaan untuk susu kental manis Indomilk perbulan. Hasil prakiraan permintaan (DEMAND) merupakan permintaan untuk satu bulan sehingga untuk mengetahui permintaan harian dilakukan pembagian dengan jumlah hari kerja dalam satu bulan. Hasil prakiraan ini merupakan rencana produksi (PLAN) yang terpilih jika

lebih kecil dari kapasitas produksi, sebaliknya jika lebih besar dari kapasitas produksi maka rencana produksi adalah sebesar kapasitas produksi.

C. ESTIMASI KETERSEDIAAN BAHAN BAKU

Kemampuan produksi ditentukan antara lain oleh ketersediaan bahan baku. Stok bahan baku yang ada terdiri dari stok bahan baku periode lalu dan bahan baku yang datang berdasarkan pesanan.

Output sub model ini adalah jumlah stok bahan baku yang siap untuk diproduksi yang terdiri dari stok sisa periode lalu dan pesanan bahan baku yang diterima.

Untuk mengetahui kapan perusahaan akan menerima order bahan bakunya maka harus diketahui lama waktu tenggang pesanan. Berdasarkan data waktu tenggang yang ada ternyata waktu tenggang tidak tetap/konstan untuk setiap keputusan penambahan sehingga distribusi peluang waktu tenggang harus diperhitungkan. Pendugaan waktu tenggang penting mengingat sifatnya yang tidak tentu (probabilistik).

Karena sifat probabilistik waktu tenggang bahan baku yang sedang dipesan maka untuk mengestimasi waktu tenggang dilakukan teknik simulasi Monte Carlo. Berdasarkan simulasi yang dilakukan akan diketahui waktu tenggang bahan baku sehingga dapat diketahui jumlah

bahan baku yang dapat diproduksi.

Masukan untuk simulasi waktu tenggang adalah nilai rata-rata waktu tenggang *skim milk powder*. Pendugaan nilai waktu tenggang dengan teknik ini memberikan hasil yang cukup memuaskan. Dengan jumlah ulangan simulasi sebanyak 1000 kali maka dihasilkan keluaran model yaitu waktu tenggang untuk tiap pemesanan.

Jika nilai waktu tenggang bahan baku jatuh pada periode estimasi maka terjadi kedatangan bahan baku atau terjadi penambahan bahan baku pada stok yang ada. Jumlah bahan baku yang datang telah tertentu karena pemesanan dilakukan pada waktu yang telah lalu sesuai dengan kebijakan perusahaan. Sedangkan untuk pemesanan yang akan dilakukan, besarnya pesanan merupakan input yang diberikan pengguna sesuai dengan pertimbangan kebijakan perusahaan yaitu jumlah pesanan bahan baku untuk kebutuhan selama waktu tenggang ditambah persediaan pengaman. Menurut bagian *inventory* kebutuhan ini sebesar rata-rata kebutuhan selama tiga bulan ditambah enam hari.

Pada estimasi yang dilakukan yaitu selama periode enam bulan terjadi kedatangan bahan baku sebanyak tiga kali dengan jumlah pesanan yang berbeda-beda. Pada saat datangnya pesanan terakhir yaitu ketika diterimanya bahan baku (tanggal 5 bulan V) bahan baku yang tersisa akibat pemakaian adalah 505 962 dan yang

datang sebesar 1 001 857. Stok bahan baku sebanyak itu menyebabkan tidak terjadi kekurangan bahan baku. Untuk mencegah terjadinya penumpukan bahan baku dan meluapnya gudang maka penerimaan bahan baku dapat diatur agar bertahap.

D. ESTIMASI LAMA KEGAGALAN LINI PRODUKSI

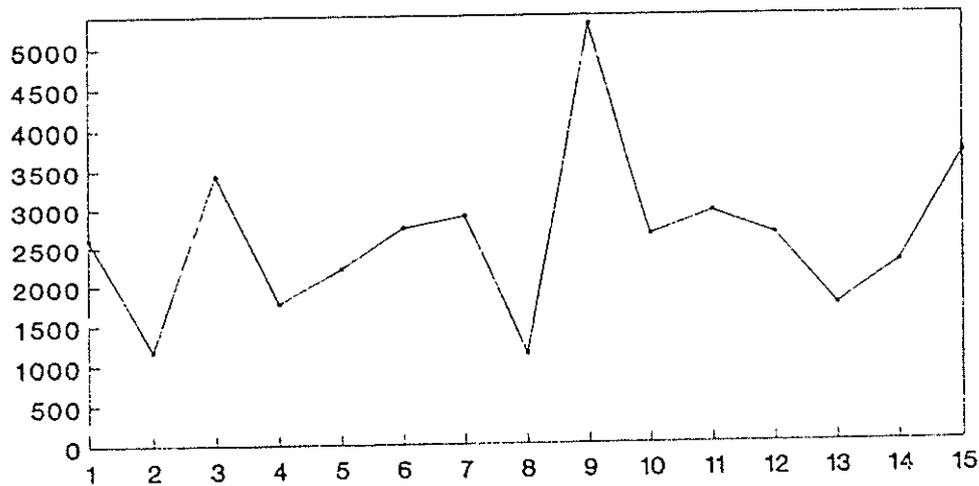
Model ini dimaksudkan untuk mengetahui lama terjadinya kegagalan pada lini produksi. Karena proses produksi bersifat kontinyu maka kegagalan pada salah satu mesin mengakibatkan lini produksi berhenti berproduksi dan tak ada keluaran pada tahap terakhir lini produksi. Lama kegagalan lini produksi dikonversi menjadi jumlah produk yang hilang akibat kegagalan lini produksi.

Hilangnya produk yang dapat dihasilkan (jumlah produk yang tidak terealisasi) yang berbanding lurus dengan lama kerusakan lini dihitung dengan cara mengalikan lama kegagalan lini dengan faktor konversi. Yang penting diperhatikan untuk mengetahui distribusi peluang kejadian adalah frekuensi dan lama terjadinya kerusakan pada lini produksi.

Tingkat produksi aktual pabrik tidak sama dengan rencana/kapasitas produksi karena setiap hari terjadi kegagalan (*break-down*) pada mesin-mesin produksi dalam waktu yang cukup lama.

Terjadinya kegagalan berikut setelah perbaikan tidak diketahui dengan pasti. Dari data-data lama dan frekuensi terjadinya kegagalan pada lini produksi dapat diduga terjadinya lama kegagalan yang akan datang. Teknik simulasi Monte Carlo merupakan pilihan untuk menduga terjadinya lama waktu kegagalan lini produksi.

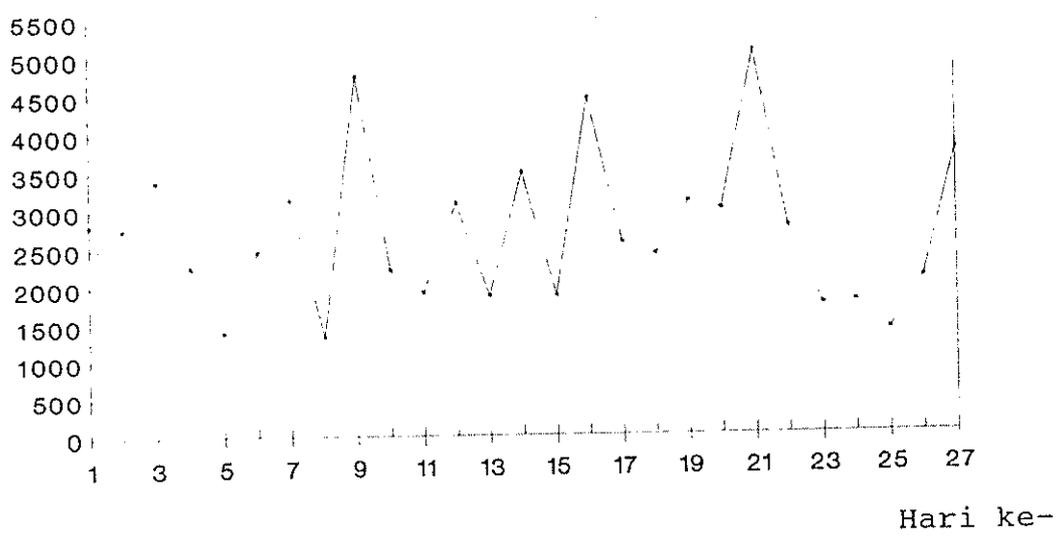
produksi susu kental
manis (karton)



Hari ke-

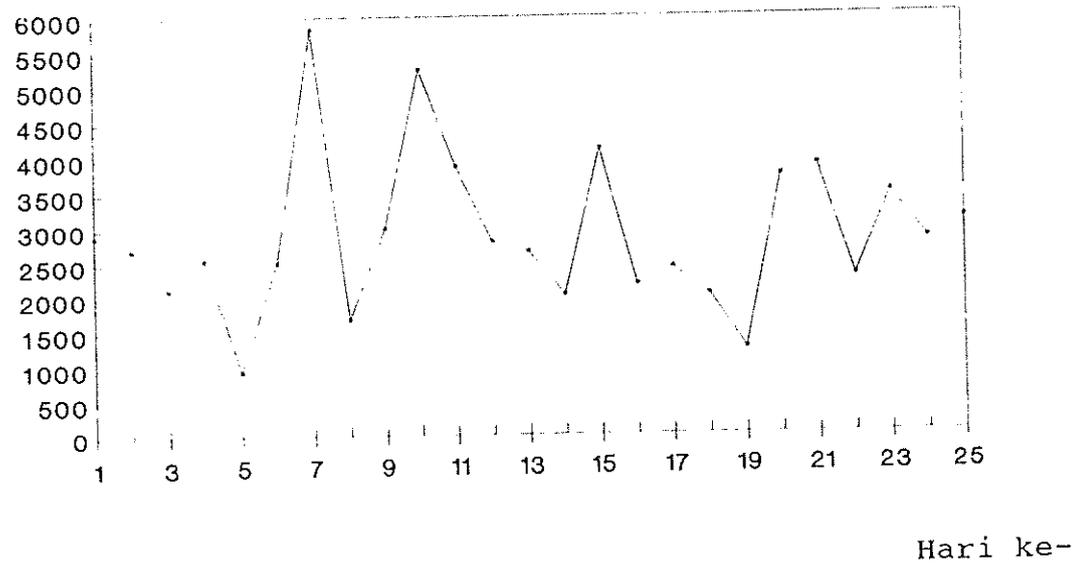
Gambar 12. Keadaan jumlah produk yang tidak terproduksi karena kegagalan lini produksi setiap hari pada bulan I

produksi susu kental
manis (karton)



Gambar 15. Keadaan jumlah produk yang tidak terproduksi karena kegagalan lini produksi setiap hari pada bulan IV

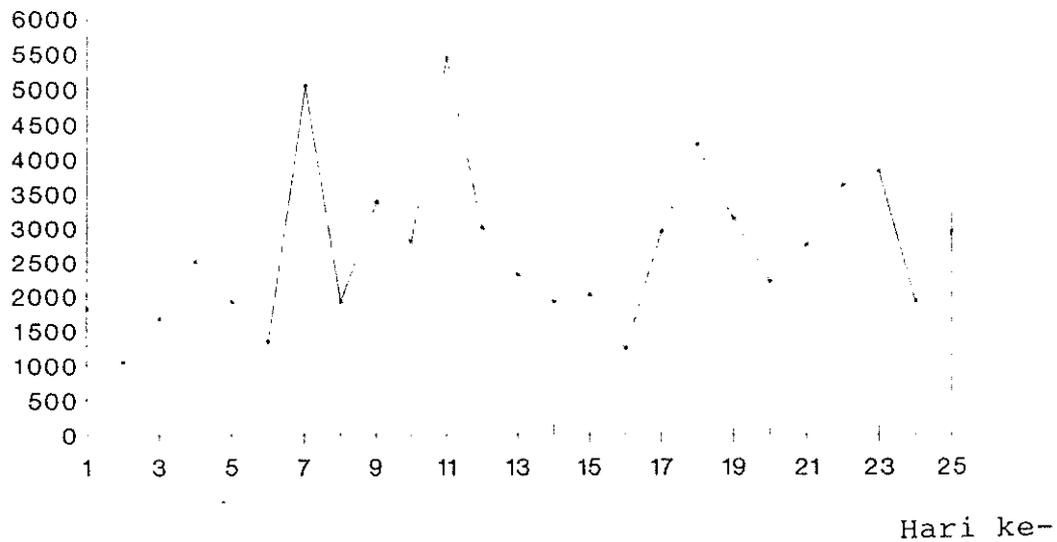
produksi susu kental
manis (kaleng)



Gambar 16. Keadaan jumlah produk yang tidak terproduksi karena kegagalan lini produksi setiap hari pada bulan V

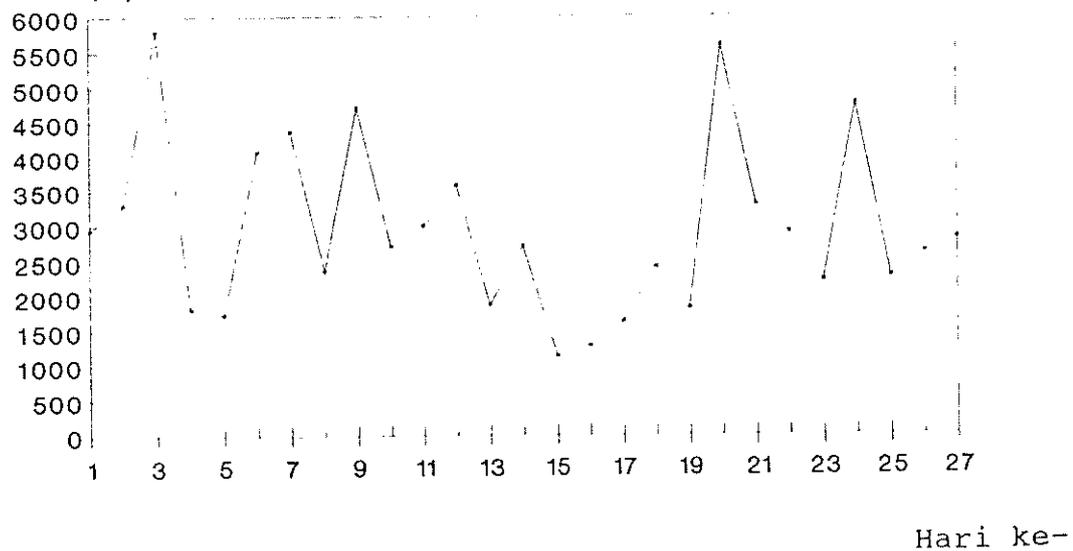
Hal Cita (Pusat) Universitas
1. Dilakukan sebagai bagian dari penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan dan menyediakan sumber
4. Penelitian ini merupakan penelitian terapan, penelitian, penelitian terapan, penelitian terapan, penelitian terapan
5. Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk meningkatkan dan menyediakan sumber
6. Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk meningkatkan dan menyediakan sumber

produksi susu kental
manis (karton)



Gambar 17. Keadaan jumlah produk yang tidak terproduksi karena kegagalan lini produksi setiap hari pada bulan VI

produksi susu kental
manis (kaleng)



Gambar 18. Keadaan jumlah produk yang tidak terproduksi karena kegagalan lini produksi setiap hari pada bulan VII

Pada model estimasi realisasi jumlah produksi, jumlah hari kerja ditentukan sebanyak enam hari dalam satu minggu sehingga rencana produksi ditetapkan sebagai hasil estimasi permintaan dibagi jumlah hari kerja dalam satu bulan (24, 25, 26, atau 27 hari).

Penetapan ini dilakukan mengingat kebijakan dasar dalam perusahaan yaitu bekerja selama enam hari dalam satu minggu dan di akhir minggu dilakukan pencucian mesin-mesin secara total (*clean out place*). Juga mengingat mesin tidak dapat dipaksakan bekerja maksimum selama satu bulan penuh dengan mengabaikan faktor perawatan (*maintenance*).

Masukan untuk simulasi ini adalah data lama dan frekuensi kegagalan lini produksi setiap hari selama tiga bulan.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan terhadap waktu tenggang pesanan bahan baku lalu, terjadi kedatangan/penerimaan (suplai) bahan baku pada hari ke-1 bulan I dan hari ke-5 bulan V. Dari jumlah suplai terlihat bahwa suplai III lebih besar dari suplai I, menurut bagian *Inventory* pesanan kedua suplai memang merupakan jumlah yang seharusnya dipesan untuk memenuhi kebutuhan selama waktu tenggang yaitu kebutuhan rata-rata selama tiga bulan ditambah persediaan pengaman selama enam hari. Penerimaan direncanakan dua kali karena keterbatasan gudang bahan



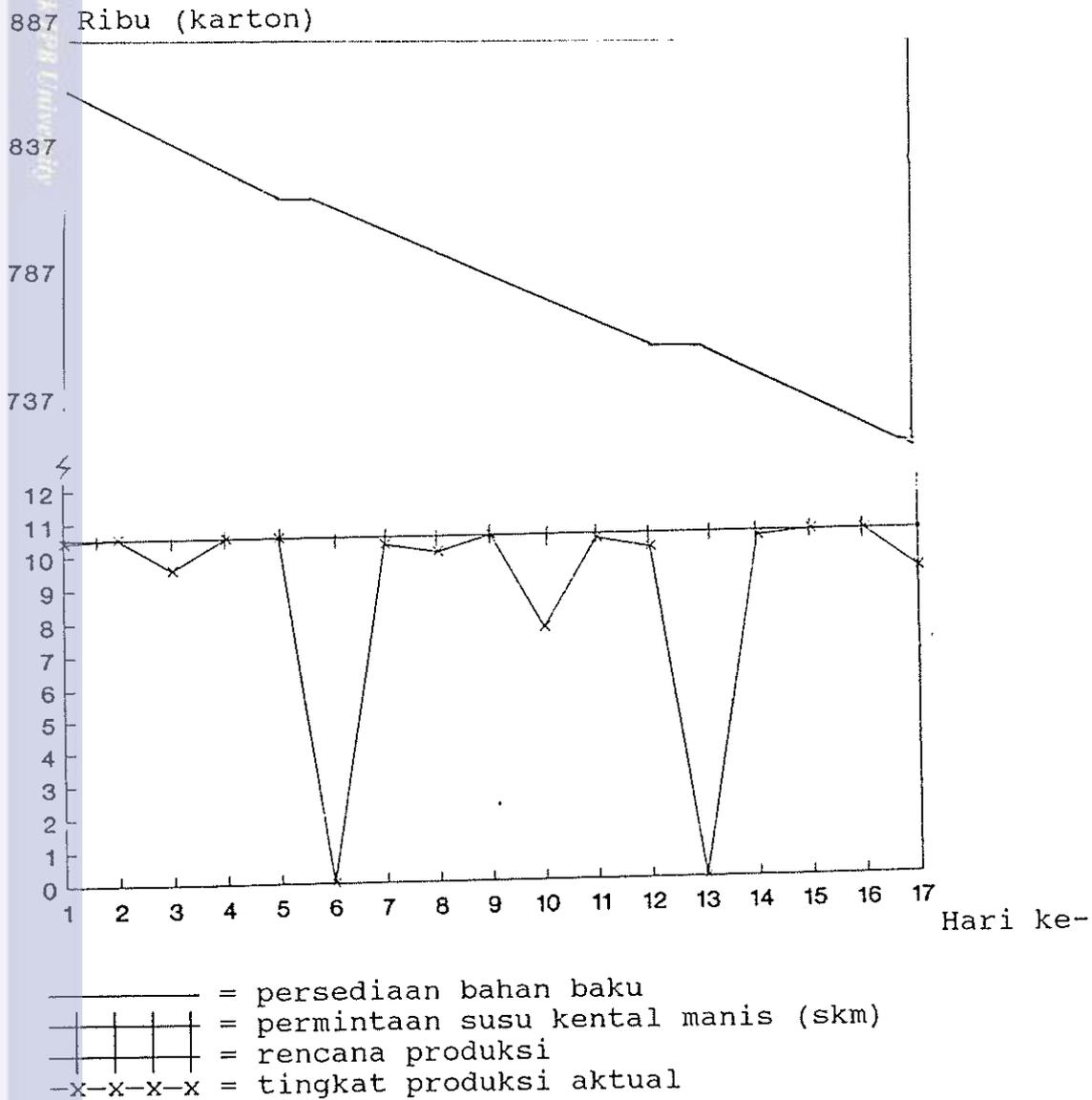
baku.

Pada validasi model dilakukan pemesanan pada $t=1$ mengingat besar waktu tenggang sehingga jika suplai bahan baku yang berasal dari pesanan lalu habis, perusahaan tidak mengalami kekurangan bahan baku (*stock out*) karena pesanan diperkirakan telah datang. Waktu tenggang bahan baku diperoleh sebesar 86 hari sehingga diduga pesanan akan datang pada tanggal 9 bulan IV.

Selang estimasi dibatasi sampai enam bulan ke depan dengan pertimbangan pesanan yang dilakukan sekarang telah datang. Semakin panjang selang/periode estimasi semakin sulit untuk dilakukan mengingat kemampuan komputer untuk mengolah data. Selain itu evaluasi dan penyesuaian tidak akurat lagi karena semakin menguatnya dugaan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi berubah.

Perusahaan tidak mengalami kekurangan bahan baku selama enam bulan mendatang (Oktober 1993 - Maret 1994). Hal ini terjadi karena pesanan datang tepat pada waktunya (sebelum stok habis). Pada tanggal 9 bulan IV yaitu saat pemesanan yang dilakukan pada $t=1$ datang stok masih cukup besar, hal ini disebabkan simulasi menghasilkan waktu tenggang yang tidak terlalu besar. Stok ini juga ditentukan oleh kondisi stok pada saat dilakukan pemesanan (tanggal 1 bulan I). Mengingat kesinambungan produksi harus terjaga

pesanan dapat dilakukan dalam jumlah yang lebih besar, lebih sering atau pada saat stok lebih besar untuk mengantisipasi waktu tenggang yang lebih besar dari dugaan dengan tanpa mengabaikan prinsip-prinsip pemesanan yang ekonomis.



Gambar 19. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan I.

datang. Teknik simulasi Monte Carlo merupakan pilihan untuk menduga terjadinya lama waktu kegagalan lini produksi.

Dari hasil simulasi yang dilakukan terlihat bahwa kegagalan lini produksi terjadi setiap hari. Terjadinya kegagalan ini menyebabkan kapasitas produksi menurun. Kegagalan yang terjadi rata-rata cukup besar. Pada bulan V dan VI rencana produksi telah melampaui kapasitas produksi sehingga kegagalan yang terjadi menyebabkan target produksi perbulan tidak tercapai.

Lama kerusakan lini produksi mempunyai variasi yang kecil yang menunjukkan bahwa distribusi peluang kejadian mengikuti sebaran eksponensial. Setiap hari pada periode estimasi terjadi kegagalan lini sehingga menyebabkan rencana produksi terganggu karena kegagalan lini menyebabkan kapasitas produksi lebih kecil dari rencana produksi.

E. ESTIMASI REALISASI JUMLAH PRODUKSI

Model ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam melakukan perencanaan dan pengawasan yang bersifat *preventif*. Adanya ragam dalam faktor produksi membuat pengawasan juga bersifat probabilistik/keungkinan.

Ukuran mutu yang khas dari output sistem produktif/ manufaktur/ pabrikan adalah ukuran output,

komposisi kimia, dimensi-dimensi, dan lain-lain (Buffa, 1980).

Model estimasi realisasi jumlah produksi akan memperlihatkan realisasi rencana/jadual produksi di masa yang akan datang di mana realisasi ini dipengaruhi oleh sifat-sifat yang tidak pasti dari faktor-faktor produksi bahan baku dan kapasitas lini produksi. Dari model ini dapat diduga realisasi output produksi (tingkat produksi aktual) pada waktu tertentu dan jumlah produksi pada periode tertentu, juga dapat diketahui kondisi persediaan bahan baku pada waktu tertentu. Informasi mengenai output juga dapat digunakan untuk membuat program-program pemeliharaan pencegahan yang direncanakan untuk mengantisipasi terjadinya kerusakan.

Dalam model ini dilakukan perbandingan-perbandingan input-input yang dihasilkan dari sub model-sub model estimasi ketersediaan bahan baku, estimasi lama kegagalan lini produksi dan rencana produksi. Rencana produksi harus memperhatikan jumlah stok bahan baku yang ada, kapasitas produksi dan permintaan pasar. Kapasitas merupakan hasil koreksi dari lama kegagalan lini produksi.

Rencana produksi tidak dapat melebihi stok bahan baku yang ada dan rencana produksi maksimal sama dengan kapasitas produksi.

Pada model estimasi realisasi jumlah produksi, jumlah hari kerja ditentukan sebanyak enam hari dalam satu minggu sehingga rencana produksi ditetapkan sebagai hasil estimasi permintaan dibagi jumlah hari kerja dalam satu bulan (24, 25, 26, atau 27 hari).

Penetapan ini dilakukan mengingat kebijakan dasar dalam perusahaan yaitu bekerja selama enam hari dalam satu minggu dan di akhir minggu dilakukan pencucian mesin-mesin secara total (*clean out place*). Juga mengingat mesin tidak dapat dipaksakan bekerja maksimum selama satu bulan penuh dengan mengabaikan faktor perawatan (*maintenance*).

Masukan untuk simulasi ini adalah data lama dan frekuensi kegagalan lini produksi setiap hari selama tiga bulan.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan terhadap waktu tenggang pesanan bahan baku lalu, terjadi kedatangan/penerimaan (suplai) bahan baku pada hari ke-1 bulan I dan hari ke-5 bulan V. Dari jumlah suplai terlihat bahwa suplai III lebih besar dari suplai I, menurut bagian *Inventory* pesanan kedua suplai memang merupakan jumlah yang seharusnya dipesan untuk memenuhi kebutuhan selama waktu tenggang yaitu kebutuhan rata-rata selama tiga bulan ditambah persediaan pengaman selama enam hari. Penerimaan direncanakan dua kali karena keterbatasan gudang bahan

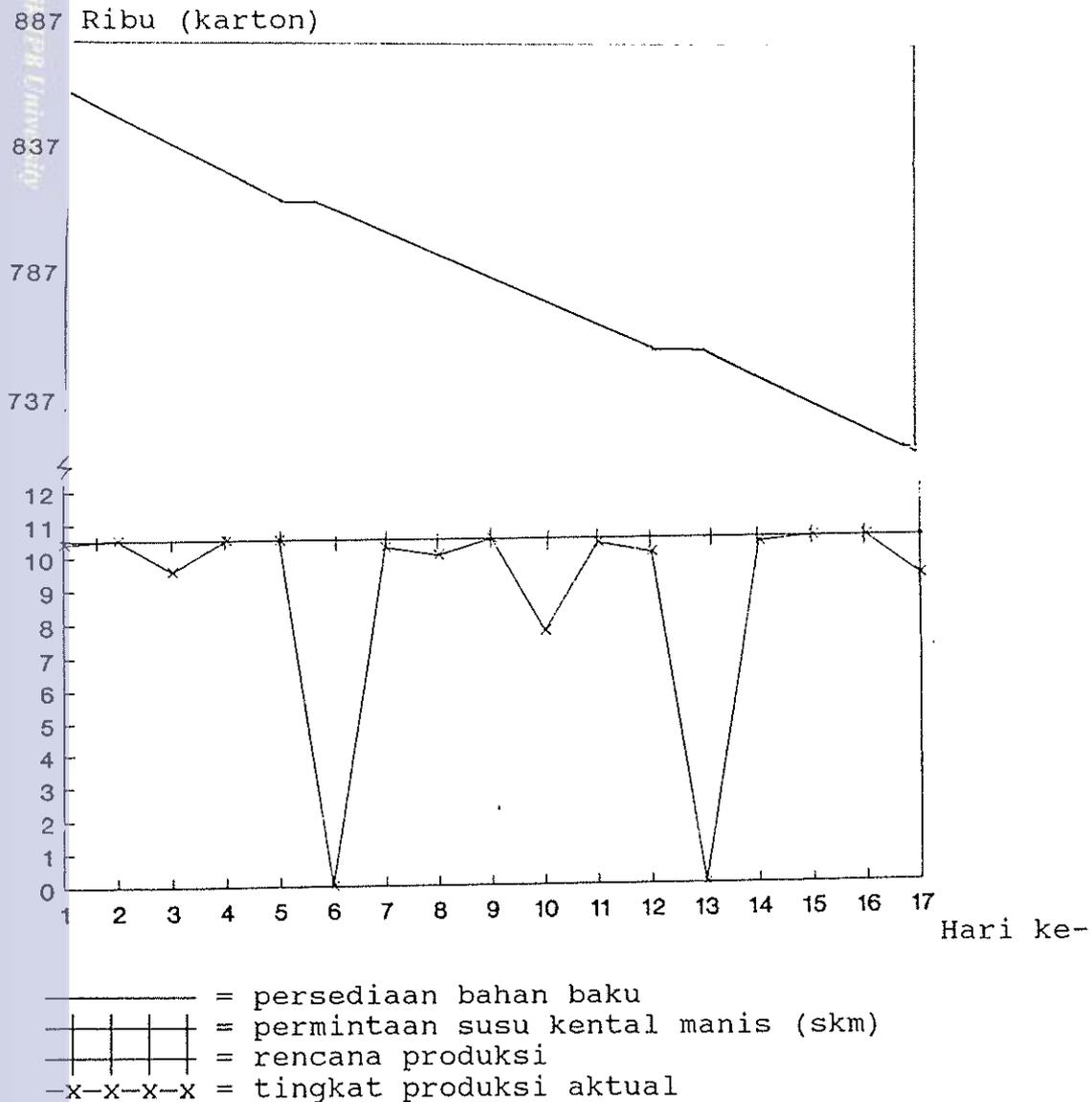
baku.

Pada validasi model dilakukan pemesanan pada $t=1$ mengingat besar waktu tenggang sehingga jika suplai bahan baku yang berasal dari pesanan lalu habis, perusahaan tidak mengalami kekurangan bahan baku (*stock out*) karena pesanan diperkirakan telah datang. Waktu tenggang bahan baku diperoleh sebesar 86 hari sehingga diduga pesanan akan datang pada tanggal 9 bulan IV.

Selang estimasi dibatasi sampai enam bulan ke depan dengan pertimbangan pesanan yang dilakukan sekarang telah datang. Semakin panjang selang/periode estimasi semakin sulit untuk dilakukan mengingat kemampuan komputer untuk mengolah data. Selain itu evaluasi dan penyesuaian tidak akurat lagi karena semakin menguatnya dugaan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi proses produksi berubah.

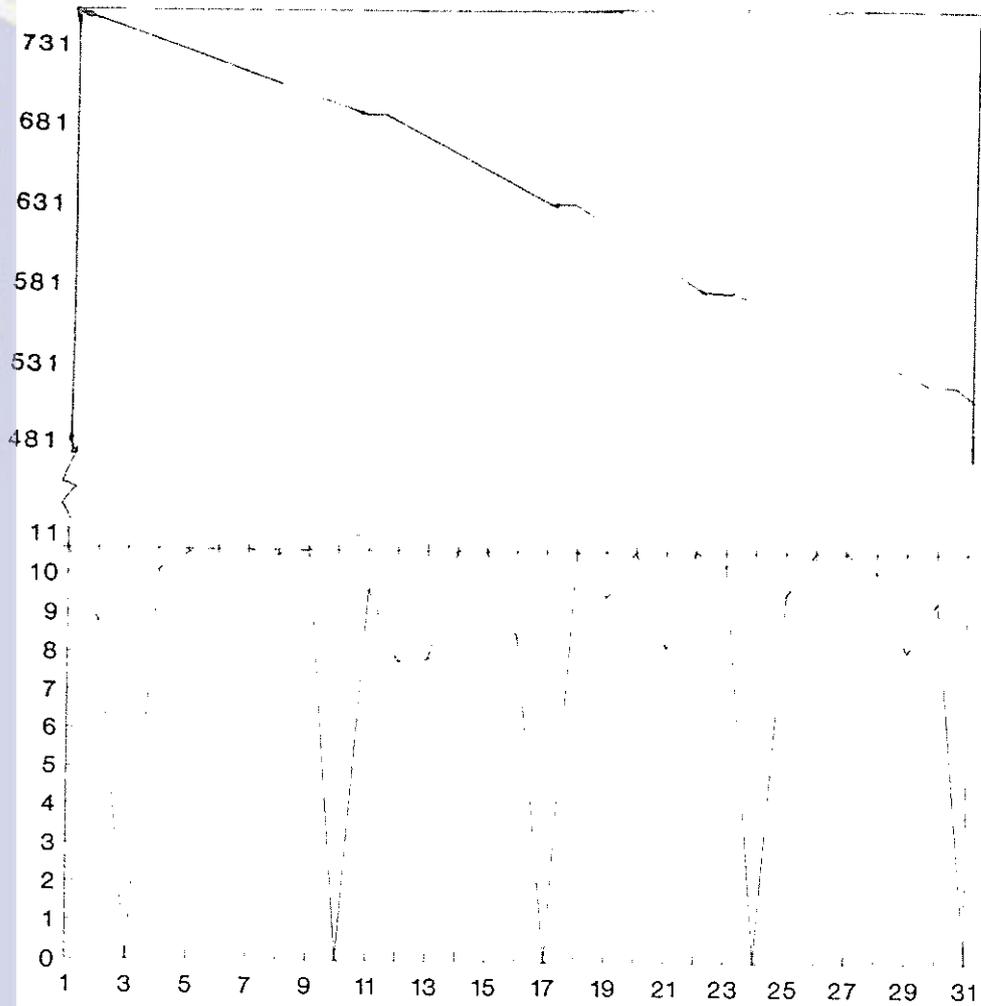
Perusahaan tidak mengalami kekurangan bahan baku selama enam bulan mendatang (Oktober 1993 - Maret 1994). Hal ini terjadi karena pesanan datang tepat pada waktunya (sebelum stok habis). Pada tanggal 9 bulan IV yaitu saat pemesanan yang dilakukan pada $t=1$ datang stok masih cukup besar, hal ini disebabkan simulasi menghasilkan waktu tenggang yang tidak terlalu besar. Stok ini juga ditentukan oleh kondisi stok pada saat dilakukan pemesanan (tanggal 1 bulan I). Mengingat kesinambungan produksi harus terjaga

pesanan dapat dilakukan dalam jumlah yang lebih besar, lebih sering atau pada saat stok lebih besar untuk mengantisipasi waktu tenggang yang lebih besar dari dugaan dengan tanpa mengabaikan prinsip-prinsip pemesanan yang ekonomis.



Gambar 19. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan I.

Ribu (karton)

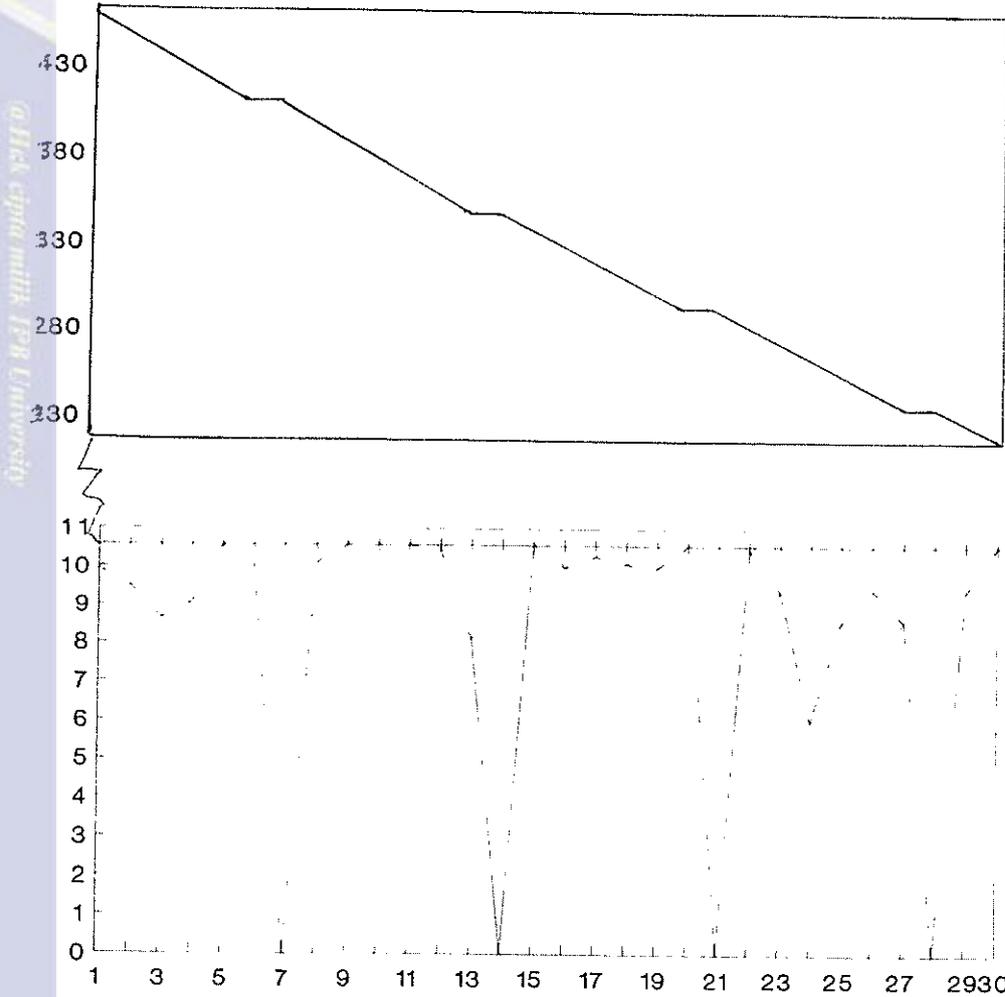


Hari ke-

- = persediaan bahan baku
- + + + - = permintaan susu kental manis (skm)
- + + + - = rencana produksi
- x-x-x-x = tingkat produksi aktual

Gambar 20. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan II

Ribu (karton)



Hari ke-

- = persediaan bahan baku
- | | | - = permintaan susu kental manis (skm)
- | | | - = rencana produksi
- x-x-x-x = tingkat produksi aktual

Gambar 21. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan III

Halaman 118 dari 120 halaman

1. Diambil sebagai bagian dari penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

2. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

3. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

4. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

5. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

6. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

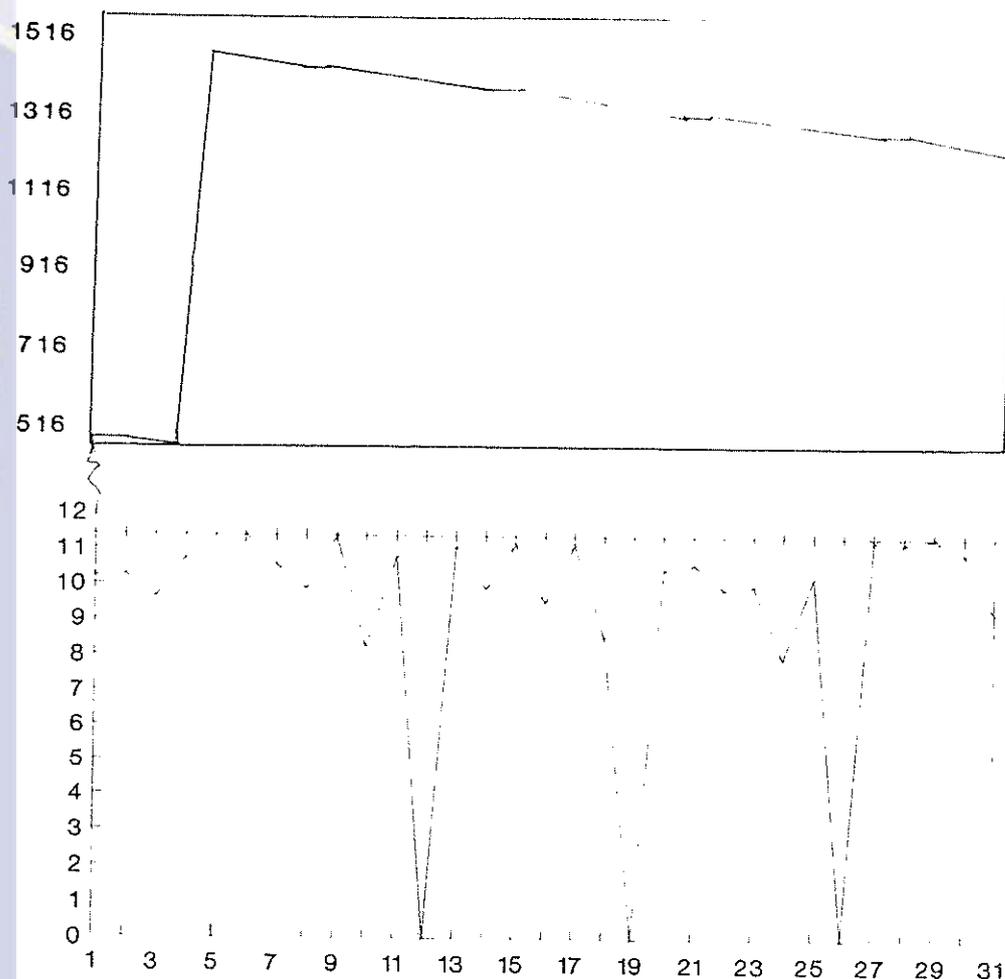
7. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

8. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

9. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

10. Penelitian ini merupakan salah satu dari sekian banyak penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen di lingkungan IPB.

Ribu (karton)

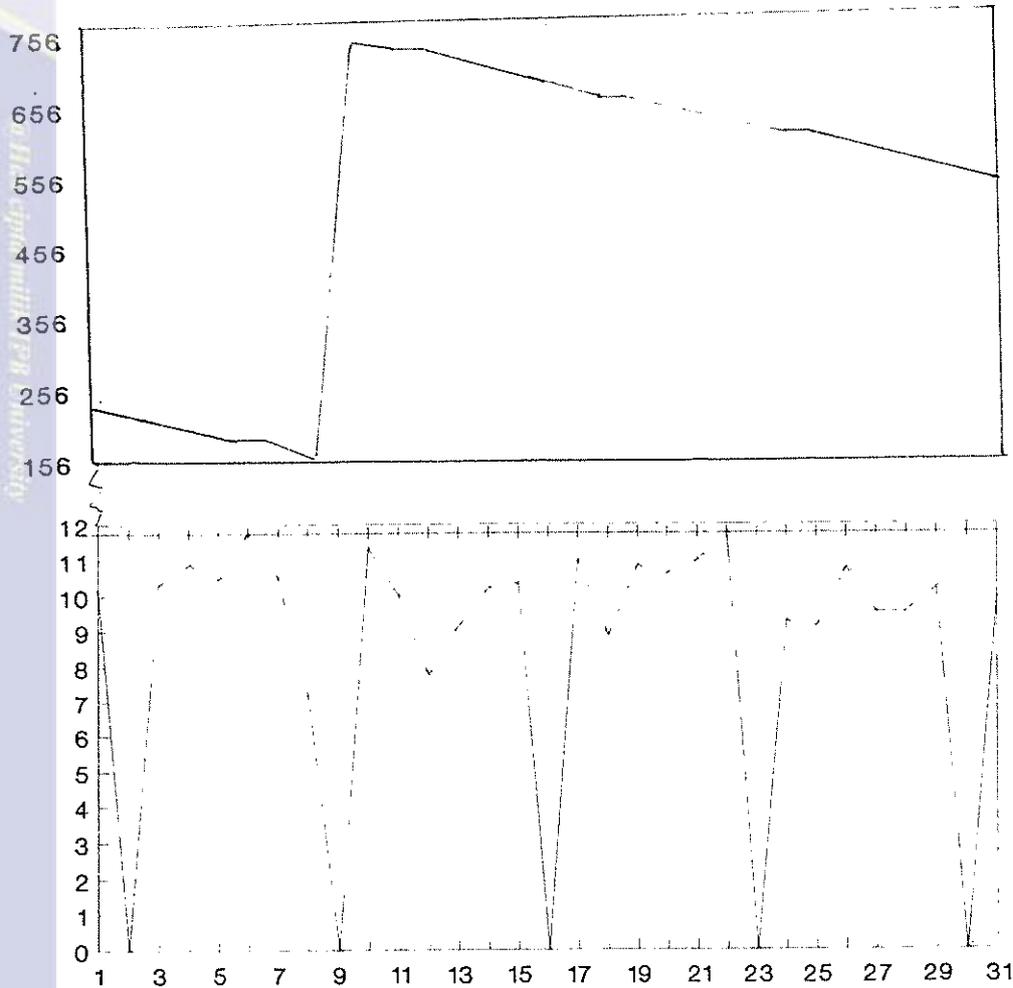


Hari ke-

- = persediaan bahan baku
- + + + + = permintaan susu kental manis (skm)
- + + + + = rencana produksi
- x-x-x-x- = tingkat produksi aktual

Gambar 22. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan IV

Ribu (karton)



Hari ke-

- = persediaan bahan baku
- +|+|+|+| = permintaan susu kental manis (skm)
- +|+|+|+| = rencana produksi
- x-x-x-x- = tingkat produksi aktual

Gambar 23. Keadaan jumlah persediaan bahan baku, permintaan skm, rencana produksi, dan tingkat produksi aktual harian pada bulan V

tidak tercapai karena (KAPROD - BREAK) lebih kecil dari PLAN. Tingkat produksi aktual adalah kapasitas produksi yang telah dikoreksi kegagalan lini produksi dan stok akhir adalah STOK dikurangi tingkat produksi aktual.

Tabel 7. Perbandingan tingkat produksi aktual dengan permintaan

Bulan	Tingkat produksi aktual (KAPAK)	Permintaan (DEMAND)	$\frac{\text{KAPAK}}{\text{DEMAND}}$ (persen)
1	151 041	195 000	77.4569
2	255 710	276 213	92.5771
3	252 229	285 510	88.3433
4	277 714	296 102	93.7899
5	262 341	305 474	85.8799
6	258 213	313 847	82.2735
7	271 571	351 000	77.3707

Tingkat produksi aktual tidak dapat memenuhi target/rencana produksi karena terjadinya kegagalan pada lini produksi. Tingkat produksi aktual setiap hari beragam karena adanya ragam dari lama kegagalan lini produksi. Kekurangan produksi dapat diperkecil dengan cara lembur yaitu hari pencucian dalam satu bulan dikurangi dan pabrik tetap berproduksi sehingga hari

kerja dalam satu bulan bertambah atau dengan cara membuat persediaan kaleng pada hari libur.

Tabel 8. Perbandingan permintaan dengan kapasitas produksi

Bulan	Permintaan (DEMAND)	Kapasitas produksi (KAPROD)	$\frac{\text{DEMAND}}{\text{KAPROD}}$ (persen)
1	195 000	195 000	100.0000
2	276 213	338 000	81.7198
3	285 510	338 000	84.4704
4	296 102	351 000	84.3595
5	305 474	338 000	90.3769
6	313 847	325 000	96.5683
7	323 211	351 000	92.0829

Kemampuan tingkat produksi aktual memenuhi permintaan semakin menurun karena tingkat permintaan yang semakin besar. Kapasitas produksi tidak dapat dipasang maksimum di pihak lain permintaan semakin meningkat. Jika ini terus berlanjut maka kiranya perlu dilakukan penambahan kapasitas. Tidak tercapainya target produksi menyebabkan perusahaan kehilangan kesempatan memperoleh laba dan akan memberikan kesempatan kepada perusahaan pesaing untuk memasuki daerah penjualan. Terjadi kegagalan pada lini produksi cukup besar. Tingkat produksi aktual berbanding kapasitas

tidak tercapai karena (KAPROD - BREAK) lebih kecil dari PLAN. Tingkat produksi aktual adalah kapasitas produksi yang telah dikoreksi kegagalan lini produksi dan stok akhir adalah STOK dikurangi tingkat produksi aktual.

Tabel 7. Perbandingan tingkat produksi aktual dengan permintaan

Bulan	Tingkat produksi aktual (KAPAK)	Permintaan (DEMAND)	$\frac{\text{KAPAK}}{\text{DEMAND}}$ (persen)
1	151 041	195 000	77.4569
2	255 710	276 213	92.5771
3	252 229	285 510	88.3433
4	277 714	296 102	93.7899
5	262 341	305 474	85.8799
6	258 213	313 847	82.2735
7	271 571	351 000	77.3707

Tingkat produksi aktual tidak dapat memenuhi target/rencana produksi karena terjadinya kegagalan pada lini produksi. Tingkat produksi aktual setiap hari beragam karena adanya ragam dari lama kegagalan lini produksi. Kekurangan produksi dapat diperkecil dengan cara lembur yaitu hari pencucian dalam satu bulan dikurangi dan pabrik tetap berproduksi sehingga hari

kerja dalam satu bulan bertambah atau dengan cara membuat persediaan kaleng pada hari libur.

Tabel 8. Perbandingan permintaan dengan kapasitas produksi

Bulan	Permintaan (DEMAND)	Kapasitas produksi (KAPROD)	$\frac{\text{DEMAND}}{\text{KAPROD}}$ (persen)
1	195 000	195 000	100.0000
2	276 213	338 000	81.7198
3	285 510	338 000	84.4704
4	296 102	351 000	84.3595
5	305 474	338 000	90.3769
6	313 847	325 000	96.5683
7	323 211	351 000	92.0829

Kemampuan tingkat produksi aktual memenuhi permintaan semakin menurun karena tingkat permintaan yang semakin besar. Kapasitas produksi tidak dapat dipasang maksimum di pihak lain permintaan semakin meningkat. Jika ini terus berlanjut maka kiranya perlu dilakukan penambahan kapasitas. Tidak tercapainya target produksi menyebabkan perusahaan kehilangan kesempatan memperoleh laba dan akan memberikan kesempatan kepada perusahaan pesaing untuk memasuki daerah penjualan. Terjadi kegagalan pada lini produksi cukup besar. Tingkat produksi aktual berbanding kapasitas

produksi sudah di bawah 80 persen (sekitar 74-79 persen). Hal ini harus segera diatasi karena dengan bertambahnya umur mesin kemungkinan kerusakan bertambah besar, walaupun telah dilakukan pemeliharaan *preventif*. Pemeliharaan *preventif* masih bisa dipertahankan sepanjang biaya pemeliharaan lebih kecil dari biaya kerusakan dan variasi lama kegagalan lini produksi kecil.

Tabel 9. Perbandingan tingkat produksi aktual dengan kapasitas produksi

Bulan	Tingkat produksi aktual (KAPAK)	Kapasitas produksi (KAPROD)	$\frac{\text{KAPAK}}{\text{KAPROD}}$ (persen)
1	151 041	195 000	77.4569
2	255 710	338 000	75.6538
3	252 229	338 000	74.6239
4	277 714	351 000	79.1208
5	262 341	338 000	77.6157
6	258 213	325 000	79.4502
7	271 571	351 000	77.3707

Pengembangan kapasitas pabrik memerlukan investasi yang tidak sedikit. Keberhasilan pengembangan kapasitas pabrik tergantung pada kemampuan modal

perusahaan. Model ini dapat dijadikan acuan bagi pengkajian yang lebih mendalam dalam mencari penyelesaian permasalahan pada tingkat produksi aktual pabrik yang bertujuan untuk memenuhi target rencana produksi walaupun masih memiliki kelemahan-kelemahan. Diharapkan model dapat digunakan sebagai informasi penunjang dalam menentukan kebijakan.

Oleh karena model ini menghitung tingkat produksi aktual dan stok bahan baku setiap hari selama enam bulan maka penggunaan komputer sangat membantu. Untuk jumlah data yang besar dibutuhkan komputer yang mempunyai memory yang lebih besar pula.

Keterbatasan model ini adalah belum diperhitungkannya kebijakan lembur, tingkat produksi aktual jika terjadi listrik padam, bahan baku yang spesifik untuk setiap jenis susu kental manis dan waktu serta jumlah pemesanan bahan baku yang optimal.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Paket program ESPRO'93 terdiri dari sub model-sub model rencana produksi, estimasi ketersediaan bahan baku, dan estimasi lama kegagalan lini produksi. Sub model rencana produksi akan mengestimasi rencana produksi perhari. Sub model estimasi ketersediaan bahan baku mensimulasi ketersediaan stok bahan baku perhari. Sub model estimasi lama kegagalan lini produksi mensimulasi jumlah produk yang tidak terrealisir akibat terjadinya kegagalan dalam satu hari.

Paket ESPRO'93 ini memberikan informasi kepada pengguna mengenai estimasi realisasi jumlah produksi yang terjadi sesuai dengan input yang diberikan dan hasil simulasi serta prakiraan yang dilakukan.

Model yang dikembangkan telah dapat mendeskripsikan dinamika ketersediaan kuantitas stok bahan baku dan tingkat produksi aktual perhari yang dihasilkan.

Hasil analisa terhadap data permintaan, distribusi frekuensi lama kegagalan lini produksi, waktu tenggang *skim milk powder*, sebagai input dari model ini menunjukkan bahwa permintaan mengalami kecenderungan yang meningkat, lama kegagalan lini produksi perhari cukup besar dan bersifat probabilistik dan waktu tenggang bersifat tidak pasti.



VII. DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. 1980. Manajemen Produksi. UI Press, Jakarta
- Bedworth, D. D. dan J. E. Bailey. 1987. Integrated Production Control Systems. John Willey and Sons Inc., New York
- Buffa, E. S. 1984. Manajemen Produksi/Operasi. Erlangga, Jakarta
- Dajan, A. 1986. Pengantar Metoda Statistik jilid II. LP₃ES, Jakarta
- Gottfried, B.S. 1984. Elements of Stochastic Process Simulation. Prentice Hall Inc., New Jersey
- Handoko, T. H. 1992. Dasar-Dasar Manajemen Produksi Dan Operasi. BPFE, Jogjakarta
- Hillier, F. S. dan G. J. Lieberman. 1974. Introduction to Operation Research. Holden-Day Inc., San Francisco
- Hudri, A. 1986. Komputerisasi Model Peramalan Deterministik Dengan Teknik Pemulusan Untuk Perencanaan Industri Pertanian. Skripsi : Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor
- Jardine, A. K. S. 1973. Maintenance, Replacement And Reliability. Pitman Publishing, USA
- Law, C. dan J. Kelton. 1982. Simulation Modelling. Academic Press, USA
- Love, S. F. 1979. Inventory control. McGraw-Hill, Tokyo
- Makridakis C., S. C. Whellwright, dan Mc.Gee. 1988. Forecasting Methods And Applications. John Willey and Sons, New York
- Media Indonesia. 8 Juli 1992. Jakarta
- Phillips, D. T., A. Ravindran dan J. Solberg. 1976. Operations Research : Principles and Practice. John Willey and Sons Inc, New York
- Siagian, P. 1985. Penelitian Operasional Teori Dan Praktek. UI Press, Jakarta

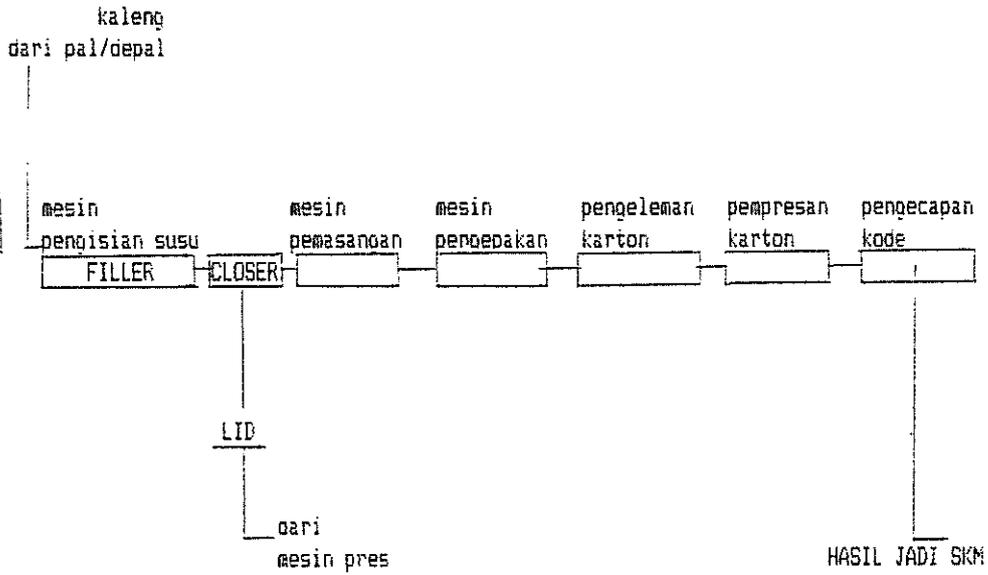


Hik Cipta (Hindering) Undang-undang

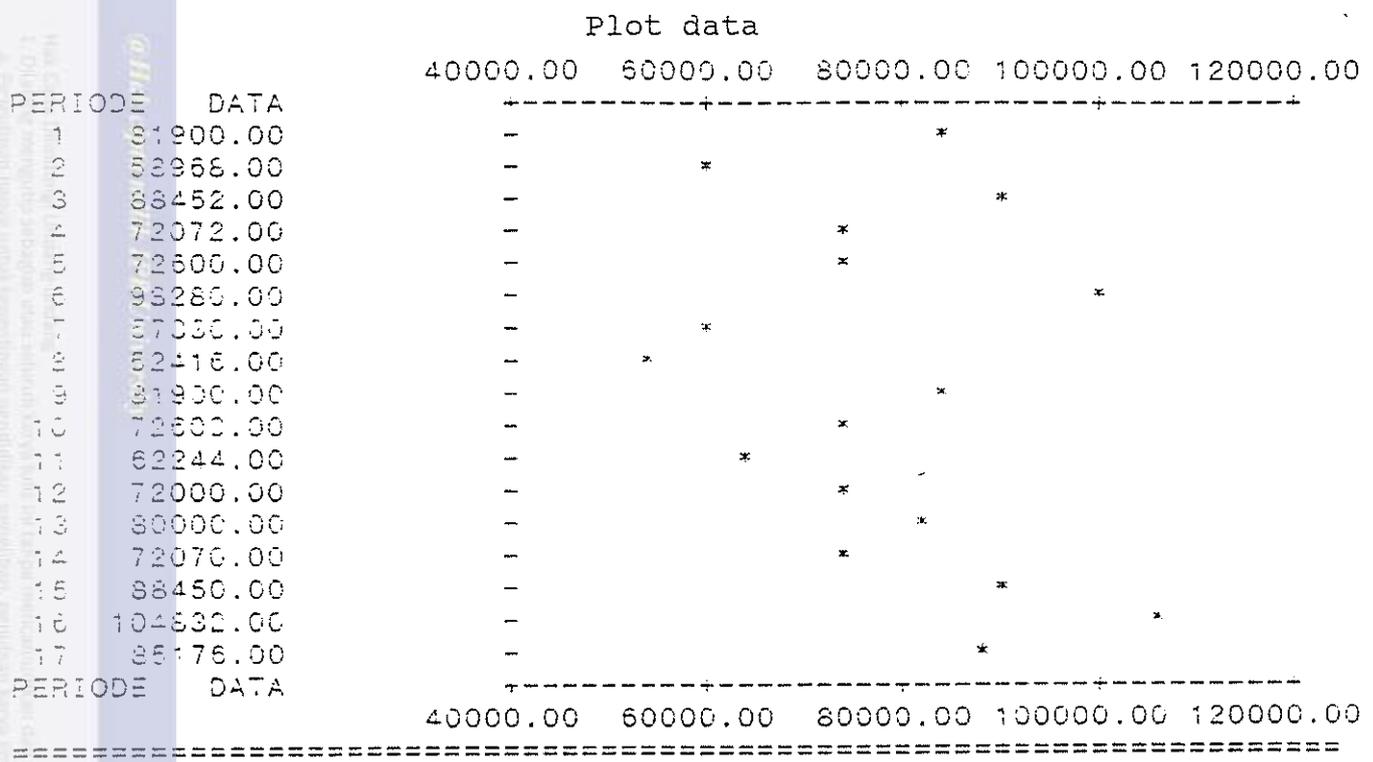
1. Dilakukan sebagai salah satu bentuk karya seni yang mempromosikan dan memperkaya sumber :
- a. Peningkatan budaya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan karya ilmiah, pengembangan laporan, penelitian kritis atau tulisan untuk masalah
- b. Peningkatan daya kreatifitas kepedidikan yang wajar IPB University
2. Dilakukan menggunakan dan memperhatikan selangun atau sesuai karya tulis itu dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

LAMPIRAN

Lampiran 2. Bagan pengepakan susu kental manis



Lampiran 5. Plot data dan analisa nilai auto korelasi nilai sisa permintaan Susu Indomilk Plain



ANALISA NILAI AUTOKORELASI NILAI SISA
=====

PERIODE	AUTOKOR.
1	-0.2019
2	-0.2056
3	0.2577
4	-0.3272
5	0.0690
6	0.0714
7	-0.1001

IPB University
 Institut Pertanian Bogor
 Jl. Raya Pajadjaran No. 101, Bogor, Jawa Barat 16159
 Telp. (0251) 8622111
 www.ipb.ac.id

Lampiran 8. Hasil estimasi lama kegagalan lini produksi

Hari	Bulan	Jumlah produk yang tidak terealisasi (karton)	Lama kegagalan lini produksi (menit)
14	I	2 597	265
15		1 176	120
16		3 430	350
17		1 764	180
18		2 205	225
20		2 744	280
21		2 898	296
22		1 172	120
23		5 292	540
24		2 646	270
25		2 940	300
27		2 640	270
28		1 715	175
29		2 254	230
30		3 675	375
1	II	1 666	170
2		4 214	430
4		2 891	295
5		2 450	250
6		1 470	150
7		2 254	230
8		2 499	255
9		1 862	190
11		3 381	345
12		5 194	530
13		5 145	525
14		2 254	230
15		1 617	165
16		4 557	465
18		2 107	215
19		3 528	360
20		1 617	165
21		4 802	490
22		1 225	125
23		2 695	275
25		3 430	350
26		1 960	200
27		2 205	225
28		2 842	290
29		4 900	500
30		3 626	370
1	III	3 038	310
2		3 528	360
3		4 361	445
4		3 920	400

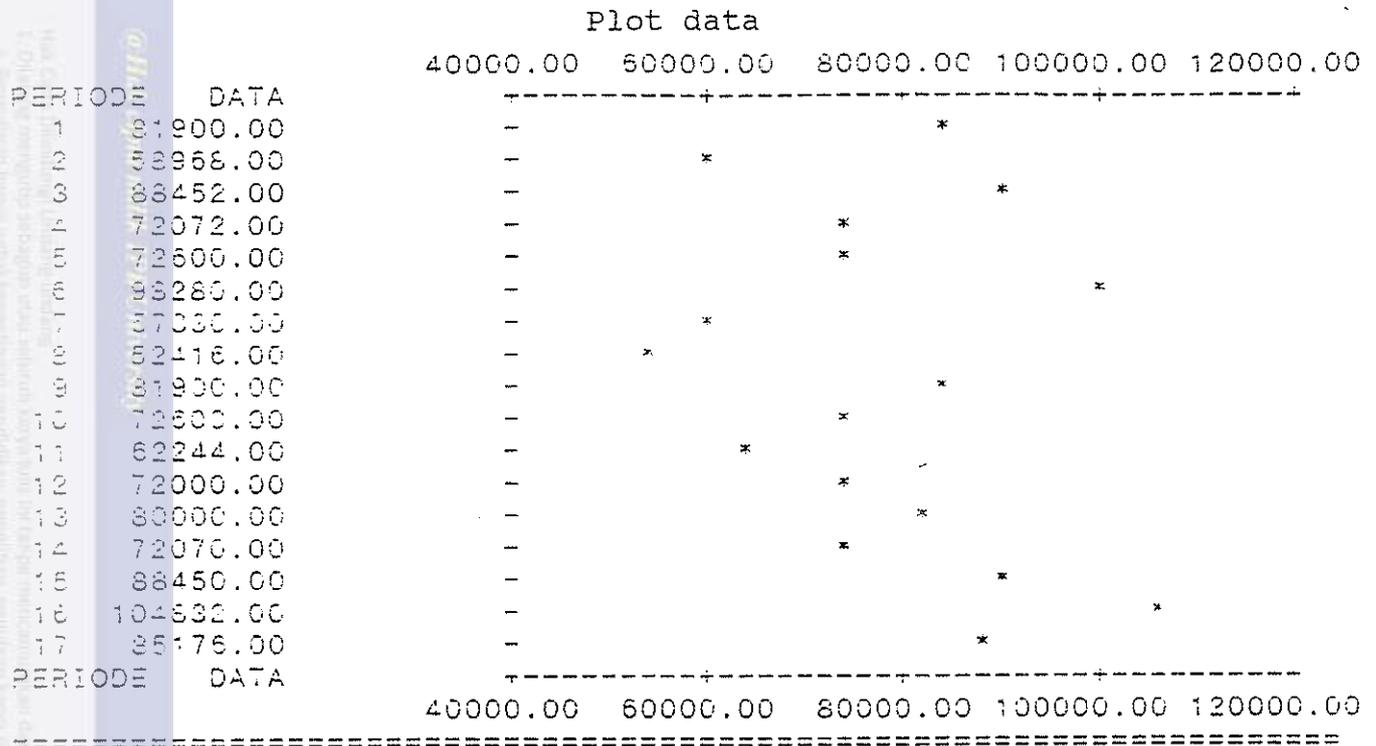
Lampiran 9. Hasil estimasi stok dan tingkat produksi aktual (karton)

Hari	Bulan	Stok	Jumlah penerimaan pesanan	Tingkat produksi aktual
14	I	878 725	776 562	10 403
15		868 322		10 500
16		857 822		9 570
17		848 252		10 500
18		837 752		10 500
19		837 752		0
20		827 252		10 256
21		816 996		10 011
22		806 365		10 500
23		797 485		7 708
24		788 777		10 354
25		778 423		10 060
26		778 423		0
27		768 363		10 354
28		758 009		10 500
29		747 509		10 500
30		737 009		9 325
1	II	727 684		10 624
2		717 060		8 786
3		717 060		0
4		708 274		10 109
5		698 165		10 550
6		687 615		10 624
7		676 991		10 624
8		666 367		10 501
9		655 866		10 624
10		655 866		0
11		645 242		9 619
12		635 623		7 806
13		627 817		7 855
14		619 962		10 624
15		609 338		10 624
16		598 714		8 443
17		598 714		0
18		590 271		10 624
19		579 647		9 472
20		570 175		10 624
21		559 551		8 198
22		551 353		10 624
23		540 729		10 305
24		540 729		0
25		530 424		9 570
26		520 854		10 624
27		510 230		10 624

Lampiran 9. Lanjutan

Hari	Bulan	Stok	Jumlah penerimaan pesanan	Tingkat produksi aktual
28		499 606		10 158
29		489 448		8 100
30		481 348		9 374
31		481 348		0
1	III	471 974		9 962
2		462 012		9 472
3		452 540		3 639
4		443 901		9 080
5		434 821		10 575
6		424 246		10 060
7		414 246		0
8		414 136		10 109
9		404 077		10 575
10		393 502		10 575
11		382 327		10 575
12		372 352		10 452
13		361 900		8 149
14		361 900		0
15		353 751		10 575
16		343 176		10 011
17		333 165		10 305
18		322 860		10 109
19		312 751		10 011
20		302 740		10 575
21		302 740		0
22		292 165		10 452
23		281 713		9 374
24		272 339		5 993
25		266 346		8 590
26		257 756		9 423
27		248 333		8 590
28		248 333		0
29		239 743		9 423
30		230 320		10 575
1	IV	219 745		10 207
2		209 538		10 256
3		199 282		9 619
4		189 663		10 746
5		189 663		0
6		178 917		11 389
7		167 528		10 550
8		158 978		9 864
9		742 352	583 374	11 389
10		730 963		8 247
11		722 716		10 795

Lampiran 5. Plot data dan analisa nilai auto korelasi nilai sisa permintaan Susu Indomilk Plain



ANALISA NILAI AUTOKORELASI NILAI SISA

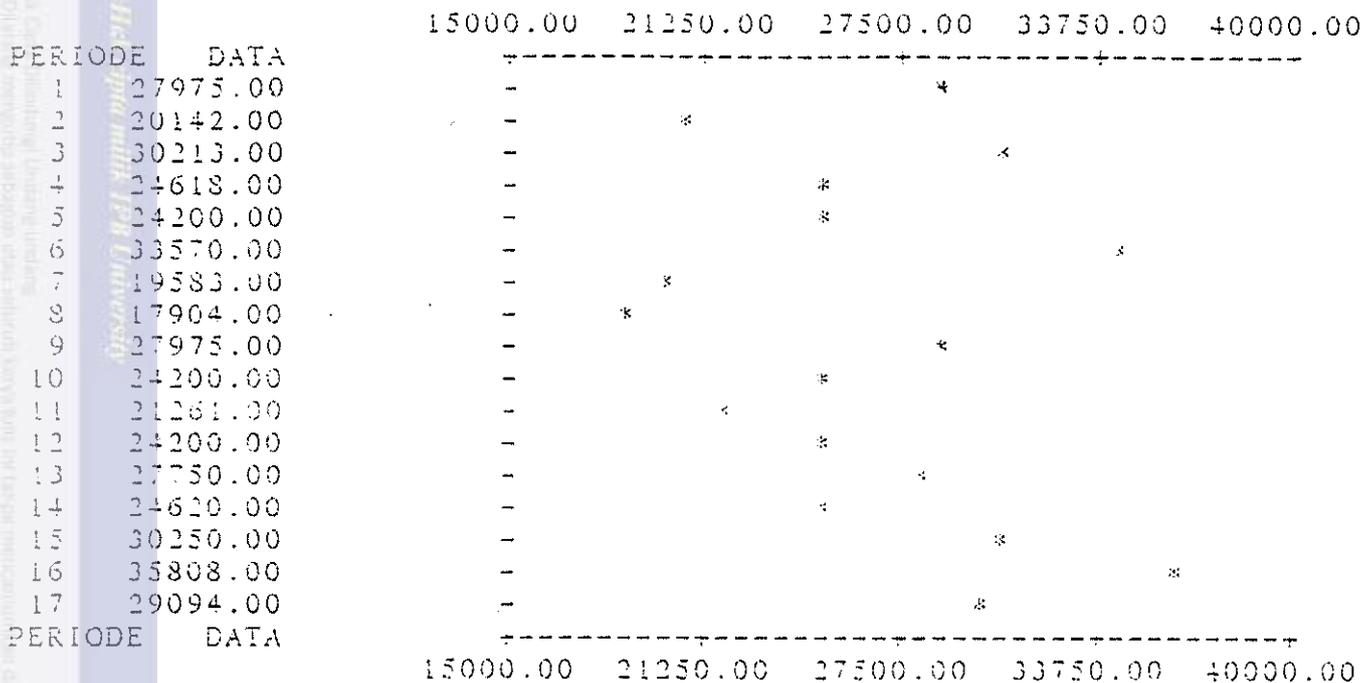
```

=====
-1 -0.5 0 0.5 1
|-----|-----|-----|-----|
SEL. AUTOKOR.
1 -0.2050
2 -0.2050
3 0.2571
4 -0.3272
5 0.0696
6 0.0714
7 -0.1001
SEL. AUTOKOR.
=====

```

Lampiran 6. Plot data dan analisa nilai auto korelasi nilai sisa permintaan Susu Indomilk Choco

Plot data



ANALISA NILAI AUTOKORELASI NILAI SISA
=====

```

=====
-1 -0.8 -0.6 -0.4 -0.2 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1
SEL. AUTOKOR. -----
1 0.1027
2 0.0289
3 -0.3840
4 0.1027
5 -0.243
SEL. AUTOKOR. -----
-1 -0.8 -0.6 -0.4 -0.2 0 0.2 0.4 0.6 0.8 1
=====

```

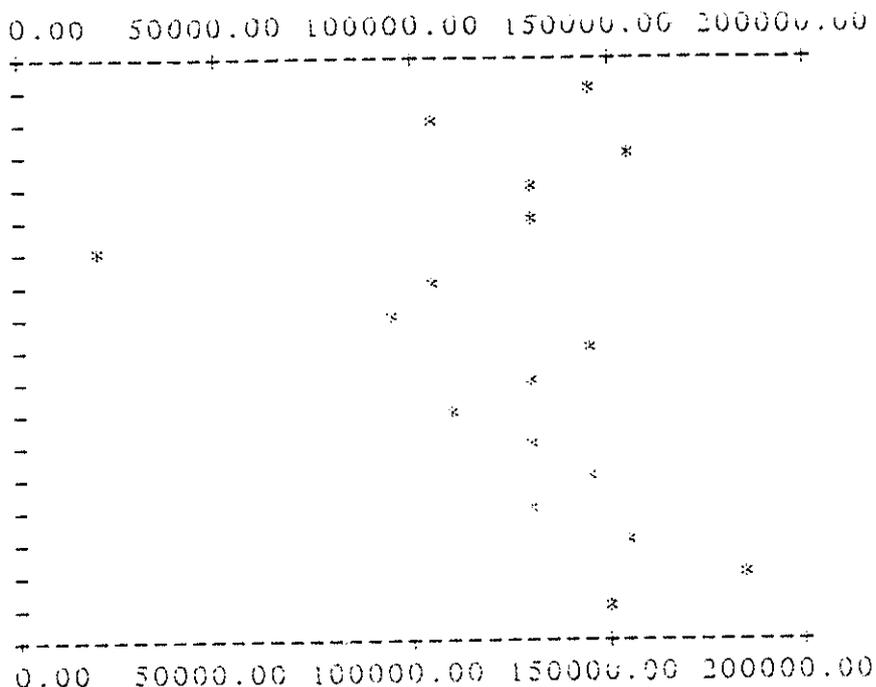


Hal. 141 dari 141 halaman | 10/01/2023 10:00:00 AM | IPB University

Lampiran 7. Plot data dan analisa nilai auto korelasi nilai sisa permintaan Susu Cap Enaak

Plot data

PERIODE	DATA
1	140125.00
2	100890.00
3	151335.00
4	123310.00
5	123200.00
6	16815.00
7	98087.00
8	89680.00
9	140125.00
10	123200.00
11	106495.00
12	123800.00
13	142250.00
14	123310.00
15	151300.00
16	179360.00
17	145730.00



ANALISA NILAI AUTOKORELASI NILAI SISA

PERIODE	AUTOKOR.
1	1.0000
2	0.7143
3	0.7143
4	0.7143
5	0.7143
6	0.7143
7	0.7143
8	0.7143
9	0.7143
10	0.7143
11	0.7143
12	0.7143
13	0.7143
14	0.7143
15	0.7143
16	0.7143
17	0.7143

Lampiran 8. Hasil estimasi lama kegagalan lini produksi

Hari	Bulan	Jumlah produk yang tidak terealisasi (karton)	Lama kegagalan lini produksi (menit)
14	I	2 597	265
15		1 176	120
16		3 430	350
17		1 764	180
18		2 205	225
20		2 744	280
21		2 898	296
22		1 172	120
23		5 292	540
24		2 646	270
25		2 940	300
27		2 640	270
28		1 715	175
29		2 254	230
30		3 675	375
1	II	1 666	170
2		4 214	430
4		2 891	295
5		2 450	250
6		1 470	150
7		2 254	230
8		2 499	255
9		1 862	190
11		3 381	345
12		5 194	530
13		5 145	525
14		2 254	230
15		1 617	165
16		4 557	465
18		2 107	215
19		3 528	360
20		1 617	165
21		4 802	490
22		1 225	125
23		2 695	275
25		3 430	350
26		1 960	200
27		2 205	225
28		2 842	290
29		4 900	500
30		3 626	370
1	III	3 038	310
2		3 528	360
3		4 361	445
4		3 920	400

Lampiran 8. Lanjutan

Hari	Bulan	Jumlah produk yang tidak terealisasi (karton)	Lama kegagalan lini produksi (menit)
5		2 058	210
6		2 940	300
8		2 891	295
9		1 911	195
10		1 666	170
11		1 372	140
12		2 548	260
13		2 351	495
15		2 401	245
16		2 989	305
17		2 595	275
18		2 391	295
19		2 989	305
20		1 225	125
22		2 548	260
23		3 626	370
24		7 007	715
25		4 410	450
26		3 577	365
27		4 410	450
29		3 577	365
30		2 401	245
1	IV	2 793	285
2		2 744	280
3		3 381	345
4		2 254	230
6		1 372	140
7		2 450	250
8		3 136	338
9		1 323	135
10		4 753	485
11		2 205	225
13		1 911	195
14		3 087	315
15		1 862	190
16		3 479	355
17		1 862	190
18		4 459	455
20		2 548	260
21		2 401	245
22		3 087	315
23		2 989	305
24		5 047	515
25		2 744	280

Lampiran 8. Lanjutan

Hari	Bulan	Jumlah produk yang tidak terealisasi (karton)	Lama kegagalan lini produksi (menit)
16		1 911	195
17		2 009	205
18		1 225	125
19		2 940	300
21		4 214	430
22		3 136	320
23		2 205	225
24		2 744	280
25		3 626	370
26		3 322	390
28		1 311	195
29		2 940	300
1	VII	2 940	300
2		3 283	335
3		5 782	590
4		1 813	185
6		1 715	175
7		4 067	415
8		4 361	445
9		2 352	240
10		4 704	480
11		2 695	275
13		2 989	305
14		3 577	365
15		1 862	190
16		2 695	275
17		1 127	115
18		1 274	130
20		1 617	165
21		2 401	245
22		1 813	185
23		5 586	570
24		3 283	335
25		2 891	295
27		2 205	225
28		4 753	485
29		2 254	230
30		2 597	265
31		2 793	285

Lampiran 9. Hasil estimasi stok dan tingkat produksi aktual (karton)

Hari	Bulan	Stok	Jumlah penerimaan pesanan	Tingkat produksi aktual
14	I	878 725	776 562	10 403
15		868 322		10 500
16		857 822		9 570
17		848 252		10 500
18		837 752		10 500
19		837 752		0
20		827 252		10 256
21		816 996		10 011
22		806 985		10 500
23		797 485		7 708
24		788 777		10 354
25		778 423		10 060
26		778 423		0
27		768 363		10 354
28		758 009		10 500
29		747 509		10 500
30		737 009		9 325
1	II	727 684		10 624
2		717 060		8 786
3		717 060		0
4		708 274		10 109
5		698 165		10 550
6		687 615		10 624
7		676 991		10 624
8		666 367		10 501
9		655 866		10 624
10		655 866		0
11		645 242		9 619
12		635 623		7 806
13		627 817		7 855
14		619 962		10 624
15		609 338		10 624
16		598 714		8 443
17		598 714		0
18		590 271		10 624
19		579 647		9 472
20		570 175		10 624
21		559 551		8 198
22		551 353		10 624
23		540 729		10 305
24		540 729		0
25		530 424		9 570
26		520 854		10 624
27		510 230		10 624

Lampiran 9. Lanjutan

Hari	Bulan	Stok	Jumlah penerimaan pesanan	Tingkat produksi aktual
28		499 606		10 158
29		489 448		8 100
30		481 348		9 374
31		481 348		0
1	III	471 974		9 962
2		462 012		9 472
3		452 540		3 639
4		443 901		9 080
5		434 821		10 575
6		424 246		10 060
7		414 246		0
8		404 186		10 109
9		404 077		10 575
10		393 502		10 575
11		382 327		10 575
12		372 352		10 452
13		361 900		8 149
14		361 900		0
15		353 751		10 575
16		343 176		10 011
17		333 165		10 305
18		322 860		10 109
19		312 751		10 011
20		302 740		10 575
21		302 740		0
22		292 165		10 452
23		281 713		9 374
24		272 339		5 993
25		266 346		8 590
26		257 756		9 423
27		248 333		8 590
28		248 333		0
29		239 743		9 423
30		230 320		10 575
1	IV	219 745		10 207
2		209 538		10 256
3		199 282		9 619
4		189 663		10 746
5		189 663		0
6		178 917		11 389
7		167 528		10 550
8		158 978		9 864
9		742 352	583 374	11 389
10		730 963		8 247
11		722 716		10 795

Lampiran 9. Lanjutan

Hari	Bulan	Stok	Jumlah penerimaan pesanan	Tingkat produksi aktual
12		722 716		0
13		711 921		11 089
14		700 832		9 913
15		690 919		11 138
16		679 781		9 521
17		670 260		11 138
18		659 122		8 541
19		659 122		0
20		650 581		10 452
21		640 129		10 599
22		629 530		9 911
23		619 617		10 011
24		609 606		7 953
25		601 653		10 256
26		601 653		0
27		591 397		11 285
28		580 112		11 236
29		568 876		11 389
30		557 487		10 942
31		546 545		9 276
1	V	537 269		10 109
2		537 269		0
3		527 160		10 305
4		516 855		10 893
5	1	518 712	1 001 857	10 452
6	1	508 260		11 749
7	1	496 511		10 501
8	1	486 010		7 169
9	1	486 010		0
10	1	478 841		11 334
11	1	467 507		10 011
12	1	457 496		7 757
13	1	449 739		9 129
14	1	440 610		10 207
15	1	430 403		10 354
16	1	430 403		0
17	1	420 049		10 991
18	1	409 058		8 884
19	1	400 174		10 844
20	1	389 330		10 599
21	1	378 731		10 991
22	1	367 740		11 749
23	1	367 740		0
24	1	355 991		9 276
25	1	346 715		9 129

Lampiran 9. Lanjutan

Hari	Bulan	Stok	Jumlah penerimaan pesanan	Tingkat produksi aktual
26		1 337	586	10 746
27		1 326	840	9 521
28		1 317	319	9 521
29		1 307	798	10 207
30		1 307	798	0
31		1 297	591	9 913
1	VI	1 287	678	11 187
2		1 276	491	11 971
3		1 264	520	11 334
4		1 253	186	10 501
5		1 242	685	11 089
6		1 242	685	0
7		1 231	596	11 577
8		1 219	919	7 850
9		1 211	966	11 089
10		1 200	677	9 619
11		1 191	258	10 207
12		1 181	051	7 561
13		1 181	051	0
14		1 173	490	10 011
15		1 163	479	10 697
16		1 152	782	11 089
17		1 141	693	10 991
18		1 130	702	11 775
19		1 118	927	10 060
20		1 118	927	0
21		1 108	867	8 786
22		1 100	081	9 864
23		1 090	217	10 795
24		1 079	422	10 256
25		1 069	166	9 374
26		1 059	792	9 178
27		1 059	792	0
28		1 050	614	11 089
29		1 039	525	10 060
1	V	1 029	465	10 060
2		1 016	405	9 717
3		1 009	688	7 218
4		1 002	470	11 187
5		1 002	470	0
6			991 283	11 285
7			979 998	8 933
8			971 065	8 639
9			962 426	10 648
10			951 778	8 296

Lampiran 9. Lanjutan

Hari	Bulan	Stok	Jumlah penerimaan pesanan	Tingkat produksi aktual
11		943 482		10 305
12		943 482		0
13		933 177		10 011
14		923 166		9 423
15		913 743		11 138
16		902 605		10 305
17		392 300		11 873
18		380 427		11 726
19		380 427		0
20		868 701		11 383
21		857 318		10 599
22		346 719		11 187
23		335 532		7 414
24		328 118		9 717
25		318 401		10 109
26		313 401		0
27		808 292		10 795
28		797 497		8 247
29		789 250		10 746
30		778 504		10 403
31		768 101		10 207

Lampiran 10. Program komputer ESPRO'93

```
'XXXX                                XXXX'
'XXXX                                XXXX'
'XXXX  PROGRAM KOMPUTER             XXXX'
'XXXX  PENGEMBANGAN MODEL ESTIMASI REALISASI JUMLAH PRODUKSI  XXXX'
'XXXX                                XXXX'
'XXXX  SUSU KENTAL MANIS             XXXX'
'XXXX                                XXXX'
```

```
cls
```

```
DIM DAT5(200),W5(200),DAT10(200),W10(200),DAT15(200),W15(200),DAT20(200),W20(200)
DIM DAT25(200),W25(200),DAT30(200),W30(200),DAT35(200),W35(200),DAT40(200),W40(200)
DIM DAT45(200),W45(200),DAT50(200),W50(200),DAT55(200),W55(200),DAT60(200),W60(200)
DIM DAT65(200),W65(200),DAT70(200),W70(200),DAT75(200),W75(200),DAT80(200),W80(200)
DIM DAT85(200),W85(200),DAT90(200),W90(100),DAT95(200),W95(200),DAT100(200),W100(200)
DIM DAT105(200),W105(200),DAT110(200),W110(200),DAT115(200),W115(200),DAT120(200),W120(200)
DIM DAT125(200),W125(200),DAT130(200),W130(200),DAT135(200),W135(200),DAT140(200),W140(200)
DIM DAT145(200),W145(200),DAT150(200),W150(200),DAT165(200),W165(200),DAT200(200),W200(200)
DIM DAT210(200),W210(200),DAT230(200),W230(100),DAT235(200),W235(200)
DIM Z(200), BREAKMAC(7000),STOKI(7000),KAPAKTUAL(7000),STOKAW(7000),SUPLAI(20)
DIM LEAD(7000),PLAN(2500),TGLTANG(200),BLNTANG(200),THNTANG(200)
DIM TGL(2500)
```

```
PLAN(1)=13000 'Januari      'rencana produksi dalam 1 hari
PLAN(2)=13000 'Februari
PLAN(3)=13000 'Maret
PLAN(4)=13000 'April
PLAN(5)=13000 'Mei
PLAN(6)=13000 'Juni
PLAN(7)=13000 'Juli
PLAN(8)=13000 'Agustus
PLAN(9)=13000 'September
PLAN(10)=13000 'Oktober
PLAN(11)=13000 'November
PLAN(12)=13000 'Desember

BLN1 = 31 : BLN2 = 28      'jumlah hari produksi dalam 1 bulan
BLN3 = 31 : BLN4 = 30
BLN5 = 31 : BLN6 = 30
BLN7 = 31 : BLN8 = 31
BLN9 = 30 : BLN10= 31
BLN11= 30 : BLN12= 31
```

```
input "Berapa kali pemesanan : ";N
```

```
p=0:s=0
```

```
FOR J=1 TO N
```

```
X = 0
```

```
P=0:SAN=0
```

```
Sisa=0
```

```

121 input "Bulan (1-12) pemesanan : ";P
    if P>12 then 121
122 input "Tanggal pemesanan : ";TGLSAN(J)
    if P=2 and tglSan(J)>28 then 212 else
    if tglSan(J)>31 then 212
input "Tahun pemesanan : ";TAHSAN(J)
input "Jumlah yang dipesan : "Suplai(J)

```

```
Gosub 1000
```

```
'SUB PROGRAM SIMULASI LEAD-TIME BAHAN BAKU
```

```
MYU = 111.6
```

```
Xo = 50
```

```
ALP = 1/(MYU-Xo)
```

```
for l=1 to 1000
```

```
next l
```

```
Randomize timer
```

```
X = Xo-(1/ALP)*Log(Rnd)
```

```
'SUB PROGRAM PENGHITUNGAN TANGGAL KEDATANGAN
```

```
lead(J) = INT(X)
```

```
BLNSAN(J) = SAN
```

```
P=P+1
```

```
if P>12 then P=1: TAHSAN(J)=TAHSAN(J)+1
```

```
Gosub 1000
```

```
WHILE sisa>30
```

```
Sisa = Sisa-SAN
```

```
P=P+1
```

```
if P>12 then P=1 :TAHSAN(J)=TAHSAN(J)+1
```

```
Gosub 1000
```

```
WEND
```

```
TGLTANG(J) = INT(sisa)
```

```
BLNTANG(J) = P
```

```
THNTANG(J) = TAHSAN(J)
```

```
PRINT "LEAD: ";LEAD(J),"Datang Tgl: ";using " ##";TGLTANG(J);BLNTANG(J);THNTANG(J)
```

```
print
```

```
NEXT J
```

```
for B=1 to N-1
```

```
for l=1 to N-B
```

```
if thntang(l)<thntang(l+1) then 100
```

```
thn(A) = thntang(l)
```

```
bln(A) = blntang(l)
```

```
tgl(A) = tgltang(l)
```

```
Suplai(A) = Suplai(l)
```

```

        thntang(I) = thntang(I+1)
    blntang(i) = blntang(i+1)
    tgltang(I) = tgltang(I+1)
    Suplai(I) = Suplai(I+1)
    thntang(I+1)= thn(A)
    blntang(I+1)= bln(A)
    tgltang(I+1)= tgl(A)
    Suplai(I+1) = Suplai(A)
100     next i
next B

for B=1 to N-1
    for I=1 to N-B

        if thntang(I)= thntang(I+1) then 101 else goto 120
101     if blntang(I)<blntang(I+1) then 120
            thn(A)      = thntang(I)
            bln(A)      = blntang(I)
            tgl(A)      = tgltang(I)
            Suplai(A)   = Suplai(I)
            thntang(I)  = thntang(I+1)
            blntang(I)  = blntang(I+1)
            tgltang(I)  = tgltang(I+1)
            Suplai(I)   = Suplai(I+1)
            thntang(I+1)= thn(A)
            blntang(I+1)= bln(A)
            tgltang(I+1)= tgl(A)
            Suplai(I+1) = Suplai(A)
120     next i
next B

For B=1 to N-1
    for I=1 to N-B

        if blntang(I)= blntang(I+1) then 103 else goto 130
103     If tgltang(I)<tgltang(I+1) then 130
            thn(A)      = thntang(I)
            bln(A)      = blntang(I)
            tgl(A)      = tgltang(I)
            Suplai(A)   = Suplai(I)
            thntang(I)  = thntang(I+1)
            blntang(I)  = blntang(I+1)
            tgltang(I)  = tgltang(I+1)
            Suplai(I)   = Suplai(I+1)
            thntang(I+1)= thn(A)
            blntang(I+1)= bln(A)
            tgltang(I+1)= tgl(A)
            Suplai(I+1) = Suplai(A)
130     next i
next B

for i=1 to N

```

```

2000 if STOKI(T)>(KAPROD-BREAKMAC(T)) then 2010 else 2020

2010 KAPAKTUAL(T) = KAPROD - BREAKMAC(T)
    STOKAW(T+1) = STOKI(T)-(KAPROD-BREAKMAC(T))
    goto 3000

2020 KAPAKTUAL(T) = STOKI(T)
    STOKAW(T+1) = 0
    goto 3000

3000     TotPro = Totpro+KAPAKTUAL(T)
3001     print using "###";TGL(T);S;using " ##### ";(STOKI(T));using " #####";break,Breakmac(T);
    print using " #####";PLAN(S);KAPAKTUAL(T);Totpro

WEND
8111 print "======"

INPUT "Mau diPrint <Y/T> ";Pri$
if pri$="y" OR PRI$="Y" then 499 else 500

499

lprint "======"
lprint " T      Stok      N.B. Break      Plan      T.p. Aktual      Tot Prod"
lprint "======"
totpro = 0

For i=1 to 180

    TotPro = Totpro+KAP(i)
    lprint using "###";i;using " ##### ";(STO(i));using " #####";Lea(i),Brea(i);
    lprint using " #####";PLA(i);KAP(i);Totpro

next i
lprint "======"

500 end

6000 'SUB MODEL LAMA KEGAGALAN LINI PRODUKSI

data 1, .017,2, .119,3, .238,4, .458,5, .729,6, .864,7, .966,8, .983,9,1
data 1, .068,2, .203,3, .423,4, .592,5, .728,6, .847,7, .966,8, .983,9,1
data 0, .119,1, .373,2, .61,3, .779,4, .881,5, .966,7, .983,8,1
data 0, .102,1, .288,2, .576,3, .83,4, .966,6, .983,7,1
data 0, .407,1, .814,2, .983,3,1
data 0, .476,1, .865,2, .983,3,1
data 0, .576,1, .864,2, .966,3,1
data 0, .644,1, .983,2,1
data 0, .779,1, .983,2,1

```

```

data 0, .847, 1, .983, 2, 1
data 0, .932, 1, 1
data 0, .915, 1, 1
data 0, .966, 1, 1
data 0, .898, 1, 1 '70
data 0, .898, 1, 1
data 0, .932, 1, 1
data 0, .966, 1, 1
data 0, .932, 1, 1
data 0, .932, 1, 1
data 0, .898, 1, 1 '100
data 0, .966, 1, 1
data 0, .966, 1, 1
data 0, .983, 1, 1
data 0, .932, 1, 1
data 0, .983, 1, 1 '125
data 0, .983, 1, 1 '135
data 0, .983, 1, 1 '145
data 0, .983, 1, 1 '150
data 0, .966, 1, 1 '165
data 0, .983, 1, 1 '200
data 0, .983, 1, 1 '210
data 0, .983, 1, 1 '230
data 0, .983, 1, 1 '235

```

```

for a=1 to 9
bb = bb+2
read DAT5(a),W5(a)
next a

for b=1 to 9
read DAT10(b),W10(b)
next b

for c=1 to 8
read DAT15(c),W15(c)
next c

for d=1 to 7
read DAT20(d),W20(d)
next d

for e=1 to 4
read DAT25(e),W25(e)
next e

for f=1 to 4
read DAT30(f),W30(f)
next f

for g=1 to 4
read DAT35(g),W35(g)

```



```

next k

for k=1 to 2
read DAT105(k),W105(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT110(k),W110(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT115(k),W115(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT120(k),W120(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT125(k),W125(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT135(k),W135(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT145(k),W145(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT150(k),W150(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT165(k),W165(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT200(k),W200(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT210(k),W210(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT230(k),W230(k)
next k

for k=1 to 2
read DAT235(k),W235(k)

```

```
next k
```

```
102 randomize timer
```

```
break=0
```

```
for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W5(a) then break=break+5*DAT5(a):goto 1
```

```
next a
```

```
1 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W10(a) then break=break+10*DAT10(a):goto 2
```

```
next a
```

```
2 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W15(a) then break=break+15*DAT15(a):goto 3
```

```
next a
```

```
3 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W20(a) then break=break+20*DAT20(a):goto 4
```

```
next a
```

```
4 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W25(a) then break=break+25*DAT25(a):goto 5
```

```
next a
```

```
5 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W30(a) then break=break+30*DAT30(a):goto 6
```

```
next a
```

```
6 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W35(a) then break=break+35*DAT35(a):goto 7
```

```
next a
```

```
7 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W40(a) then break=break+40*DAT40(a):goto 8
```

```
next a
```

```
8 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```

```
    if Z(a) <= W45(a) then break=break+45*DAT45(a):goto 9
```

```
next a
```

```
9 for a=1 to 9
```

```
    Z(a) = rnd
```