

Prof. Dr. Dedy Takdir Syaifuddin, S.E., M.S

RISET OPERASI

(Aplikasi Quantitative Analysis for Management)



RISET OPERASI
(APLIKASI QUANTITATIVE ANALYSIS FOR MANAGEMENT)

RISET OPERASI

(APLIKASI QUANTITATIVE ANALYSIS FOR MANAGEMENT)

Prof. Dr. Dedy Takdir Syaifuddin, S.E., M.S



Syaifuddin, Dedy Takdir

Riset Operasi (Aplikasi Quantitative Analysis for Management)–Oleh:
Dedy Takdir Syaifuddin–Cet. I,–Malang: Penerbit Percetakan CV Citra
Malang, 2011.

xiii, 147 hlm; 23 cm

ISBN: 979.907.091.0

- **RISET OPERASI (APLIKASI QUANTITATIVE ANALYSIS FOR MANAGEMENT)**
Prof. Dr. Dedy Takdir Syaifuddin, S.E., M.S

- **Editor** : Dr. Sujono, SE., MS.
Lay-out : Tita
Cover : Yusuf

-
- Hak cipta yang dilindungi
undang-undang pada : Pengarang
Hak Penerbitan pada : Penerbit Percetakan CV Citra Malang
Dicetak oleh : Penerbit Percetakan CV Citra Malang

-
- Diterbitkan oleh:
PENERBIT PERCETAKAN CV CITRA MALANG
Anggota IKAPI No. 015/JTI/98
Jl. Banten No. 5 Malang 65113

-
- Cetakan I: 2011
-

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T., yang telah memberikan Berkah dan Hidayah berupa kesehatan dan kesempatan, sehingga buku ini dapat diselesaikan.

Penerbitan buku ini diinspirasi oleh semakin berkembangnya literatur-literatur Riset Operasi dalam bahasa Indonesia dan buku teks *Quantitative Methods for Business and Economics* yang dibuat oleh Burton G, G. Carrol and S Wall, 2002, dan Render B, R.M. Stairs Jr. dan M.E. Hanna, 2003, *Quantitative Ananlysis for Management*, serta *hand out* sebagai bahan ajar penulis di beberapa Perguruan Tinggi selama kurun waktu dua dasa warsa. Buku-buku teks yang berbahasa Indonesia pada umumnya menggunakan perhitungan secara manual, sedangkan buku teks Burton dkk. dan Render, dkk., telah menggunakan Aplikasi program QM for Windows versi 2.1 yang dibuat oleh Howard J Weis 1996 - 2002, sehingga memungkinkan perhitungan-perhitungan dengan lebih cepat dan tepat.

Judul buku ini adalah "RISET OPERASI (Aplikasi Quantitative Analysis for Management)" yang memuat 7 bab, yaitu; Pendahuluan, Linear Programming, Metoda Transportasi, Teori Keputusan, Teori Permainan, Perencanaan dan Pengendalian Persediaan dan Manajemen Proyek (CPM dan PERT) dengan rincian 9 kali pertemuan dalam kelas dan 6 kali pertemuan di Laboratorium Komputer. Penulisan buku ini, ditujukan bagi praktisi dan mahasiswa peminat Ilmu Manajemen yang sedang menempuh pendidikan baik Strata 1 (S1), dan Strata 2 (S2).

Penulis telah berupaya keras menyajikan buku ini dengan baik, namun disadari sepenuhnya bahwa mungkin di sana sini masih belum sempurna, olehnya dengan senanghati dan lapang dada penulis menunggu kritik dan saran konstruktif dari pembaca yang budiman.

Kendari, Maret 2011

Dedy Takdir Syaifuddin

Daftar Isi

	Halaman
SAMPUL DALAM	i
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
Bab 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Pengantar	1
1.2. Definisi Riset Operasi	1
1.3. Manajemen Sains	3
1.4. Tahapan Penerapan Analisis Kuantitatif	4
1.5. Perkembangan Riset Operasi	5
1.6. Manfaat Riset Operasi	6
1.7. Teknik-Teknik Riset Operasi	7
Bab 2. LINEAR PROGRAMMING	8
2.1. Pengertian Linear Programming (LP)	8
2.2. Asumsi Dalam LP	9
2.3. Bentuk Standar LP	10
2.4. Metode-Metode Dalam LP	12
2.4.1. Metode Grafik	13
2.4.2. Metode Simplek	20
2.5. Penyimpangan Dalam Bentuk Standar	31
2.5.1. Fungsi Batasan Bertanda =	31
2.6. Metode Penugasan	34
2.6.1. Masalah Minimisasi	34
2.6.2. Tugas < Karyawan	39
2.6.3. Masalah Maksimisasi	40
2.7. Aplikasi Program Quantitative Management	43
Bab 3. METODA TRANSPORTASI	
3.1. Pengertian Metoda Transportasi	62
3.2. Formulasi Metoda Transportasi	63
3.3. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah Transportasi	65
3.4. Metode-Metode Dalam Metoda Transportasi	66
3.4.1. Metode Stepping Stone (SS)	66
3.4.2. Metode Modified Distribution (MODI)	75
3.4.3. Metode Vogel's Approximation (VAM)	81
3.5. Aplikasi Program QM Dalam Metoda Transportasi	87
Bab 4. TEORI KEPUTUSAN	97
4.1. Pendahuluan	97

4.2. Langkah-Langkah Dalam Pengambilan Keputusan	97
4.3. Pengambilan Keputusan Dengan Pertimbangan Lingkungan	100
4.4. Pengambilan Keputusan Dalam Kondisi Berisiko	101
4.5. Pengambilan Keputusan Dengan Pertimbangan Kondisi Ketidakpastian	105
4.6. Aplikasi Program QM Dalam Teori Keputusan	110
Bab 5. TEORI PERMAINAN	114
5.1. Pendahuluan	114
5.2. Pengertian Teori Permainan	115
5.3. Bahasa Permainan	117
5.4. Kriteria Minimax	119
5.5. Strategi Murni	121
5.6. Strategi Gabungan	122
5.7. Strategi Dominasi	126
5.8. Aplikasi Program QM Dalam Teori Permainan	128
Bab 6. PENGENDALIAN PERSEDIAAN	132
6.1. Pendahuluan	132
6.2. Arti Penting Pengendalian Persediaan	133
6.3. Jenis dan Sifat Perputaran Persediaan	135
6.4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Besarnya Persediaan	137
6.5. Economical Order Quantity (EOQ)	138
6.6. Metode Perhitungan EOQ	140
6.7. Reorder Point	143
6.8. Aplikasi Program QM pada Perencanaan dan Pengendalian Persediaan	145
Bab 7. MANAJEMEN PROYEK	152
7.1. Pendahuluan	152
7.2. Metode-Metode Perencanaan Jaringan Kerja	155
7.3. Metode Jalur Kritis (Critical Path Method)	158
7.3.1. Menghitung Waktu Paling Cepat (Earliest Start)	161
7.3.2. Menghitung Waktu Paling Lambat (Latest Finish)	162
7.3.3. Jalur Kritis (Critical Path)	164
7.3.4. Biaya dan Waktu Percepatan (Crash) Proyek	165
7.4. Metode Review Proyek (PERT)	170
7.4.1. Waktu Aktivitas PERT	171
7.5. Aplikasi Program QM untuk Manajemen Proyek	174

Daftar Tabel

No	Nama Tabel	Halaman
2.1.	Bentuk Standar LP	11
2.2.	Bentuk Standar Formulasi Masalah	16
2.3.	Formulasi Masalah Simpleks	21
2.4.	Bentuk Umum Tabel Simpleks	23
2.5.	Fungsi Persamaan Simpleks	23
2.6.	Kolom Kunci	24
2.7.	Baris Kunci dan Angka Kunci	25
2.8.	Perubahan Nilai Baris	26
2.9.	Perbaikan 1	27
2.10.	Perbaikan 2	28
2.11.	Perbaikan 3	29
2.12.	Perbaikan 4	30
2.13.	Penyimpangan Tanda =	32
2.14.	Simpleks Tabel Optimal 1	33
2.15.	Simpleks Tabel Optimal 2	34
2.16.	Upah Karyawan	36
2.17.	Nilai Minimal	37
2.18.	Reduced Cost Matrix 1	37
2.19.	Reduced Cost Matrix 2	38
2.20.	Jadwal Tugas dan Upah Karyawan	39
2.21.	Tugas < Karyawan	39
2.22.	Matriks Profit	41
2.23.	Matriks Opportunity Loss	41
2.24.	Matriks Vertikal dan Horizontal	42
2.25.	Matrik Biaya Minimum	42
2.26.	Biaya Survey	44
2.27.	Input dan Output QM	45

No	Nama Tabel	Halaman
3.1.	Formula Tabel Transportasi	64
3.2.	Biaya Total Transportasi 1	67
3.3.	Formulasi Masalah 1	68
3.4.	Alokasi 1	69
3.5.	Biaya Total Transportasi 2	70
3.6.	Realokasi 1	71
3.7.	Biaya Total Transportasi 3	72
3.8.	Test Optimasi 1	73
3.9.	Test Optimasi 2	74
3.10.	Biaya Total Transportasi 4	74
3.11.	Alokasi MODI 1	76
3.12.	Total Biaya Transportasi 5	77
3.13.	Nilai Baris dan Kolom 1	78
3.14.	Indeks Perbaikan 1	79
3.15.	Nilai Baris dan Kolom 2	79
3.16.	Alokasi MODI 2	80
3.17.	Total Biaya Transportasi 6	80
3.18.	Formulasi Masalah 2	82
3.19.	Penyelesaian Masalah VAM 1	84
3.20.	Penyelesaian Masalah VAM 2	85
3.21.	Penyelesaian Masalah VAM 3	85
3.22.	Penyelesaian Masalah VAM 4	86
3.23.	Penyelesaian Masalah VAM 5	86
3.24.	Total Biaya Transportasi 7	87
3.25.	Formulasi Masalah 3	88
4.1.	Tabel Payoff Thomson	100
4.2.	Decision Table	102
4.3.	Opportunity Loss 1	104
4.4.	Opportunity Loss 2	105
4.5.	Keputusan Maximax	106
4.6.	Keputusan Maximin	107
4.7.	Keputusan Laplace (Equally likely)	108
4.8.	Keputusan Realistis	109
4.9.	Keputusan Minimax	110
5.1.	Matriks Payoff	118
5.2.	Outcome Permainan	119
5.3.	Saddle Point	120
5.4.	Strategi Murni	122
5.5.	Permainan Untuk Strategi Gabungan	123
5.6.	Strategi Gabungan Dengan Persentase	124
6.1.	Perhitungan EOQ dengan Total Cost Approach	141
7.1.	Kegiatan Proyek PT. HIJ	159
7.2.	ESi, ESj, Li	162
7.3.	EFi, EFj, Li	164
7.4.	Jalur Kritis	165
7.5.	Waktu Normal dan Waktu Crash	167
7.6.	Aktivitas dan Pendahulu Langsung untuk General Foundry	171
7.7.	Estimasi Waktu General Foundry	173

Daftar Gambar

No	Nama Gambar	Halaman
2.1.	Grafik Feasible set Area dalam segitiga OAB	13
2.2.	Grafik Feasible set Area dalam segitiga OAB	13
2.3.	Grafik Feasible set Area dalam segi 4 OABC	14
2.4.	Grafik feasible set (OABCD)	17
3.1.	Formula TabelMasalah Transportasi	62
3.2.	Langkah Penyelesaian Masalah Transportasi	66
4.1.	Decision Tree Thomson 1	99
4.2.	Decision Tree Thomson 2	103
6.1.	Perencanaan dan Pengendalian Persediaan	132
6.2.	EOQ Dengan Metode Grafik	142
6.3.	Reorder Point	144
7.1.	Diagram Network PT. HIJ	160
7.2.	Perhitungan Waktu Paling Cepat PT. HIJ	161
7.3.	Perhitungan Waktu Paling Lambat PT. HIJ	163
7.4.	Waktu Normal dan Crash Aktivitas B	168

Bab 1

PENDAHULUAN

1.1. Pengantar

Riset Operasional atau sering disingkat menjadi Riset Operasi saja, merupakan terjemahan bahasa Inggris yaitu "*Operation Research*" memiliki berbagai macam arti bagi orang yang berbeda kepentingan dan latar belakang disiplin ilmu. Ada yang beranggapan bahwa Riset Operasi adalah sebuah teknik analisis kuantitatif, dilain pihak ada yang menganggapnya sebagai "*scientific method*" (metode ilmiah), sebagai dasar pengambilan keputusan.

Definisi Klasik dari Churchman, Arkoff dan Arnof (1957) mengemukakan sebagai berikut: "*Operations research (Management Science) is the application of scientific methods techniques, and tools to problems involving the operation of systems so as to provide those in control of the operations with optimum solutions to the problems* " (Riset Operasi, atau Manajemen Sains adalah aplikasi teknik-teknik metode ilmiah, dan sebagai peralatan untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang melibatkan sistem-sistem dan juga sebagai sistem kontrol dari operasi dengan penyelesaian (solusi masalah-masalah yang sedang dihadapi).

1.2. Definisi Riset Operasi

Riset operasi (manajemen sains) merupakan aplikasi dari metode-metode, teknik-teknik dan peralatan-peralatan ilmiah dalam menghadapi masalah yang timbul di dalam operasi perusahaan dengan tujuan ditemukannya alternatif pemecahan masalah secara optimum.

The British Operational Research Society (1970) " Riset operasi adalah penerapan metode-metode ilmiah yang digunakan untuk memecahkan masalah-masalah kompleks yang timbul pada waktu dilaksanakan pengelolaan dan pembinaan sistem-sistem besar berupa manusia, mesin-mesin, bahan-bahan, uang, di dalam bidang industri, perdagangan, sektor negara dan pertahanan

Sedangkan menurut Thaha, 1987 mengemukakan bahwa " Istilah Riset Operasi seringkali diasosiasikan dengan penggunaan teknik-teknik matematis untuk membuat model dan menganalisis masalah keputusan. Meskipun matematika dan model matematis merupakan inti Riset Operasi, pemecahan masalah tidaklah sekedar pengembangan dan pemecahan model-model matematis. Secara spesifik, masalah-masalah keputusan biasanya mencakup faktor-faktor manusia di hampir setiap lingkungan keputusan"

Di lain pihak menurut Miller dan MK. Starr mendefinisikan Riset Operasi sebagai peralatan manajemen yang menyatukan ilmu pengetahuan, matematika dan logika dalam kerangka pemecahan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan sehari-hari, sehingga akhirnya permasalahan tersebut dapat dipecahkan secara optimal.

Simpulan dari definisi para pakar:

- Riset Operasi merupakan alat bantu bagi para *decision maker* (pengambil keputusan) ketika menjumpai masalah-masalah dalam operasi perusahaan untuk mengambil keputusan secara optimal dan bersifat kuantitatif.
- Optimal adalah berdasarkan prinsip maxsimin (memaximumkan *revenue* yang minimal) dan minimax (meminimumkan *cost* yang maximal).

1.3. Manajemen Sains

Management Science, merupakan perumusan dan manipulasi sebuah model. Pendekatan ini berhubungan dengan model-model logika – matematika yang digunakan untuk mempelajari aspek-aspek problem-problem (masalah) yang dapat ditangani secara kuantitatif

Penggunaan model-model tersebut di dasarkan pada sebuah sikap ilmiah terhadap fenomena manajemen dengan langkah-langkah sbb:

1. Observasi dan pengamatan
2. Perumusan model
3. Pengujian model yang bersangkutan
4. Penerapan

1. Observasi dan Pengamatan

Pada tahap ini analisis mengadakan penelitian terhadap situasi yang dihadapi untuk merumuskan problem, atau masalah yang sedang dihadapi. Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap semua fakta dan hubungan-hubungan problem (masalah yang ingin dicarikan solusinya).

2. Perumusan Model

Konstruksi model merupakan hasil dari identifikasi terhadap hubungan antar variabel-variabel yang ada dan batasan-batasan (*Constraint*) yang bersangkutan dengan problem yang ada. Sistem-sistem informasi, model tersebut dapat berupa grafik, peta arus, peta organisatoris, laporan statistik.

3. Pengujian Model yang Bersangkutan

Model diuji berulang kali sebelum digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan. Fungsi pokok dari model adalah kemampuan prediksinya dan data yang dikumpulkan, serta dimanipulasi melalui model tersebut guna menguji efektivitasnya.

Berdasarkan hasil pengujian, analis dapat melakukan modifikasi-modifikasi untuk menyempurnakan model. Kelloway (1976) mengatakan dua hal yang dapat dilakukan dalam menyempurnakan model yaitu; (a) *Building model* (membangun hubungan-hubungan model lain), (b) *Trimming Theory* (mereduksi teori atau hubungan)

4. Penerapan.

Model tersebut diterapkan guna memberikan informasi kepada pihak manajemen dalam rangka pengambilan keputusan.

1.4. Tahapan Penerapan Analisis Kuantitatif

Tahapan atau langkah-langkah dalam penerapan teknik analisis kuantitatif adalah sebagai berikut:

1. Perumusan masalah. Di dalam tahapan perumusan masalah ini pihak manajemen harus menentukan, variabel-variabel mana yang merupakan (*decision variables*), variabel independen, variabel dependen, variabel intervening, batasan-batasan, sasaran-sasaran dll.
2. Konstruksi model. Pada tahap ini manajemen perlu menentukan waktu kapan model akan digunakan, data input dan output, elemen-elemen statis dan dinamis, hubungan-hubungan ilmu pasti antar elemen.
3. Perbaikan analisis. Tahap ini pihak manajemen perlu memilih metode-metode pemecahan lain, analisis sensitivitas, perubahan model dan model yang realistik
4. Implementasi dan penambahan. Pada tahapan ini manajemen perlu mengidentifikasi dari sejak awal pelaksanaan proyek, orang-orang yang berkepentingan (*stake holders*), pendampingan dan penyesuaian keadaan yang berubah.

1.5. Perkembangan Riset Operasi

Riset Operasi muncul saat berlangsungnya perang dunia II, ketika sekelompok pakar yang bertugas untuk memecahkan masalah pencapaian hasil yang optimal bagi operasi militer Tentara Angkatan Udara Inggris. Masalah yang dihadapi para pakar kala itu adalah, bagaimana mengalokasikan sumberdaya-sumberdaya yang langka dan terbatas untuk menyelesaikan berbagai problem operasi militer.

Berdasarkan Riset Operasi, maka ditemukanlah cara-cara penentuan pola terbaik untuk satu konvoi kapal dan kecepatan optimum guna mengoperasikan senjata-senjata yang

dimiliki. Setelah perang dunia berakhir dan melihat keberhasilan dari Riset Operasi militer, maka kalangan industri tertarik pada bidang ini.

Pertumbuhan industri dan teknologi yang pesat membawa dampak kepada kondisi sosial, politik dan ekonomi yang menyebabkan organisasi-organisasi industri tumbuh dan berkembang sedemikian rupa yang mengakibatkan kondisi lingkungan bisnis semakin dinamis dan kompleks. Riset Operasi juga berkembang dengan pesat dan banyak memberikan kontribusi kepada para “*decision maker*” (pengambil keputusan)

George Dantzig (1947) mengembangkan metode Simpleks dan Matriks untuk memecahkan masalah-masalah dalam Program Linear, sebagai salah satu teknik Riset Operasi. Kemudian disempurnakan pada tahun 1950 dengan memunculkan beberapa peralatan standar Riset Operasi, seperti; Program Linear, Program Dinamis, Teori Antrian dan Teori Pengendalian Persediaan.

1.6. Manfaat Riset Operasi

Riset Operasi berguna bagi para *decision maker* dalam menghadapi masalah-masalah pengalokasian sumberdaya-sumberdaya yang langka dan terbatas, kemudian mengarahkan, mengkoordinasikan dan mengendalikan berbagai macam operasi (kegiatan) dalam suatu organisasi, baik yang bersifat profit maupun non profit.

1.7. Teknik –Teknik Riset Operasi

Teknik-teknik Riset Operasi yang paling banyak digunakan dalam ilmu manajemen antara lain: (a) *Linear Programming* (Metode Grafik, Metode Simplek dan penyimpangan dari bentuk standar), (b) Metode Transportasi (Metode *Stepping Stone*, Metode *Modified Distribution*, dan *Vogel’s Approximation Method*), (c) *Decision Theory* (Problem-problem Keputusan), (d) *Net Work Planning* (*Critical Path Method*, Metode Algoritma, Perpendekan waktu proyek, Penaksiran jangka waktu dan biaya proyek), (e) Perencanaan Kebutuhan Bahan (*Economic Order Quantity*, *Reorder Point*, Model Penyeimbangan Biaya Total, *Buffer Stock*).

Salah satu teknik analisis yang sering digunakan dewasa ini telah berkembang teknik-teknik analisis dengan menggunakan paket program *Quantitative Analysis for Management*. (QM program) versi 2.1 (Howard J. Weis, 1996 – 2002)

Bab 2

LINEAR PROGRAMMING

2.1. Pengertian Linear Programming (LP)

Linear Programming (LP), atau program linear merupakan salah satu teknik yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan alokasi sumberdaya-sumberdaya yang terbatas dan langka secara optimum. Sumberdaya-sumberdaya terbatas tersebut jika dalam satu industri atau perusahaan meliputi semua faktor-faktor produksi seperti; mesin-mesin, tenaga kerja, bahan mentah, modal, teknologi dan informasi.

Di masa 40 tahunan yang lalu, LP telah diterapkan secara ekstensif dalam bidang militer, industri, keuangan, pemasaran, akuntansi, dan masalah pertanian. Meskipun LP antara satu bidang dengan bidang lain berbeda, akan tetapi semua masalah LP memiliki empat hal secara umum yaitu:

1. Problem yang dijumpai adalah maksimisasi atau minimisasi sebagai tujuannya
2. Memiliki “*Constraint*”, atau fungsi batasan untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai (fungsi tujuan).
3. Harus tersedia alternatif untuk menyelesaikan masalah.
4. Hubungan matematis adalah linier.

2.2. Asumsi Dalam LP

1. Angka-angka pada fungsi tujuan dan fungsi batasan diketahui secara pasti dan tidak berubah selama periode dipelajari.
2. Fungsi tujuan dan fungsi batasan memiliki proporsionalitas. Hal ini dimaksudkan bahwa kalau penghasilan 1 unit produk mempergunakan 3 jam sumber daya langka, sehingga untuk pembuatan 10 unit produk tersebut harus menggunakan 30 jam sumber daya langka.
3. Additivitas, dimaksudkan bahwa penjumlahan dari semua aktivitas sama dengan penjumlahan dari aktivitas perorangan. Misalnya, jika fungsi tujuan adalah memaksimalkan keuntungan = Rp 8 per unit dari produk pertama, kemudian membuat produk tambahan sebesar Rp 3 per unit dari produk, dan kalau 1 unit dari masing-masing produk sebenarnya dihasilkan, kontribusi keuntungan Rp 8 dan Rp 3 harus ditambahkan sehingga keuntungan menjadi Rp 11.
4. Divisibilitas, pendugaan solusi kondisi dapat dibagi-bagi. Keuntungan bukan bilangan bulat. Angka dapat dibagi dalam bilangan pecahan. Kalau satu fraksi dari satu produk tidak dapat dihasilkan (misalnya $\frac{1}{3}$ kapal selam).

5. Semua jawaban atau variabel non negatif. Nilai negatif bagi kuantitas phisik adalah mustahil; dapat dihasilkan satu angka negatif dari kursi, kemeja, lampu, atau komputer.

2.3. Bentuk Standar LP

Bentuk standar dari model-model linear program terdiri dari beberapa fungsi antara lain; (a) fungsi tujuan, dan (b) fungsi batasan-batasan.

Fungsi Tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan dari pengalokasian secara optimal sumberdaya-sumberdaya untuk memperoleh keuntungan maksimal, atau biaya yang paling minimal. Sedangkan fungsi Batasan adalah kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan-kegiatan operasi perusahaan.

Fungsi Tujuan

$$\text{Maksimumkan } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{Fungsi Batasan } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, 3 \dots m \quad x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3 \dots n$$

Keterangan Notasi:

m = macam batasan sumberdaya, atau fasilitas yang tersedia.

n = macam kegiatan-kegiatan yang menggunakan sumberdaya yang tersedia

i = nomor setiap macam sumberdaya yang tersedia

j = nomor setiap macam kegiatan yang menggunakan sumberdaya

x_j = tingkat kegiatan ke j

a_{ij} = banyaknya sumberdaya i yang diperlukan untuk menghasilkan setiap unit output dari kegiatan j

b_i = banyak sumberdaya i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap kegiatan

z = nilai yang dioptimalkan (maksimum atau minimum)

c_j = kenaikan nilai z apabila ada pertambahan tingkat kegiatan (x_j) dengan satu satuan (unit), atau merupakan kontribusi setiap satu output kegiatan j terhadap nilai z.

Bentuk standar fungsi tujuan dan fungsi batasan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1. Tabel Bentuk Standar LP

Kegiatan	Pemakaian sumberdaya/unit kegiatan (output)					Kapasitas
	1	2	3	...	n	
Sumber						
1	a11	a12	a13		a1n	b1
2	a21	a22	a23		a2n	b2
3	a31	a32	a33		a3n	b3
...						
m	am1	am2	am3		amn	bm
unit	c1	c2	c3		cn	
Tingkat Kegiatan	x1	x2	x3		xn	

Adapun model persamaan matematika dari Tabel 2.1. di atas adalah sebagai berikut:

Fungsi Tujuan :

$$\text{Maksimumkan } z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$$

Fungsi Batasan :

$$1). a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$2). a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$3). a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n \leq b_3,$$

dimana : x_1, x_2, x_3 dan $x_n \geq 0$.

2.4. Metode-Metode Dalam LP

Linear programming merupakan program pangkat tunggal yang dapat juga dipakai untuk memecahkan masalah maksimisasi kombinasi produksi, pemanfaatan sumberdaya atau input dan output. Dalam pemecahan masalah kombinasi produksi memiliki dua arah yaitu; (a) memaksimumkan keuntungan yang minimum (maksimin), dan (b) meminimumkan biaya-biaya yang maksimal (minimaks).

Ada 2 metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah dalam LP yaitu:

1. Metode Grafik
2. Metode Simplek.

2.4.1. Metode Grafik

Sebelum membahas langkah-langkah pemecahan masalah, perlu dikemukakan pengertian notasi-notasi (tanda-tanda) matematika yang akan dijumpai dalam metode grafik ini yaitu:

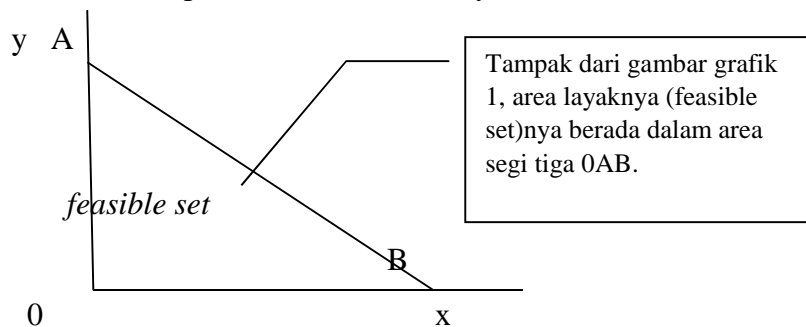
$x \leq 1$, nilai x sama dengan 1, atau lebih kecil dari 1

$x \geq 1$, nilai x sama dengan 1, atau lebih besar dari 1

$x = 1$, nilai x sama dengan 1

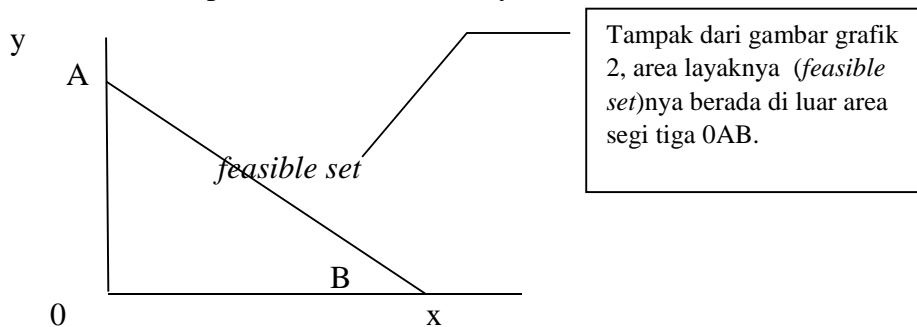
Contoh-contoh Grafik:

1. Grafik dari pertidaksamaan $4x + 3y \leq 12$



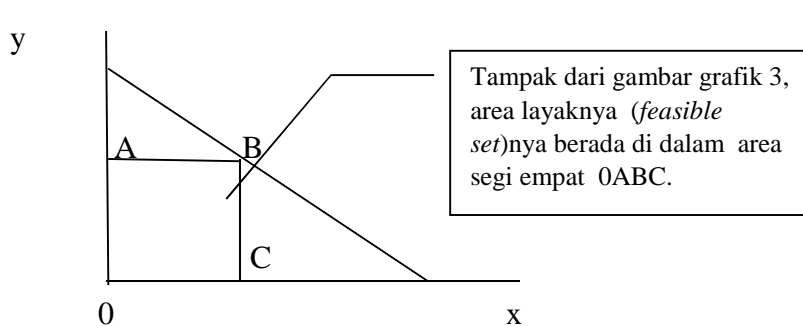
Gambar 2.1. Grafik Feasible set Area dalam segi tiga OAB

2. Grafik dari pertidaksamaan $4x + 3y \geq 12$



Gambar 2.2. Grafik Feasible set Area diluar segi tiga OAB

3. Grafik dari persamaan $4x + 3y = 12$



Gambar 2.3. Grafik Feasible set Area dalam segi 4 OABC

Langkah-langkah penggunaan metode LP dengan Metode Grafik

1. Formulasi fungsi tujuan dan fungsi batasan dalam bentuk matematik
2. Fungsi pertidaksamaan diubah menjadi fungsi persamaan dari notasi $>$ (lebih besar sama dengan, atau angka dibelakang notasi tersebut adalah angka minimum, atau $<$ (lebih kecil sama dengan, atau angka dibelakang notasi tersebut adalah angka maksimum) menjadi notasi $=$ (sama dengan).
3. Gambar fungsi-fungsi tersebut ke dalam satu sistem salib sumbu, kemudian tentukan daerah (area) yang memenuhi batasan daerah tersebut dengan cara mengarsirnya. Daerah atau area arsiran inilah disebut dengan *feasible set/feasible area/convex set*.
4. Mencari kombinasi optimal dengan jalan menyelesaikan secara matematik persamaan fungsi batasan yang bertepatan dengan kedudukan optimal tersebut.

Contoh soal 2.1 :

Perusahaan sepatu “Ardiles” memproduksi 2 macam produk yaitu; sepatu (x_1) dan sandal (x_2). Untuk membuat produk tersebut perusahaan mempunyai 3 macam alat yakni, alat 1 digunakan untuk menjahit bagian atas sepatu, alat 2 digunakan untuk menjahit bagian atas sandal, dan alat 3 digunakan untuk membuat sol baik untuk sepatu maupun untuk sandal. Setiap membuat sepatu mula-mula alat sebagai berikut: alat 1 memproses sepatu selama 4 jam dan tanpa melalui alat 2, langsung diproses pada alat 3 selama 4 jam pula. Sedangkan untuk membuat sandal, perusahaan menggunakan alat 2 selama 5 jam dan pada alat 3 selama 3 jam. Jam kerja maksimum untuk alat 1 adalah 16 jam, alat 2 adalah 30 jam dan alat 3 selama 24 jam. Kontribusi keuntungan masing-masing untuk sepatu sebesar Rp 5.000,- dan Rp 4.000,-. Dari data-data di atas, carilah kombinasi produk yang paling optimal ?.

Jawab 2.1 :

1. Menganalisis soal dan memasukkan dalam Tabel bentuk standar, kemudian formulasi fungsi tujuan dan fungsi batasan dalam bentuk formula matematika sebagai berikut:

Tabel 2.2. Bentuk Standar Formulasi Masalah

Jenis Produk Alat	Sepatu (X1)	Sandal (X2)	Kapasitas
1	4	0	16
2	0	5	30
3	4	3	24
Profit (Rp 1000)	5	4	

2. Formulasi fungsi tujuan dan fungsi batasan dalam bentuk persamaan matematika:

Fungsi Tujuan : Maksimumkan $z = 5x_1 + 4x_2$

Fungsi Batasan :

a. Alat 1 = $4x_1 = 16$

b. Alat 2 = $5x_2 = 30$

c. Alat 3 = $4x_1 + 3x_2 = 24$

3. Merubah pertidaksamaan menjadi persamaan sebagai berikut:

a. $4x_1 = 16$

b. $5x_2 = 30$

c. $4x_1 + 3x_2 = 24$

4. Mencari *feasible set*

a. $4x_1 = 16 \rightarrow x_1 = 16/4 \rightarrow x_1 = 4$

b. $5x_2 = 30 \rightarrow x_2 = 30/5 \rightarrow x_2 = 6$

c. $4x_1 + 3x_2 = 24$

Jika $x_1 = 0$, maka fungsi batasan menjadi: $4(0) + 3x_2 = 24$

$$3x_2 = 24$$

$$x_2 = 24/3$$

$$x_2 = 8$$

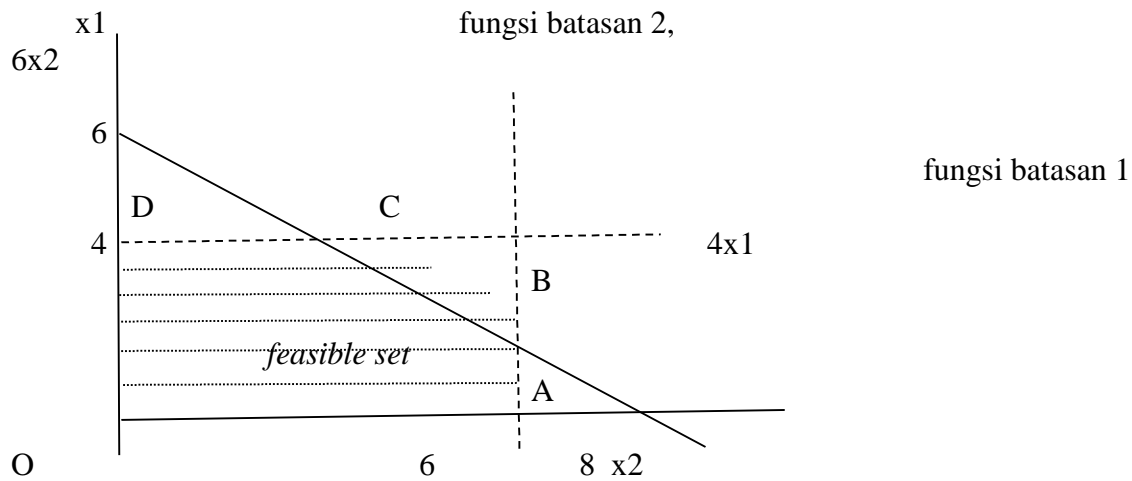
Jika $x_2 = 0$, maka fungsi batasan menjadi: $4x_1 + 3(0) = 24$

$$4x_1 = 24$$

$$x_1 = 24/4 = 6$$

Dengan diketahui titik-titik ekstrem dari masing-masing fungsi, maka *feasible set*nya dapat digambarkan sebagai berikut:

Grafik *Feasible set*



Gambar 2.4. Grafik feasible set (OABCD)

5. Mencari kombinasi produk optimal yang dapat memaksimumkan nilai z (fungsi tujuan) dalam hal ini *feasible set* nya yaitu OABCD dengan cara mencari nilai masing-masing titik perpotongan yang terletak pada *feasible set*.

Titik O, pada titik O, nilai $x_1 = 0$ dengan demikian nilai $z = 0$

Titik D, pada titik D, nilai $x_1 = 4$, kemudian nilai ini disubstitusikan kepada persamaan batasan 3 : $4x_1 + 3x_2 = 24$, maka persamaan tersebut menjadi:

$$\begin{aligned} 4(4) + 3x_2 &= 24 \\ 3x_2 &= 24 - 16 \\ x_2 &= 8/3 = 2^{2/3} \end{aligned}$$

Kemudian nilai-nilai tersebut disubstitusikan kedalam persamaan fungsi tujuan :

Maksimumkan nilai $z = 5x_1 + 4x_2$

$$\begin{aligned} z &= 5(4) + 4(2^{2/3}) \\ z &= 20 + 10^{2/3} \\ z &= 30^{2/3} \quad (\text{x Rp } 1.000 = \text{Rp } 30.667,-) \end{aligned}$$

Titik C, pada titik C, nilai $x_1 = 6$, kemudian nilai ini disubstitusikan ke persamaan batasan 3 :

$4x_1 + 3x_2 = 24$, maka persamaan tersebut menjadi :

$$\begin{aligned} 4(6) + 3x_2 &= 24 \\ 3x_2 &= 24 - 24 \\ 3x_2 &= 0 \\ x_2 &= 0 \end{aligned}$$

Kemudian nilai tersebut disubstitusikan ke dalam persamaan fungsi tujuan :

Maksimumkan nilai $z = 5x_1 + 4x_2$

$$z = 5(6) + 4(0)$$

$$z = 30 \text{ (x Rp 1.000 = Rp 30.000,-)}$$

Titik B, pada titik B, nilai $x_2 = 8$, kemudian nilai ini disubstitusikan ke dalam persamaan batasan $3 : 4x_1 + 3x_2 = 24$, maka persamaan tersebut menjadi :

$$4x_1 + 3(8) = 24$$

$$4x_1 = 24 - 24$$

$$x_1 = 0$$

Kemudian nilai x_1 ini dimasukkan pada persamaan fungsi tujuan :

Maksimumkan nilai $z = 5x_1 + 4x_2$

$$z = 5(0) + 4(8)$$

$$z = 24 \text{ (x Rp 1.000 = Rp 24.000,-)}$$

Titik A, pada titik A, nilai $x_2 = 6$, kemudian nilai ini disubstitusikan ke dalam persamaan batasan $3 : 4x_1 + 3x_2 = 24$

$$4x_1 + 3(6) = 24$$

$$4x_1 = 24 - 18$$

$$4x_1 = 6$$

$$x_1 = 6/4 = 1^{1/2}$$

Kemudian nilai tersebut disubstitusikan ke dalam persamaan fungsi tujuan :

Maksimumkan nilai $z = 5x_1 + 4x_2$

$$z = 5(1^{1/2}) + 4(6)$$

$$z = 7^{1/2} + 24 = 31^{1/2} \text{ (x Rp 1.000 = Rp 31.500,-)}$$

Dengan demikian agar perusahaan tersebut mendapatkan keuntungan maksimal, maka perusahaan hendaknya berproduksi pada titik A, dengan memproduksi sepatu (x_1) sebanyak $1^{1/2}$ pasang dan sandal sebanyak (x_2) 6 pasang dengan tingkat keuntungan sebesar Rp 31.500,-

2.4.2. Metode Simpleks

Dalam penyelesaian masalah LP dengan menggunakan metode grafik hanya mencakup 2 variabel keputusan (2 buah kombinasi saja). Jika permasalahannya telah melibatkan lebih dari 2 variabel, maka pemecahan masalahnya semakin kompleks, sehingga metode grafik tidak efektif lagi untuk digunakan sebagai alternatif pemecahan masalah.

Untuk pembahasan masalah LP yang melibatkan 2 atau lebih variabel keputusan, maka akan lebih efektif dan relatif lebih jika menggunakan Metode Simpleks.

Metode Simpleks adalah cara pemecahan masalah, atau penentuan kombinasi optimal dengan menggunakan metode simpleks tabel meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

1. Formulasi permasalahan dalam bentuk fungsi tujuan dan batasan
2. Merubah fungsi tujuan dan batasan menjadi fungsi implisit.
3. Menyusun fungsi-fungsi persamaan ke dalam Tabel Simpleks.
4. Memilih kolom kunci
5. Memilih baris kunci dan menentukan angka kunci
6. Merubah nilai-nilai baris
7. Merubah nilai selain pada baris kunci
8. Melanjutkan perbaikan-perbaikan.

Contoh soal 2.2 :

PT. “XYZ “ memproduksi 3 macam produk yakni; (1) Kayu gelondongan, (2) Meubel, dan (3) Tripleks. Untuk berproduksi digunakan 3 buah mesin yaitu; (a) mesin 1 (pemotong), (b) mesin 2 (pengawetan), dan (c) mesin 2 (multipleks). Untuk membuat masing-masing produk, akan mengalami pemrosesan pada mesin-mesin sebagai berikut:

Tabel 2.3. Formulasi Masalah Simpleks

Mesin	Produk			Kapasitas
	Gelondong	Meubel	Tripleks	
1	2	4	6	12
2	6	7	4	32
3	0	0	8	16
Profit	6	8	7	

Kepada saudara diminta untuk menyelesaikan kombinasi produk secara optimal ?

Jawab 2.2 :

1. Formulasi masalah dalam bentuk fungsi-fungsi linear:

Fungsi Tujuan = $Z = 6x_1 + 8x_2 + 7x_3$

Fungsi Batasan =

1). $2x_1 + 4x_2 + 6x_3 \leq 12$

2). $6x_1 + 7x_2 + 4x_3 \leq 32$

3). $8x_3 \leq 16$

2. Merubah fungsi tujuan dan fungsi batasan menjadi fungsi implisit

$$Z = 6x_1 + 8x_2 + 7x_3 \rightarrow Z - 6x_1 - 8x_2 - 7x_3 = 0$$

Karena fungsi implisit merupakan fungsi persamaan, maka fungsi-fungsi batasan juga perlu dirubah dari fungsi pertidaksamaan menjadi fungsi persamaan dengan cara menambah “*Slack Variable*” (variabel yang mewakili tingkat kapasitas yang menganggur) : x_{n+1}

Karena ada 3 variabel, maka variabel slacknya :

$x_4, x_5,$ dan x_6 .

$$1). 2x_1 + 4x_2 + 6x_3 + x_4 = 12$$

$$2). 6x_1 + 7x_2 + 4x_3 + x_5 = 32$$

$$3). \quad \quad \quad 8x_3 + x_6 = 16$$

3. Menyusun fungsi-fungsi persamaan dalam Tabel Simpleks. Bentuk umum Tabel Simpleks adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4. Bentuk Umum Tabel Simpleks

Variabel Dasar (VD)	Z	X1	X2	Xn	Xn + 1	Xn + 2	Xn + 3	Nilai Kanan
Z	1	-C1	-C2	-Cn	0	0	0	0
Xn + 1	0	a11	a12	a1n	0	0	0	b1
Xn + 2	0	a21	a22	a2n	0	0	0	b2
Xm + 3	0	am1	am2	amn	0	0	0	bm

Keterangan : Nilai kanan : nilai setelah tanda =

Variabel dasar : variabel yang nilainya = sisi kiri dari persamaan.

Penyusunan fungsi persamaan ke dalam tabel fungsi persamaan simpleks berkaitan dengan contoh soal 2.2 ditampilkan dalam Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5. Fungsi Persamaan Simpleks

Variabel Dasar (VD)	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Nilai Kanan
Z	1	-6	-8	-7	0	0	0	0
X4	0	2	4	6	0	0	0	12
X5	0	6	7	4	0	0	0	32
X6	0	0	0	8	0	0	0	16

4. Memilih Kolom Kunci

Kolom Kunci adalah kolom yang merupakan dasar untuk merubah Tabel Simpleks. Dasar untuk menentukan Kolom Kunci adalah kolom yang memiliki nilai pada fungsi tujuan angka negatif terbesar. Dalam hal contoh soal, Kolom Kuncinya adalah X2, dengan angka negatif terbesar yaitu -8, kemudian berilah tanda Kolom Kunci tersebut. Adapun Kolom Kunci tersebut dipaparkan pada Tabel 2.6. sebagai berikut:

Tabel 2.6. Kolom Kunci

Variabel Dasar (VD)	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Nilai Kanan
Z	1	-6	-8	-7	0	0	0	0
X4	0	2	4	6	0	0	0	12
X5	0	6	7	4	0	0	0	32
X6	0	0	0	8	0	0	0	16

5. Memilih Baris Kunci dan Angka Kunci

Baris Kunci adalah baris yang merupakan dasar untuk merubah tabel simpleks. Untuk mencari Baris Kunci , terlebih dahulu mencari Indeks tiap-tiap baris dengan cara membagi nilai-nilai pada kolom Nilai Kanan (NK) dengan nilai sebaris pada Kolom Kunci :

Furmula:

$$\text{Indeks} = \frac{\text{Nilai Kolom NK}}{\text{Nilai Kolom Kunci}}$$

Penyelesaian pada contoh soal 2.2 :

1. Indeks Baris Z = $-8/0$ (, atau tak terhingga)
2. Indeks Baris X4 = $12/4 = 3$
3. Indeks Baris X5 = $32/7 = 4^{4/7}$
4. Indeks Baris X6 = $16/0$ (, atau tak terhingga)

Kemudian memilih Baris Kunci yang memiliki angka positif terkecil. Untuk penyelesaian contoh soal dikemukakan pada Tabel 2.7 berikut:

Angka Kunci = 4

Tabel 2.7. Baris Kunci dan Angka Kunci

Variabel Dasar (VD)	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Nilai Kanan
Z	1	-6	-8	-7	0	0	0	$0/-8 =$
X4	0	2	4	6	0	0	0	$12/4 = 3$ minimum
X5	0	6	7	4	0	0	0	$32/7 = 4^{4/7}$
X6	0	0	0	8	0	0	0	$16/0 =$

6. Merubah Nilai-Nilai Baris

Merubah nilai-nilai baris dengan cara membagi nilai-nilai yang ada dalam baris dengan Angka Kunci. Berkaitan dengan contoh soal, Angka Kuncinya = 4:

$$\begin{array}{ccccccc}
 X1 & X2 & X3 & X4 & X5 & X6 & NK \\
 2/4 & 4/4 & 6/4 & 1/4 & 0/4 & 0/4 & 12/4
 \end{array}$$

Hasil perubahan adalah sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccccccc}
 X1 & X2 & X3 & X4 & X5 & X6 & NK \\
 1/2 & 1 & 11/2 & 1/4 & 0 & 0 & 3
 \end{array}$$

Kemudian ganti variabel dasar pada baris tersebut dengan variabel yang terdapat pada bagian atas Kolom Kunci dalam contoh soal adalah X2. Angka-angka perubahan nilai-nilai tersebut ditampilkan pada Tabel 2.8. sebagai berikut:

Tabel 2.8. Perubahan Nilai Baris

Variabel Dasar (VD)	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Nilai Kanan
Z	1	-6	-8	-7	0	0	0	$0/-8 =$
X4	0	2	4	6	0	0	0	$12/4 = 3$ minimum
X5	0	6	7	4	0	0	0	$32/7 = 4^{4/7}$
X6	0	0	0	8	0	0	0	$16/0 =$
Z	1							
X2	0	1/2	1	1 ^{1/2}	1/4	0	0	3
X5	0							
X6	0							

7. Merubah Nilai-Nilai Selain Pada Baris Kunci

Cara merubah nilai-nilai selain pada Baris Kunci adalah dengan cara sebagai berikut:

Baris Baru =
 Baris Lama – (Koefisien Kolom Kunci x Nilai Baru Baris Kunci)

Nilai baru pada contoh soal:

$$\begin{aligned}
 Z &= (-6 \quad -8 \quad -7 \quad 0 \quad 0 \quad 0 : 0) \\
 &= -8 (1/2 \quad 1 \quad 1^{1/2} \quad 1/4 \quad 0 \quad 0 : 32) (-) \\
 &\quad -2 \quad 0 \quad 5 \quad 2 \quad 0 \quad 0 : 28
 \end{aligned}$$

Baris 3 :

$$\begin{aligned}
 &= (6 \quad 7 \quad 4 \quad 0 \quad 1 \quad 0 : 32) \\
 &= 7(1/2 \quad 1 \quad 1^{1/2} \quad 1/4 \quad 0 \quad 0 : 3)(-) \\
 &\quad 21/2 \quad 0 \quad -6^{1/2} \quad -1^{3/4} \quad 1 \quad 0 : 11
 \end{aligned}$$

Sedangkan nilai baru pada Baris 4, nilai Kolom Kuncinya = 0, sehingga hasilnya tetap sama.

Hasil-hasil perubahan dikemukakan pada Tabel 2.9 berikut:

Kemudian perbaikan-perbaikan nilai baris-baris lainnya sebagai berikut:

1. $(-2 \quad 0 \quad 5 \quad 2 \quad 0 \quad 0 \quad ; \quad 24)$
 $(-2) \left(\begin{array}{cccccc|c} 1 & 0 & -2^{3/5} & -7/10 & 2/5 & 0 & ; & 4^{4/5} \end{array} \right) (-)$
 $\quad \quad \quad 0 \quad 0 \quad 1/5 \quad 3/5 \quad 4/5 \quad 0 \quad ; \quad 32^{4/5}$
2. $(1/2 \quad 1 \quad 11/2 \quad 1/4 \quad 0 \quad 0 \quad ; \quad 3)$
 $(1/2) \left(\begin{array}{cccccc|c} 1 & 0 & -2^{3/5} & -7/10 & 2/5 & 0 & ; & 4^{4/5} \end{array} \right) (-)$
 $\quad \quad \quad 1 \quad 1 \quad 1/5 \quad 3/10 \quad -1/5 \quad 0 \quad ; \quad 4/5$

Tabel 2.11. Perbaikan 3

Variabel Dasar (VD)	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Nilai Kanan
Z	1	0	0	1/5	3/5	4/5	0	$32^{4/5}$
X2	0	1	1	1/5	1/10	-1/5	0	4/5
X1	0	1	0	$-2^{3/5}$	-7/10	2/5	0	$4^{2/5}$
X6	0	0	0	8	0	0	1	$16/8 = 2$ minimum
Z	1							
X2	0							
X1	0							
X3	0	0	0	1	0	0	1/8	2

Angka-angka baris terbawah X3, diperoleh dari hasil bagi antara nilai-nilai baris dengan Angka kunci yang perhitungannya sebagai berikut: =

$$0/8 = 0, \quad 0/8 = 0, \quad 8/8 = 1, \quad 0/8 = 0, \quad 1/8 = 1/8; \quad 16/8 = 2$$

Kemudian mencari nilai baru baris lainnya :

1. $(0 \quad 0 \quad 1/5 \quad 3/5 \quad 4/5 \quad 0 \quad ; \quad 32^{4/5})$
 $(1/5) \left(\begin{array}{cccccc|c} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1/8 & ; & 2 \end{array} \right) (-)$
 $\quad \quad \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 3/5 \quad 4/5 \quad -13/40; \quad 32^{2/5}$
2. $(1 \quad 1 \quad 1/5 \quad 1/10 \quad -1/5 \quad 0 \quad ; \quad 4/5)$
 $(1/5) \left(\begin{array}{cccccc|c} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1/8 & ; & 2 \end{array} \right) (-)$
 $\quad \quad \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1/10 \quad -1/5 \quad -13/40; \quad 2/5$
3. $(1 \quad 0 \quad -2^{3/5} \quad -7/10 \quad 2/5 \quad 0 \quad ; \quad 4^{2/5})$

$$\frac{(1/5) \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1/8 & ; & 2 \end{pmatrix} (-)}{1 \quad 0 \quad 0 \quad -7/10 \quad 2/5 \quad 2^{3/5} \quad ; \quad 9^{3/5}}$$

Tabel 2.12. Perbaikan 4

Variabel Dasar (VD)	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Nilai Kanan
Z	1	0	0	0	3/5	4/5	13/40	32 ^{2/5}
X2	0	1	1	0	1/10	-1/5	-13/40	2/5
X1	0	1	0	0	-7/10	2/5	2 ^{3/5}	9 ^{3/5}
X3	0	0	0	1	0	0	1/8	2

Karena nilai-nilai pada Variabel Dasar, yaitu Z, X1, X2, dan X3 sudah bertanda positif semua maka kombinasi produk sudah optimal dengan Total Profit sebesar Rp 32^{2/5} x Rp 1.000 = Rp 32.200,- dengan kombinasi produk masing-masing:

X1 (Gelondongan) sebesar 9^{3/5} unit

X2 (Meubel) sebesar 2/5 unit

X3 (Tripleks) sebesar 2 unit

2.5. Penyimpangan Dalam Bentuk Standar

Dalam penyelesaian LP tidak selamanya dijumpai formulasi dalam bentuk standar, sehingga pada saat ditemui kasus permasalahan yang menyimpang dari bentuk standar, maka cara pemecahan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Batasan bertanda = (sama dengan)
2. Fungsi Batasan bertanda > (lebih besar sama dengan)
3. Bagian Kanan Persamaan bertanda - (negatif)

2.5.1. Fungsi Batasan Bertanda =

Jika fungsi batasan bertanda =, atau fungsi tersebut adalah fungsi persamaan, maka cara memecahkan masalahnya adalah dengan cara penambahan “*artificial variable*” (variabel buatan), misalnya pada contoh perhitungan di bawah ini:

Fungsi batasan 1 : $2x_1 + 4x_2 + 6x_3 \leq 12$, dirubah menjadi : $2x_1 + 4x_2 + 6x_3 = 12$, maka formulasi masalah menjadi :

A. Fungsi-Fungsi Implisit:

$$Z - 6x_1 + 8x_2 + 7x_3 = 0$$

$$1). \quad 2x_1 + 4x_2 + 6x_3 = 12$$

$$2). \quad 6x_1 + 2x_2 + 4x_3 + x_4 = 32$$

$$3). \quad \quad \quad 8x_3 + x_5 = 16$$

Jika fungsi permasalahan ini akan dipecahkan dengan menggunakan metode simpleks, maka fungsi batasan 1 harus ditambahkan lagi 1 variabel buatan sebagai variabel dasar = x_6

$$1). \quad 2x_1 + 4x_2 + 6x_3 + x_6 = 12$$

Kemudian Fungsi Tujuan disesuaikan pula dengan cara menambahkan bilangan M, sehingga Fungsi Tujuan baru menjadi: $Z - 6X_1 + 8X_2 + 7X_3 + MX_6 = 0$. Disebabkan variabel dasar harus nol pada tabel permulaan, maka M harus dikurangi dan dikalikan dengan baris Variabel Dasar (Fungsi Batasan 1) :

$$2X_1 + 4x_2 + 6X_3 + X_6 = 12$$

$$\begin{array}{cccccc} (-6 & -8 & -7 & 0 & 0 & M; 0) \\ (-M) \left(\begin{array}{cccccc} 2 & 4 & 6 & 0 & 0 & 1; 12 \end{array} \right) (-) \\ \hline (-2M+6) & (-4M+8) & (-6M+7) & 0 & 0 & 0; 0 \end{array}$$

Tabel 2.13. Penyimpangan Tanda =

VD	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	NK
Z	1	-2M+6	-4M+8	-6M+7	0	0	0	12
X4	0	2	4	6	0	0	1	12/6 = 2 minimum
X5	0	6	2	4	0	1	0	3 ^{2/4} = 8
X6	0	0	0	8	0	1	0	16/8 = 2

Merubah Nilai-nilai baris

$$2/6 = 1/3, \quad 4/6 = 2/3, \quad 6/6 = 1, \quad 0/6 = 0, \quad 0/6 = 0, \quad 12/6 = 2$$

Merubah Nilai selain pada Baris Kunci

$$\begin{array}{cccccc} (2M+6) & (-4M+8) & (-6M+7) & 0 & 0 & 0 ; 12M) \\ (-6M+7) \left(\begin{array}{cccccc} 1/3 & 2/3 & 1 & 0 & 0 & 1/6 ; 2 \end{array} \right) (-) \\ \hline 3^{2/3} & 3^{1/3} & 0 & 0 & 0 & M+7/6 ; 14 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{X5.} \quad (6 \quad 2 \quad 4 \quad 1 \quad 0 \quad 0 ; 32) \\
 \underline{(4)(1/3 \quad 2/3 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1/6 ; 2) (-)} \\
 \quad 1^{4/3} \quad -2/3 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad -2/3 ; 24 \\
 \text{X6.} \quad (0 \quad 0 \quad 8 \quad 0 \quad 1 \quad 0 ; 16) \\
 \underline{(4)(1/3 \quad 2/3 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1/6 ; 2) (-)} \\
 \quad -8/3 \quad -16/3 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad -4/3 ; 0
 \end{array}$$

Kemudian hasil-hasil perubahan tersebut dimasukkan ke dalam tabel simpleks sebagai berikut:

Tabel 2.14. Simpleks Tabel Optimal 1

VD	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	NK
Z	1	$3^{2/3}$	$3^{1/3}$	0	0	0	$M+1^{1/6}$	12
X3	0	$1/3$	$2/3$	1	0	0	$1/6$	2
X5	0	$4^{2/3}$	$-2/3$	0	1	0	$-2/3$	24
X6	0	$-2^{2/3}$	$-5^{1/3}$	8	0	1	$-1^{1/3}$	0

Dari Tabel 2.14. tampak bahwa baris Fungsi Tujuan memiliki nilai yang semuanya sudah positif, dengan demikian kombinasi produknya sudah optimal dengan total profit sebesar $14 \times \text{Rp } 1.000 = \text{Rp } 14.000,-$ dengan memproduksi X3 saja sebanyak 2 unit. Adapun Tabel Rekapitulasi hasil perubahan adalah sebagai berikut:

Tabel 2.15. Simplek Tabel Optimal 2

VD	Z	X1	X2	X3	X4	X5	X6	NK
Z	1	$-2M+6$	$-4M+8$	$-6M+7$	0	0	0	$-12M$
X3	0	2	4	6	0	0	1	12
X5	0	6	2	4	1	0	0	32
X6	0	0	0	8	0	1	0	16
Z	1	$3^{2/3}$	$3^{1/3}$	0	0	0	0	14
X3	0	$1/3$	$2/3$	1	0	0	0	2
X5	0	$4^{2/3}$	$-2/3$	0	1	0	0	24
X6	0	$-2^{2/3}$	$-5^{1/3}$	0	0	1	1	0

2.6. Masalah Penugasan

Ada 3 macam permasalahan dalam permasalahan penugasan (*Assignment Problem*) yaitu:

1. Masalah Minimisasi
2. Jumlah Tugas Tidak Sama Dengan Jumlah Karyawan
3. Masalah Maksimisasi

2.6.1. Masalah Minimisasi

Masalah minimisasi dalam pembahasan masalah penugasan adalah masalah yang berhubungan dengan optimalisasi berbagai kemampuan (skill) dari personalia untuk berbagai macam tugas yang akan dikerjakan dalam operasi perusahaan. Berbagai macam skill di sini berkaitan dengan kontraprestasi (imbalan jasa, berupa upah atau gaji) yang akan dibayarkan kepada karyawan. Sedangkan berbagai macam tugas adalah tugas-tugas yang telah dilimpahkan kepada karyawan sesuai dengan skill yang dimilikinya.

Salah satu teknik pemecahan masalah penugasan, adalah metode Hungarian yang dikembangkan oleh D. Konig 1916. Penerapan metode Hungarian ini memiliki asumsi antara lain:

1. Sumber-sumber (skill) dari karyawan harus = tugas yang akan dikerjakan

Masalah penugasan ini dapat digambarkan sebagai berikut:

n sumber yang akan melaksanakan tugas n' (n factorial : perpasangan satu) yang jika diformulasikan ke dalam matriks, maka akan tampak sumber-sumber berada pada posisi baris, sedangkan tugas-tugas (tujuan) berada pada posisi kolom.

Formula Umum:

Fungsi Tujuan:

$$\text{Minimumkan } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Fungsi Batasan :

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = \sum_{i=1}^m X_{ij} = 1, \dots, X_{ij} \geq 0$$

Contoh soal 2.3 :

Perusahaan sepatu JK *Collection* Cibaduyut Bandung memiliki 3 orang karyawan ; Andy, Teddy dan Danu, masing-masing memiliki skill yang berbeda. Ketiga karyawan tersebut akan menyelesaikan tugas-tugas antar lain; (1) membuat pola, (2) membuat sol, dan (3) merakit pola dan sol. Sedangkan upah bagi karyawan masing-masing sebagaimana Tabel 2.16. sebagai berikut:

Tabel 2.16. Upah Karyawan

Tugas Karyawan	Pekerjaan		
	Pola	Sol	Rakit
Andy	Rp 9	Rp 6	Rp 4
Teddy	Rp 7	Rp 8	Rp 3
Danu	Rp 8	Rp 7	Rp 5

Jawaban soal 2.3 :

- Langkah-langkah dalam memecahkan problem penugasan sebagai berikut: Merubah matriks dengan cara memilih biaya yang paling minim disetiap baris, untuk mengurangi seluruh bilangan yang ada pada baris tersebut (*reduced-cost matrix*)

Tabel 2.17. Nilai Minimal

Tugas / Karyawan	Pola	Sol	Rakit	Biaya Minimum
Andy	9	6	4	4
Teddy	7	8	3	3
Danu	5	7	8	5

Kemudian nilai minimal disetiap baris tersebut digunakan untuk mengurangi nilai-nilai Baris *Reduced Cost Matrix* sebagai berikut:

Tabel 2.18. Reduced Cost Matrix

Tugas/ Karyawan	Pola	Sol	Rakit
Andy	$9 - 4 = 5$	$6 - 4 = 2$	$4 - 4 = 0$
Teddy	$7 - 3 = 4$	$8 - 3 = 5$	$3 - 3 = 0$
Danu	$5 - 5 = 0$	$7 - 5 = 2$	$8 - 5 = 3$

- Memilih biaya yang paling minim pada Tabel *Reduced-Cost Matrix* untuk mengurangi seluruh angka yang ada pada kolom (*total opportunity cost*). Hal ini dilakukan jika kolom dalam *reduced cost matrix* tidak ada.

Memilih biaya yang paling minimal dalam tabel *Reduced Cost Matrix*, dalam hal ini nilai yang paling minimum adalah angka 2 (kolom sol dan karyawan Andy dan Danu), kemudian diperkurangkan dengan seluruh nilai-nilai yang ada dalam tabel *Reduced Cost Matrix*. Hasil pengurangan dikemukakan pada tabel *Total Opportunity Cost* sebagai berikut:

Tabel 2.19. *Reduced Cost Matrix 2*

Tugas /Karyawan	Pola	Sol	Rakit
Andy	$5 - 2 = 3$	$2 - 2 = 0$	$0 - 2 = 0$
Teddy	$4 - 2 = 2$	$5 - 2 = 3$	$0 - 2 = 0$
Danu	$0 - 2 = 0$	$2 - 2 = 0$	$3 - 2 = 1$

- Mencari jadwal penugasan pada *Total Opportunity Cost* Nol. Prosedur untuk tes optimal adalah dengan cara menarik garis horizontal dan vertikal untuk semua nilai nol. Jika jumlah garis = baris (kolom penugasan, maka masalah penugasannya sudah optimal. Akan tetapi jika masih berbeda, maka perlu dilakukan revisi (*independent zeros*).

Karena garis vertikal dan horizontal sudah sama jumlahnya dengan baris dan kolom penugasan, maka langkah revisi total tidak perlu dilakukan, dan hasil penyelesaian masalah penugasan ditampilkan pada tabel 2.20 sebagai berikut:

Tabel 2.20. Jadwal Tugas dan Upah Karyawan

Nama	Tugas	Upah
Andy	Membuat Sol	Rp 4
Teddy	Merakit	Rp 3
Danu	Membuat pola	Rp 5

- Revisi *Total Opportunity Cost Matrix* dengan cara memilih biaya paling minimum yang belum terliput garis, baik vertikal maupun horizontal untuk mengurangi seluruh elemen yang belum terliput (kembali ke *Reduced-Cost Matrix*)

2.6.2. Tugas < Karyawan

Jika dalam masalah penugasan terdapat tugas < karyawan, maka harus ditambahkan “*Dummy Job*” pada kolom seperti contoh pada Tabel 2.21., sebagai berikut:

Tabel 2.21. Tugas < Karyawan.

Karyawan	Tugas-Tugas			
	I	II	III	<i>Dummy Job</i>
A	9	1	4	0
B	1	8	5	0
C	3	4	2	0
D	4	3	6	0

Kemudian dapat diselesaikan sesuai dengan langkah pada penyelesaian contoh soal.

2.6.3. Masalah Maksimisasi

Dalam pembahasan masalah maksimisasi dengan menggunakan metode Hungarian, maka Fungsi Tujuan disebut dengan Indeks Produktivitas yang dapat diukur melalui efektivitas pelaksanaan tugas oleh karyawan secara individual.

Langkah-langkah untuk menyelesaikan permasalahan maksimisasi adalah sebagai berikut:

1. Merubah matriks profit menjadi *Matrix Opportunity Cost* dengan cara mencari Profit Maximum, kemudian mengurangkan dengan elemen angka yang sebaris
2. Menarik garis vertikal atau horizontal untuk menghubungkan angka-angka nol.
3. Test Optimal, jika belum optimal, maka ulangi poin 1.

Contoh soal 2.4 :

Total Profit perusahaan yang dapat diraih jika mempekerjakan karyawan sebagai berikut:

Tabel 2.22. Matriks Profit

Karyawan	Tugas-Tugas					Profit Maksimum
	I	II	III	IV	V	
A	20	15	17	22	18	22
B	15	17	23	25	20	25
C	24	15	22	17	20	24
D	20	25	15	18	14	25
E	16	22	20	24	26	26

Jawaban soal 2.4 :

- a. Merubah matrik profit menjadi matrik *Opportunity loss* dengan mengurangkan nilai elemen sebaris dengan profit maksimum berikut:

Tabel 2.23. Matriks *Opportunity Loss*

Karyawan	TugasTugas					Profit Maksimum
	I	II	III	IV	V	
A	$22-20=2$	$22-15=7$	$22-17=5$	$22-22=0$	$22-18=4$	22
B	$25-15=10$	$25-17=8$	$25-23=2$	$25-25=0$	$25-20=5$	25
C	$24-24=0$	$24-15=9$	$24-22=2$	$24-17=7$	$24-20=4$	24
D	$24-20=4$	$25-25=0$	$25-15=10$	$25-18=7$	$25-14=11$	25
E	$26-6=10$	$26-22=4$	$26-20=6$	$26-24=2$	$26-26=0$	26

- b. Menarik garis vertikal atau horizontal untuk menghubungkan seluruh angka nol seperti dikemukakan pada Tabel 2.24., sebagai berikut:

Tabel 2.24. Matriks Vertikal dan Horizontal

Karyawan	Tugas-Tugas					Profit Maksimum
	I	II	III	IV	V	
A	2	7	5	0	4	22
B	10	8	2	0	5	25
C	0	9	2	7	4	24
D	5	0	10	7	11	25
E	10	4	6	2	0	26

Karena garis yang meliputi angka nol hanya masing-masing satu, maka langkah berikutnya adalah mengurangi elemen angka pada kolom dengan nilai minimum yang belum terliput garis pada kolom atau baris, kemudian tambahkan elemen-elemen tersebut, sebagaimana dikemukakan pada Tabel 2.25. berikut:

Tabel 2.25. Matrik Biaya Minimum

Karyawan	Tugas-Tugas					Angka Minimum
	I	II	III	IV	V	
A	2	7	5	0	4	22
B	10	8	2	0	5	25
C	0	9	2	7	4	24
D	5	0	10	7	11	25
E	10	4	6	2	0	26

2.7. Aplikasi Program *Quantitative Management*

Linear Program dapat pula dipergunakan untuk menyelesaikan masalah penelitian bidang pemasaran dan area penelitian konsumen. Menurut *Management Sciences Associates (MSA)* adalah merupakan salah satu lembaga penelitian pemasaran dan komputer yang berpusat di Washington, D.C., sedang menangani survei konsumen. Salah satu kliennya adalah suatu perusahaan jasa yang secara periodik melakukan pooling kondidi isu-isu politik yang menarik bagi masyarakat luas. Pada satu survei untuk jasa penerbitan, MSA menentukan bahwa untuk mendapatkan kesimpulan dibutuhkan peralatan statistik yang valid, agar dapat menggambarkan isu-isu sensitif dari kantor imigrasi Amerika:

1. Mensurvei paling tidak 2.300 rumah tangga perusahaan di U.S.A.
2. Mensurvei paling tidak 1.000 rumah tangga perusahaan yang dipimpin oleh manajer yang berusia 30 tahun ke bawah.
3. Survei pada 600 rumah tangga perusahaan yang dipimpin oleh manajer antara 31 - 50 tahun.
4. Memaastikan paling tidak 15% responden yang tinggal disekitar Mexico
5. Memastikan tidak lebih dari 20% responden yang berusia 51 tahun yang tinggal di sekitar Mexico

MSA memutuskan bahwa semua survei harus dalam kondisi perorangan dan menaksir biaya dari jangkauan perorangan pada masing-masing kategori umur dan daerah sebagai berikut:

Tabel 2.26. Biaya Survey

	Biaya Survei Perorang		
	Usia 30 th	Usia 31-50 th	Usia 51 th
Menyatakan Sekitar Mexico	\$ 7,50	\$ 6,80	\$ 5,50
Menyatakan tidak di sekitar Mexico	\$ 6,90	\$ 7,25	\$ 6,10

X1: Jumlah responden yang berusia 30 tahun dan tinggal di sekitar perbatasan kota.

X2: Jumlah responden yang berusia 31-50 tahun dan tinggal di sekitar perbatasan kota.

X3: Jumlah responden yang berusia 51 tahun dan tinggal di sekitar perbatasan kota.

X4: Jumlah responden yang berusia 30 tahun tapi tinggal di luar kota

X5: Jumlah responden yang berusia 31-50 tahun dan tinggal di luar kota.

X6: Jumlah responden yang berusia 51 tahun dan tinggal di luar kota.

Fungsi Tujuan :

Minimumkan Total Biaya Interview =

$$7,50 X1 + 6,80 X2 + 5,50 X3 + 6,90 X4 + 7,25 X5 + 6,10X6$$

Fungsi batasan :

$$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 \leq 2.300 \text{ (total rumah tangga perusahaan)}$$

$$X1 + X4 \leq 1.000 \text{ (pimpinan perusahaan usia } \leq 30 \text{ th)}$$

$$X2 + X5 \leq 600 \text{ (pimpinan berusia 31 -50 th)}$$

$$X1 + X2 + X3 \leq 0,15 (X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6) \text{ (tinggal sekitar kota)}$$

$$X3 \leq 0,20 (X3 + X6) \text{ (pimpinan berusia } \geq 51 \text{ th dan tinggal sekitar kota)}$$

$$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 \geq 0.$$

Solusi masalah MSA dengan menggunakan komputer mengeluarkan biaya sebesar \$15,166 dan disajikan pada Tabel 2.28 berikut yang menggambarkan input dan *output* dari program QM untuk *Windows*. Catatan bahwa variabel pada fungsi batasan digerakkan ke sisi pertidaksamaan.

Tabel 2.27. Input dan Output QM

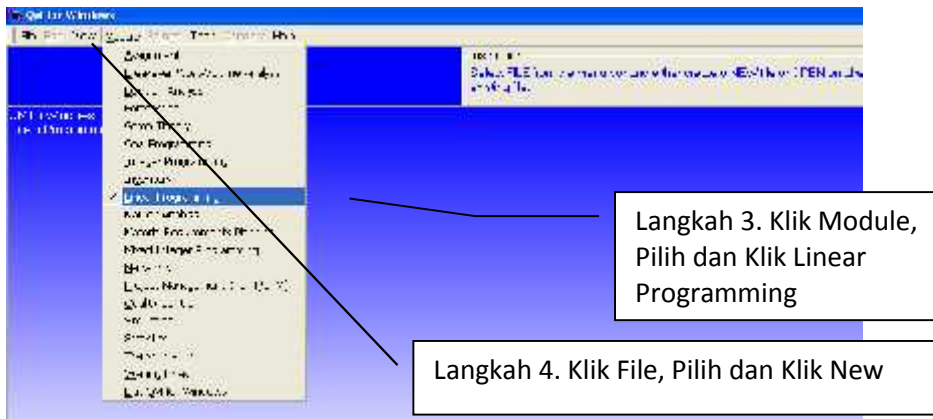
Daerah	Usia ≤ 30 tahun	Usia 31-50 tahun	Usia ≥ 51 tahun
Sekitar Mexico	0	600	140
Di luar Mexico	1.000	0	560

Langkah-langkah

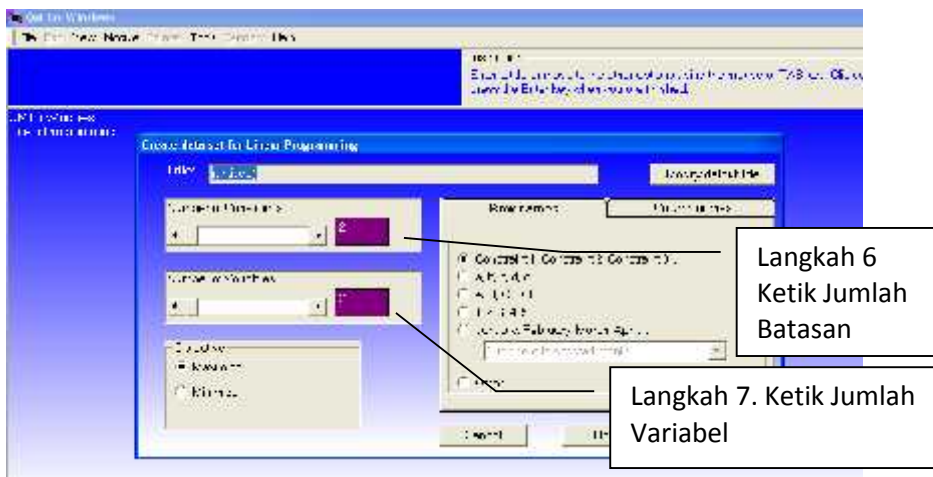
1. Jalankan program QM, akan muncul di monitor sebagai berikut:



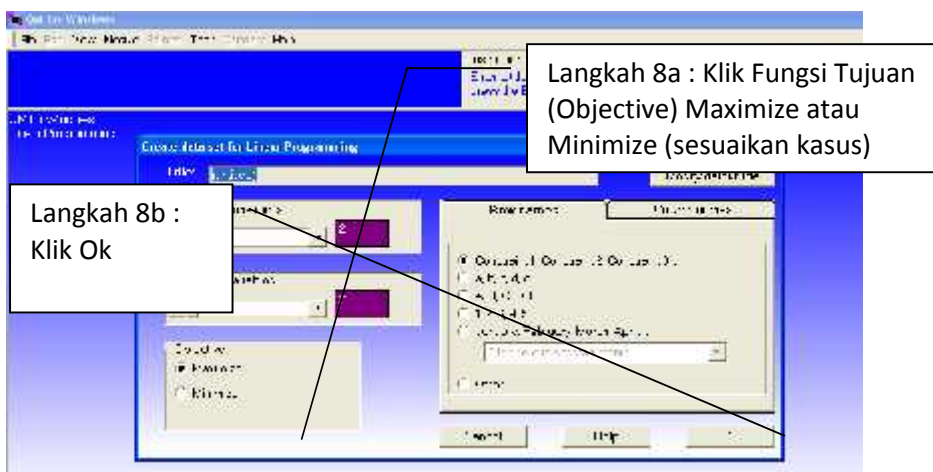
2. Klik Ok



3. Klik module dan pilih *Linear Programming*
4. Klik *File* (sudut kiri atas) dan pilih *New*
5. Muncul menu QM, kemudian ketik Judul pada *Title*



6. Ketik jumlah fungsi batasan pada *Number of Constraint* (dengan cara mengklik arah panah kanan hingga sesuai dengan jumlah batasan)
7. Ketik jumlah variabel pada *Number of Variables* (dengan cara seperti langkah 5)



Aplikasi Program QM untuk Contoh soal 2.1

Perusahaan sepatu “Ardiles” memproduksi 2 macam produk yaitu; sepatu (x1) dan sandal (x2). Untuk membuat produk tersebut perusahaan mempunyai 3 macam alat yakni, alat 1 digunakan untuk menjahit bagian atas sepatu, alat 2 digunakan untuk menjahit bagian atas sandal, dan alat 3 digunakan untuk membuat sol baik untuk sepatu maupun untuk sandal. Setiap membuat sepatu mula-mula alat sebagai berikut: alat 1 memproses sepatu selama 4 jam dan tanpa melalui alat 2, langsung diproses pada alat 3 selama 4 jam pula. Sedangkan untuk membuat sandal, perusahaan menggunakan alat 2 selama 5 jam dan pada alat 3 selama 3 jam. Jam kerja maksimum untuk alat 1 adalah 16 jam, alat 2 adalah 30 jam dan alat 3 selama 24 jam. Kontribusi keuntungan masing-masing untuk sepatu sebesar Rp 5.000,- dan Rp 4.000,- Dari data-data di atas, carilah kombinasi produk yang paling optimal ?.

Fungsi Tujuan : Maksimumkan $z = 5x_1 + 4x_2$

Fungsi Batasan :

1. Alat 1 = $4x_1$ 16
2. Alat 2 = $5x_2$ 30
3. Alat 3 = $4x_1 + 3x_2$. 24

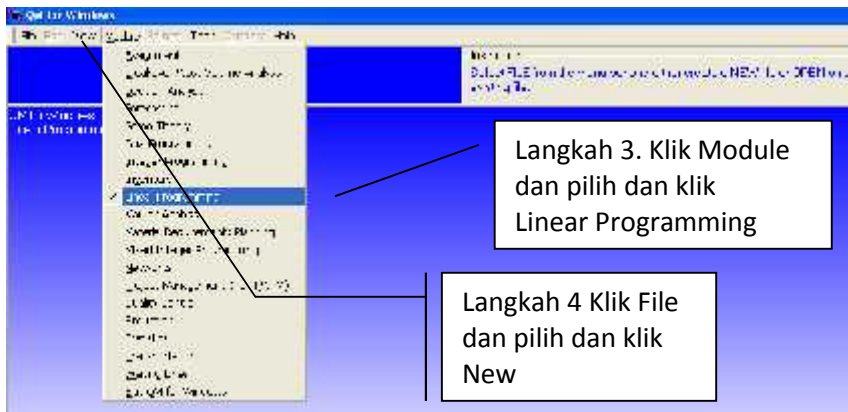
Jawaban 2.1 :

Langkah-langkah

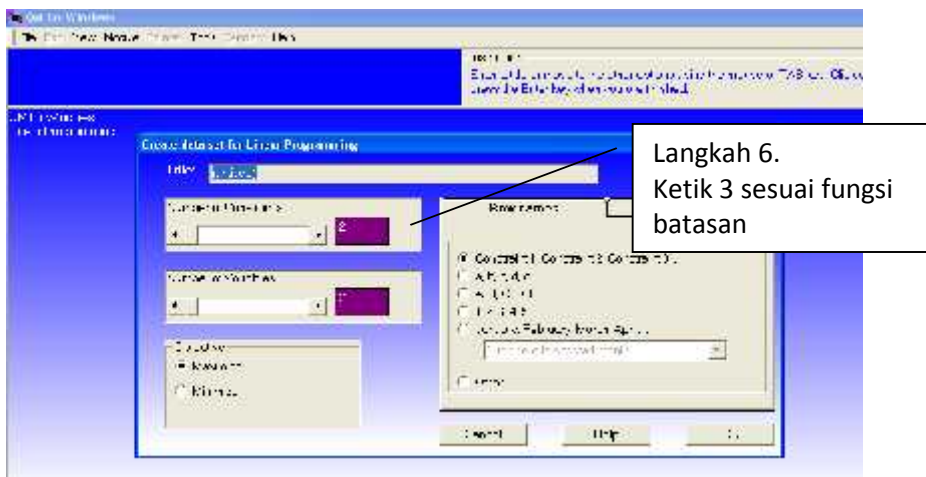
1. Jalankan program QM, akan muncul di monitor sebagai berikut:



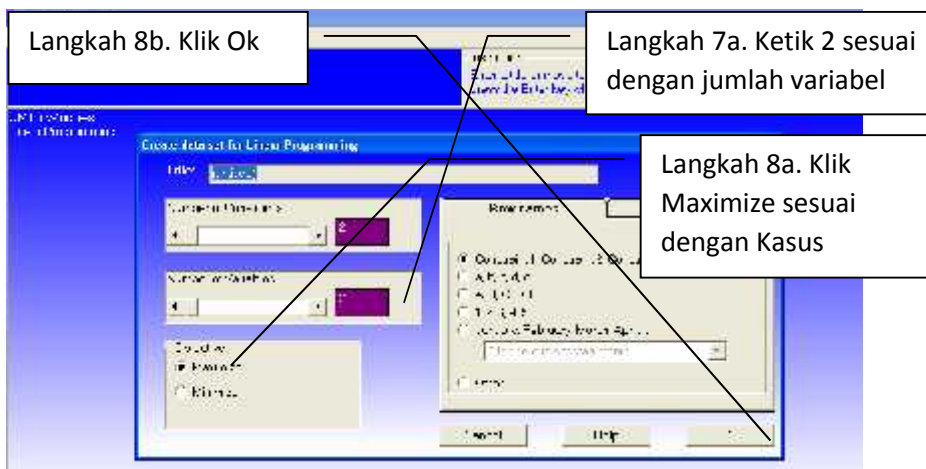
2. Klik Ok



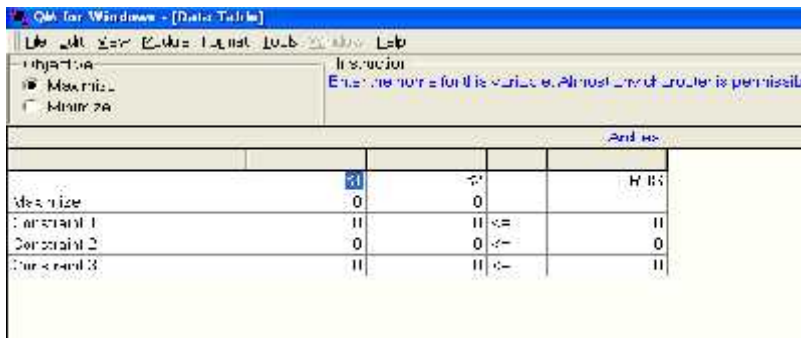
3. Klik modul dan pilih *Linear Programming*
4. Klik *File* (sudut kiri atas) dan pilih dan klik *New*
5. Muncul menu QM, kemudian ketik Judul pada *Title* (Ardiles)



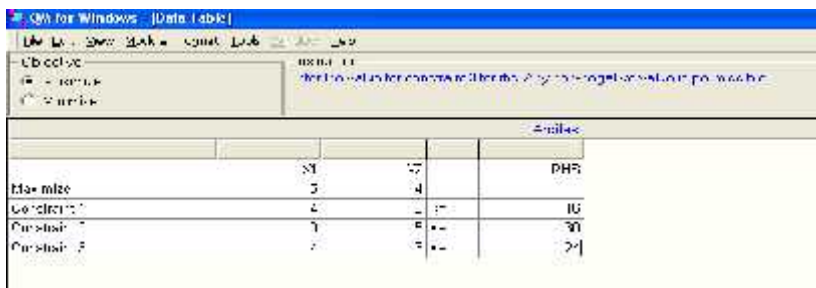
6. Ketik jumlah fungsi batasan pada *Number of Constraint* adalah sebanyak 3 (fungsi batasan) dengan cara mengklik arah panah kanan hingga sesuai dengan jumlah batasan)
7. Ketik jumlah variabel pada *Number of Variables* adalah sebanyak 2 (variable x_1 dan x_2) (dengan cara seperti langkah 5)



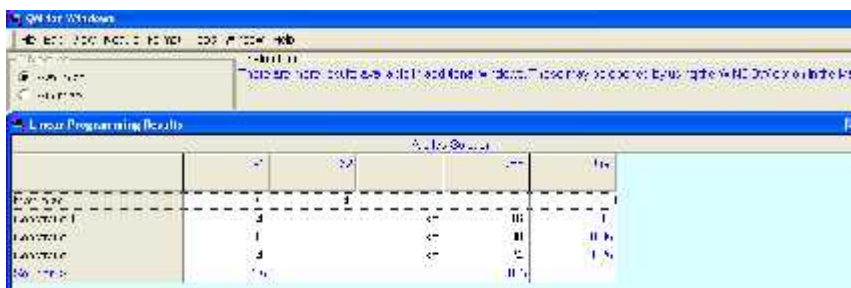
8. Pilih dan klik salah satu pada kotak *objective*, *Maximizes* (maksimumkan) sesuai dengan problem yang sedang diselesaikan. Berkaitan dengan Contoh Soal 2.1, kemudian klik Ok



Ketik angka-angka yang ada pada fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi batasan (*constraint function*) seperti berikut:



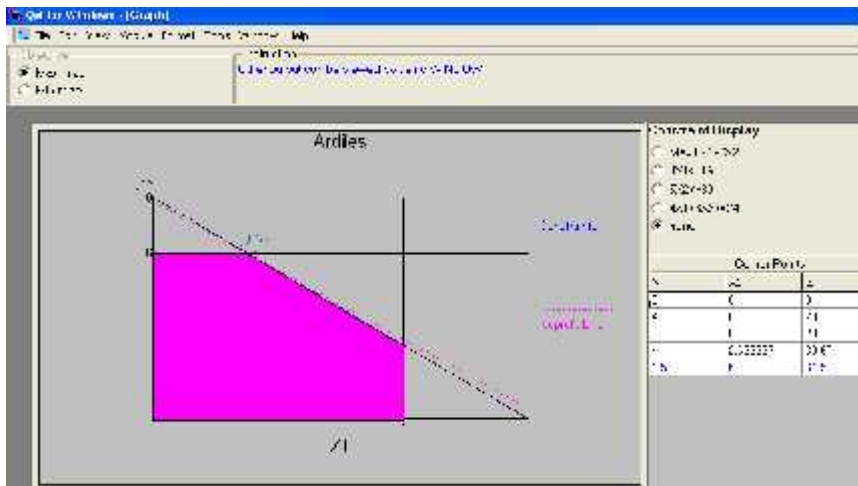
10. Klik *File* dan pilih *Solve (F9)* dan hasilnya akan nampak:



Cara membaca *print out* hasil solusi masalah sebagai berikut:

Perhatikan baris *Solution* menyarankan untuk memilih X1 sebanyak 1,5 unit dan X2 sebanyak 6 unit dan profit maksimum sebesar $31,5 \times \text{Rp } 1.000 = \text{Rp } 31,500,-$ (kolom RHS).

Grafik dari Contoh Soal 2.1 ini dapat dimunculkan dengan cara mengklik *Graph* dan klik *Maximize* pada baris bawah dan hasilnya seperti berikut:



Aplikasi Program QM Contoh soal 2.2

PT. “XYZ “ memproduksi 3 macam produk yakni; (1) Kayu gelondongan, (2) Meubel, dan (3) Tripleks. Untuk berproduksi digunakan 3 buah mesin yaitu; (a) mesin 1 (pemotong), (b) mesin 2 (pengawetan), dan (c) mesin 2 (multipleks). Untuk membuat masing-masing produk, akan mengalami pemrosesan pada mesin-mesin sebagai berikut:

Tabel 2.29. Formulasi Masalah Simpleks

Mesin	Produk			Kapasitas
	Gelondong	Meubel	Tripleks	
1	2	4	6	12
2	6	7	4	32
3	0	0	8	16
Profit	6	8	7	

Formulasi masalah dalam bentuk fungsi-fungsi linear:

$$\text{Fungsi Tujuan Maksimum} = Z = 6x_1 + 8x_2 + 7x_3$$

Fungsi Batasan =

$$1). 2x_1 + 4x_2 + 6x_3 \leq 12$$

$$2). 6x_1 + 7x_2 + 4x_3 \leq 32$$

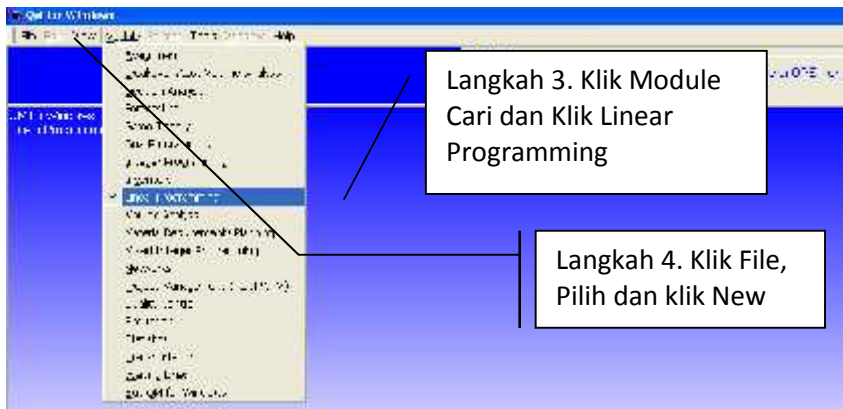
$$3). \quad \quad \quad 8x_3 \leq 16$$

Jawaban 2.2 :

1. Jalankan program QM, akan muncul di monitor sebagai berikut:



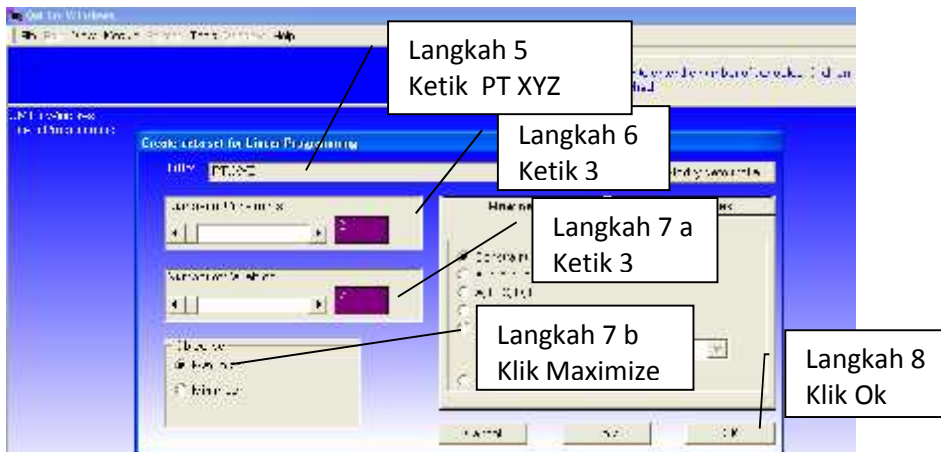
2. Klik Ok



3. Klik *Module* dan pilih *Linear Programming*

4. Klik *File* (sudut kiri atas) dan pilih dan klik *New*

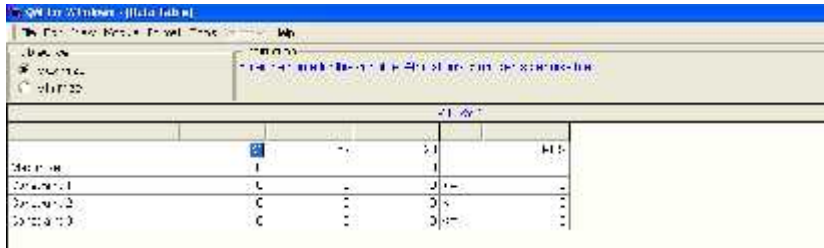
5. Muncul menu QM, kemudian ketik Judul pada *Title* (PT XYZ)



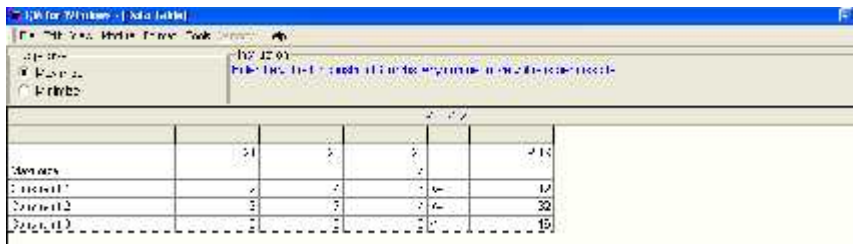
6. Ketik jumlah fungsi batasan pada *Number of Constraint* adalah sebanyak 3 (fungsi batasan) sesuai Contoh Soal 2.2

7. Ketik jumlah variabel pada *Number of Variables* adalah sebanyak 3 (variable x_1 , x_2 dan x_3), klik *Maximize* dan Ok

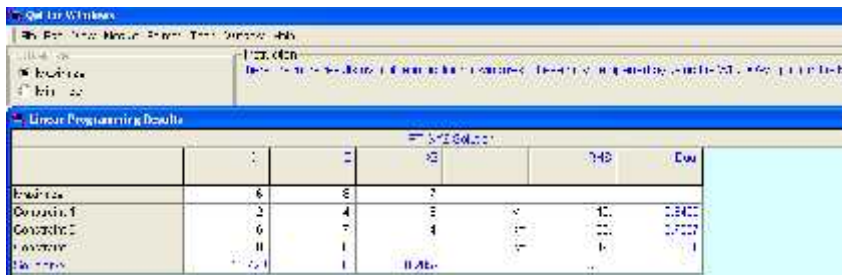
8. Akan muncul di lembar kerja sebagai berikut:



Ketik angka-angka yang ada pada fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi batasan (*constraint function*) seperti berikut:



9. Klik *File* dan pilih *Solve (F9)* dan hasilnya akan nampak:



Perhatikan baris *Solution* menyarankan untuk memilih X1 sebanyak 5,1429 unit dan X3 sebanyak 0,2857 unit dan profit maksimum sebesar 32,86 x Rp 1.000 = Rp 32,860,- (kolom RHS).

Aplikasi Program QM Contoh soal 2.3 (Masalah Penugasan)

Perusahaan sepatu JK *Collection* Cibaduyut Bandung memiliki 3 orang karyawan ; Andy, Teddy dan Danu, masing-masing memiliki *skill* yang berbeda. Ketiga karyawan tersebut akan menyelesaikan tugas-tugas antar lain; (1) membuat pola, (2) membuat sol, dan (3) merakit pola dan sol. Sedangkan upah bagi karyawan masing-masing sebagaimana Tabel 2.30. sebagai berikut:

Tabel 2.30. Upah Karyawan

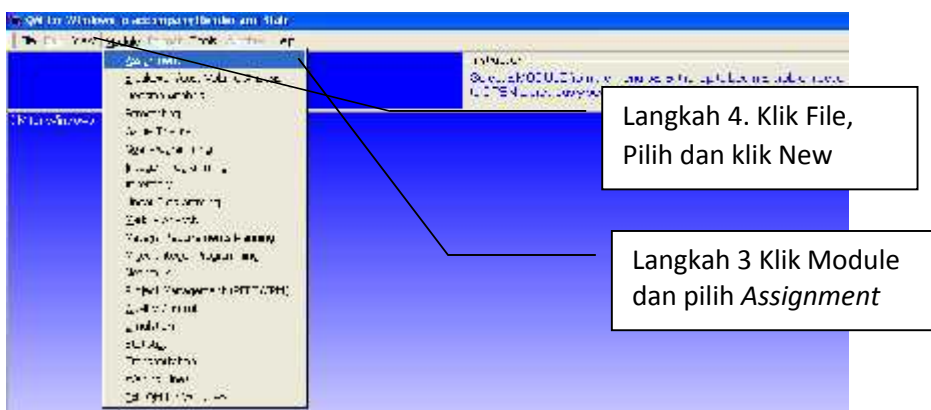
Tugas Karyawan	Pekerjaan (<i>Job</i>)		
	Pola	Sol	Rakit
Andy	Rp 9	Rp 6	Rp 4
Teddy	Rp 7	Rp 8	Rp 3
Danu	Rp 8	Rp 7	Rp 5

Jawaban 2.3 :

1. Jalankan program QM, akan muncul di monitor sebagai berikut:



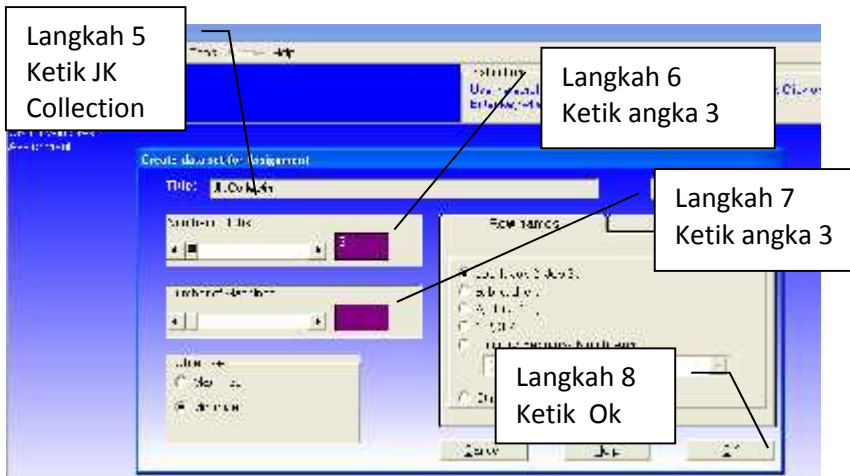
2. Klik Ok



3. Klik modul dan pilih *Assignment*

4. Klik *File* (sudut kiri atas) dan pilih klik *New*

5. Muncul menu QM, kemudian ketik Judul pada *Title* (*JK Collection*)



6. Ketik jumlah fungsi batasan pada *Number of Job* adalah sebanyak 3 (pola, sol dan rakit) dengan cara mengklik arah panah kanan hingga sesuai dengan jumlah batasan)
7. Ketik jumlah variabel pada *Number of Machines* adalah sebanyak 3 (Andy, Teddy dan Danu) (dengan cara seperti langkah 5)
8. Pilih dan klik salah satu pada kotak *objective, Minimizes* (minimumkan). Berkaitan dengan Contoh Soal 2.3, kemudian klik Ok

	Andy	Teddy	Danu
Target	1	1	1
Sp	0	0	0
Pa-r	0	0	0

Ketik angka-angka yang ada pada fungsi tujuan (*objective function*) dan fungsi batasan (*constraint function*) seperti berikut:

	Andy	Teddy	Danu
Target	7	5	8
Sp	0	7	9

9. Klik *File* dan pilih *Solve* (F9) dan hasilnya akan nampak:

Variable Name	Value of Variable	Cell Reference	Constraint
Andy	1	\$D\$10	<= \$D\$11
Teddy	1	\$E\$10	<= \$E\$11
Danu	1	\$F\$10	<= \$F\$11
Sp	0	\$G\$10	<= \$G\$11
Pa-r	0	\$H\$10	<= \$H\$11

Biaya Optimal sebesar \$ 17

Cara membaca *print out* hasil solusi masalah sebagai berikut:

Hasil print out di atas menyarankan untuk memilih Andy untuk mengerjakan Rakit, Teddy diserahkan untuk mengerjakan Pola dan Danu diberikan pekerjaan Sol, dengan biaya optimal sebesar Rp 17,-.

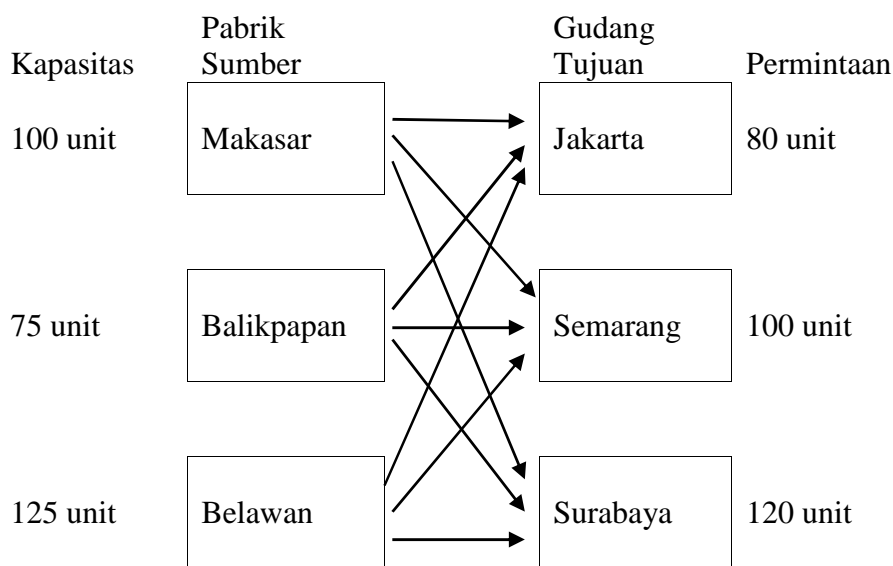
Bab 3

METODA TRANSPORTASI

3.1. Pengertian Metoda Transportasi

Metoda Transportasi adalah merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah transportasi atau pengiriman barang atau bahan dari beberapa sumber, ke beberapa tempat tujuan dengan prinsip biaya yang paling minimum. Masing-masing sumber mempunyai kapasitas pengiriman tertentu, sedangkan masing-masing tempat tujuan memiliki batasan-batasan permintaan (*demand*) tertentu pula.

Masalah transportasi dapat diilustrasikan seperti gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1. Masalah Transportasi

Berdasarkan ilustrasi gambar 3.1. di atas, nampak sebuah perusahaan memiliki 3 buah pabrik yang terletak di Makasar dengan kapasitas produksi sebanyak 100 unit, pabrik Balikpapan dengan kapasitas produksi sebanyak 75 unit dan pabrik yang ketiga yaitu terletak di Belawan dengan kapasitas produksi sebesar 125 unit. Pihak manajemen perusahaan menemukan masalah dalam mentransfer produk-produknya ke 3 agen yang terletak di Jakarta, Semarang dan Surabaya dengan permintaan masing-masing yaitu sebanyak 80 unit, 100 unit dan 120 unit.

Permasalahan di atas dapat diselesaikan dengan metoda transportasi dengan catatan bahwa biaya-biaya transportasi masing-masing dari pabrik (sumber) ke gudang (tujuan) dapat diketahui.

3.2. Formulasi (Rumus Umum) Metoda Transportasi

Formula, atau rumus umum untuk memecahkan masalah transportasi adalah sebagai berikut:

Fungsi Tujuan:

$$\text{Minimumkan : } C = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m C_{ij} X_{ij}$$

Fungsi Batasan :

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad a_i \geq 0)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n; \quad b_j \geq 0)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad X_{ij} \geq 0$$

Keterangan Notasi :

C: Biaya Transportasi Total

C_{ij} : Biaya Transportasi perunit barang dari sumber i ke tujuan j.

X_{ij} : Jumlah barang yang akan dikirim dari sumber i ke tujuan j

a_i : jumlah barang yang tersedia di sumber i

b_j : jumlah barang yang dibutuhkan di tujuan j

n: jumlah tempat tujuan j

m: jumlah tempat sumber i

Tabel 3.1. Formula Tabel Transportasi

Ke Dari	Tujuan			Kapasitas
	j1	j2	jn	
i1	C_{i1j1} X_{i1j1}	C_{i1j2} X_{i1j2}	C_{i1jn} X_{i1jn}	a_{i1}
i2	C_{i2j1} X_{i2j1}	C_{i2j2} X_{i2j2}	C_{i2jn} X_{i2jn}	a_{i2}
im	C_{imj1} X_{imj1}	C_{imj2} X_{imj2}	C_{imjn} X_{imjn}	a_{im}
Demand	b_{j1}	b_{j2}	b_{jn}	

Berdasarkan informasi dari Tabel 3.1, dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

Fungsi Tujuan:

Minimumkan

$$Z = C_{i1j1} X_{i1j1} + C_{i1j2} X_{i1j2} + C_{i1jn} X_{i1jn} + C_{i2j1} X_{i2j1} + C_{i2j2} X_{i2j2} + C_{i2jn} X_{i2jn} + C_{imj1} X_{imj1} + C_{imj2} X_{imj2} + C_{imjn} X_{imjn}$$

Fungsi Batasan:

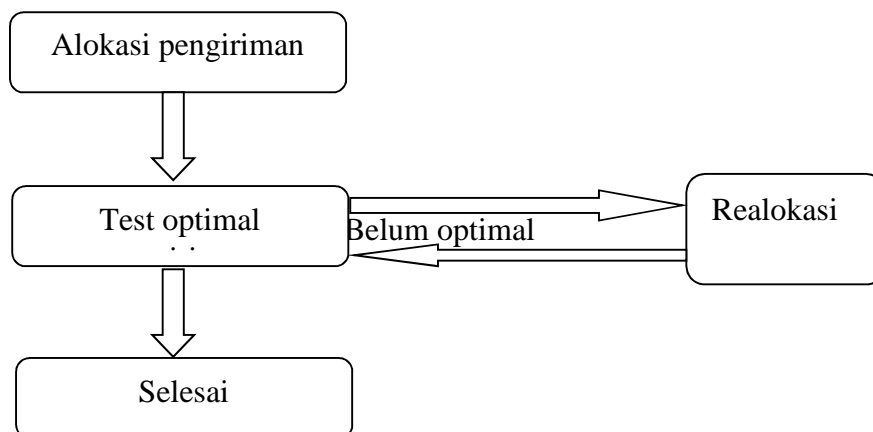
- 1). $C_{i1j1} + X_{i1j2} + X_{i1jn} \leq a_{i1}$
- 2). $C_{i2j1} + X_{i2j2} + X_{i2jn} \leq a_{i2}$
- 3). $C_{imj1} + X_{imj2} + X_{imjn} \leq a_{im}$
- 4). $X_{i1j1} + X_{i2j1} + X_{imj1} \leq b_{j1}$
- 5). $X_{i1j2} + X_{i2j2} + X_{imj2} \leq b_{j2}$
- 6). $X_{i1jn} + X_{i2jn} + X_{imjn} \leq b_{jn}$

3.3. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah Transportasi

Adapun langkah-langkah yang dapat ditempuh dalam menyelesaikan permasalahan transportasi adalah sebagai berikut:

1. Perumusan masalah
2. Penentuan alokasi pengiriman
3. Test optimasi, jika belum optimal, maka lakukan alokasi pengiriman lain
4. Realokasi sampai optimal

Langkah ini dapat dilustrasikan melalui gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2. Langkah Penyelesaian Masalah Transportasi

3.4. Metode-Metode Dalam Metoda Transportasi

Ada 3 pendekatan yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah transportasi yaitu:

1. Metode *Stepping Stone* (SS)
2. Metode *Modified Distribution* (MODI)
3. Metode *Vogel's Approximation* (VAM)

3.4.1. Metode *Stepping Stone* (SS)

Metode SS adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan problem transportasi dengan cara “coba-coba” dan pedoman alokasinya adalah sudut barat laut (sudut kiri atas) dari tabel permasalahan dengan menyesuaikan kapasitas pabrik dan kebutuhan atau permintaan.

Contoh Soal 3.1 :

Perusahaan “XYZ” yang berkantor pusat di Jakarta memiliki 3 buah pabrik yang terletak di Makassar (Mak), Balikpapan (Bpp), dan Belawan (Bel) dengan kapasitas produksi masing-masing sebesar 70 ton, 55 ton, dan 75 ton/bulan. Disamping itu perusahaan tersebut memiliki Agen di 5 kota yakni; Jakarta (Jkt) dengan kebutuhan 30 ton/bulan, Bandung (Bdg) dengan kebutuhan 20 ton/bulan, Semarang (Smg) meminta sebanyak 35 ton/bulan, Yogyakarta (Yog) sebanyak 75 ton/bulan dan Surabaya (Sby) membutuhkan sebanyak 40 ton/bulan.

Biaya Transportasi dari sumber (pabrik) ke tujuan (Agen) dikemukakan pada Tabel 3.2, sebagai berikut:

Tabel 3.2. Total Biaya Transportasi 1

Ke	Biaya Transportasi (Rp 000)					
	Dari	Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby
Mak		25	20	45	35	10
Bpp		15	45	20	30	35
Bel		40	25	50	15	20

Jawaban Soal 3.1 :

a. Perumusan masalah

Perumusan masalah dilakukan dengan cara memasukkan data-data kebutuhan/permintaan masing-masing agen, kapasitas masing-masing pabrik dan biaya transportasi dari sumber, atau pabrik (i) ke berbagai tujuan, atau agen (j). Adapun perumusan masalah tersebut dipaparkan pada Tabel 3.3. Sebagai berikut:

Tabel 3.3. Formulasi Masalah 1

Ke (j) Dari (i)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasitas
	Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby	
Mks	25	20	45	35	10	70
Bpp	15	45	20	30	35	55
Bel	40	25	50	15	20	75
Demand	30	20	35	75	40	200

b. Penentuan Alokasi

Penentuan Alokasi dimulai dari sudut kiri atas (pojok barat laut) yang tampak pada Tabel 3.3 yaitu kotak Mks-Jkt dengan memperhatikan kapasitas pabrik Mks = 70 ton. Dan permintaan di Jkt hanya sebanyak 30 ton. Jika kapasitas pabrik masih tersisa, maka akan dialokasikan pada kotak selanjutnya. Adapun cara penentuan alokasi dikemukakan pada Tabel 3.4 sebagai berikut:

Tabel 3.4. Alokasi

Ke (j) Dari (i)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasitas
	Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby	
Mks	25 30	20 20	45 20	35	10	70
Bpp	15	45	20 15	30 40	35	55
Bel	40	25	50	15 35	20 40	75
Demand	30	20	35	75	40	200

Kapasitas produksi di pabrik Mks adalah sebanyak 70 ton, sementara kebutuhan/permintaan agen di Jkt hanya sebanyak 30 ton, maka kelebihan kapasitas tersebut dialokasikan ke agen Bdg yang meminta sebanyak 20 ton, kemudian kelebihan kapasitas dialokasikan ke agen Smg sebanyak 20 ton.

Agan Smg membutuhkan sebanyak 35 ton, telah dialokasi oleh pabrik Mks sebanyak 20 ton, berarti masih terdapat kekurangan sebanyak 15 ton yang akan dipenuhi dari pabrik Bpp dan seterusnya.

Kotak-kotak yang terisi (mendapatkan alokasi) disebut dengan *Stone Square* (segi empat batu), sedangkan kotak yang tidak teralokasi disebut *Water Square* (segi empat air).

Dengan selesainya kegiatan alokasi, maka perhitungan biaya transportasi dikemukakan pada Tabel 3.5, berikut:

Tabel 3.5. Total Biaya Transportasi 2

Kotak	Isi	Biaya	Total Biaya
Mks - Jkt	30	25	750
Mks – Bdg	20	20	400
Mks - Smg	20	45	900
Bpp - Smg	15	20	300
Bpp - Yog	40	30	1.200
Bel - Yog	35	15	525
Bel - Sby	40	20	800
Total			4.875

c. Tes optimal

Test optimal dapat dilakukan dengan cara merubah alokasi secara trial and error (coba-coba) , agar biaya transportasi dapat berkurang sampai biaya tersebut menjadi optimal. Perubahan alokasi didasarkan pada kotak segi empat terdekat

d. Realokasi

Realokasi diperlukan untuk mencari biaya yang paling rendah (optimal), yaitu Kotak Mks-Bdg, Mks-Smg, Bpp-Bdg, Bpp-Smg, misalnya dialokasikan 1 ton, maka hasilnya sebagai berikut:

$$\text{Mks – Bdg} = - 45$$

$$\text{Mks – Smg} = + 35$$

$$Bpp - Bdg = - 30$$

$$\underline{Bpp - Smg = + 20 (+)}$$

$$= - 20$$

Dengan hasil -20, maka setiap realokasi sebanyak 1 ton akan mengurangi biaya sebesar Rp 20, (-20). Perubahan alokasi ini dikemukakan pada Tabel 3.6, berikut:

Tabel 3.6. Realokasi

Ke (j) Dari (i)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasi tas
	Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby	
Mks	25 30	20 20	45 20 (-) --- --> (+) 0	35 20 ↑	10	70
Bpp	15	45	20 15 (+) --- --> (-) 35	30 20	30	55
Bel	40	25	50	15 35	20 40	75
Demand	30	20	35	75	40	200

Keterangan:

Angka pengiriman yang di bold (dihitamkan) adalah angka hasil realokasi, tanda (-) artinya terjadi pengurangan alokasi dari kotak tersebut, tanda (+) artinya terjadi penambahan alokasi ke kotak tersebut. Berdasarkan realokasi sesuai dengan Tabel 3.6, maka total biaya transportasi akibat realokasi dipaparkan pada Tabel 3.7 berikut:

Tabel 3.7. Total Biaya Transportasi 3

Kotak	Isi	Biaya	Total Biaya
Mks - Jkt	30	25	750
Mks - Bdg	20	20	400
Mks - Yog	20	35	700
Bpp - Smg	35	20	700
Bpp - Yog	20	30	600
Bel - Yog	35	15	525
Bel - Sby	40	20	800
Total			4.475

Berdasarkan informasi pada Tabel 3.7 di atas, Nampak bahwa telah terjadi pengurangan biaya transportasi menjadi sebesar Rp 4.475, dimana pada Tabel 3.5 biaya transportasi adalah sebesar Rp 4.875,- atau terjadi pengurangan sebesar Rp 300,- akibat adanya perbaikan alokasi (realokasi). Kemudian realokasi berikutnya dikemukakan pada Tabel 3.8 untuk melakukan test optimasi selanjutnya.

Tabel 3.8. Test Optimasi 1

Ke (j) Dari (i)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasitas
	Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby	
Mks	25 30	20 20	45	35 20	10	70
Bpp	15	45	20 35	30 20 (-) --- 0	30 20 (+) --- 20	55
Bel	40	25	50	15 35 (-) --- 55	20 40 (-) --- 20	75
Demand	30	20	35	75	40	200

Berdasarkan hasil realokasi sebagaimana yang telah ditampilkan pada Tabel 3.8 di atas, tampak bahwa kotak Bpp – Yog sebaiknya dikurangi sebanyak 20 ton, sehingga kotak tersebut menjadi segi empat air (*water square*) dan dialokasikan ke kotak Bel – Yog yang tadinya hanya berisi alokasi sebanyak 35 dan dengan adanya alokasi tambahan dari Bpp – Yog, maka alokasi Bel - Yog menjadi sebanyak 55 ton. Begitupula kotak Bel – Sby yang pada awalnya berisi alokasi sebanyak 40 ton dengan adanya realokasi maka kotak Bel - Sby berkurang menjadi sebesar 20 ton, dan hasil pengurangan dari kotak tersebut dipindahkan ke kotak (*water square*) Bpp – Sby sebanyak 20 ton. Hasil test optimasi 2 dikemukakan pada Tabel 3.9 sebagai berikut:

Tabel 3.9. Test Optimasi 2

Ke (j)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasitas
	Dari (i)	Jkt	Bdg	Smg	Yog	
Mks	25	20	45	35	10	70
	30	20		20		
Bpp	15	45	20	30	30	55
			35		20	
Bel	40	25	50	15	20	75
				55	20	
Demand	30	20	35	75	40	200

Berdasarkan hasil Tabel 3.9, maka biaya transportasi untuk test optimasi 2 dikemukakan pada Tabel 3.10 sebagai berikut:

Tabel 3.10. Total Biaya Transportasi 4

Kotak	Isi	Biaya	Total Biaya
Mks – Jkt	30	25	750
Mks – Bdg	20	20	400
Mks – Yog	20	35	700
Bpp – Smg	35	20	700
Bpp - Sby	20	30	600
Bel - Yog	55	15	825
Bel - Sby	20	20	400
Total			4.375

Kalau kita bandingkan antara biaya transportasi pada Tabel 3.7., adalah sebesar Rp 4.475 dan sedangkan pada Tabel 3.10, biaya transportasinya adalah sebesar Rp 4.375, terjadi pengurang sebesar Rp 100.

3.4.2. Metode Modified Distribution (MODI)

Metode MODI adalah merupakan perkembangan dari metode SS. Perbedaannya terletak pada pelaksanaannya yang lebih cepat dan lebih tepat jika dibandingkan metode SS. Rumusan umum dari metode MODI adalah sebagai berikut:

$$R_i + k_j = C_{ij}$$

dimana:

Ri : Nilai baris I

kj : Nilai kolom j

Cij : Biaya transport/unit dari sumber (i) ke tujuan (j)

Langkah-langkah pemecahan masalah dengan menggunakan metode MODI adalah sebagai berikut:

1. Menyusun matriks sumber-sumber (baris m) dan tujuan (kolom n). Pengisian alokasi dilakukan dengan mengikuti prosedur SS, yaitu dimulai dari sudut barat laut (sudut kiri atas)
2. Mencari nilai-nilai tiap baris dan tiap-tiap kolom (k) dengan menggunakan rumus umum, yaitu $R_i + k_j = C_{ij}$. Nilai baris pertama diberi nilai = 0, kemudian dihubungkan dengan segi empat batu yang terisi alokasi (*Stone Square*).
3. Menghitung Indeks Perbaikan dengan berpatokan pada segi empat air yang tidak terisi alokasi (*Water Square*) dengan persamaan : $C_{ij} - R_i - k_j$.
4. Memilih titik tolak perubahan yang didasarkan pada angka negatif maksimum
5. Mengulangi langkah b, hingga diperoleh biaya paling optimal.

Contoh Soal 2.2:

Ilustrasi penyelesaian masalah transportasi dengan menggunakan metode MODI, kita kembali ke contoh soal metode SS,

1. Menyusun matriks sumber-sumber (baris m) dan tujuan (kolom n). Pengisian alokasi dilakukan dengan mengikuti prosedur SS, yaitu dimulai dari sudut barat laut (sudut kiri atas) sebagaimana Tabel 3.11 berikut:

Tabel 3.11. Alokasi MODI 1

Ke (j)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasi tas
	Dari (i)	Jkt	Bdg	Smg	Yog	
Mks	25	20	45	35	10	70
Bpp	30	20	20	40	30	55
Bel	15	45	20	30	30	75
Demand	40	25	50	15	20	200
	30	20	35	75	40	

Tabel 3.13. Nilai Baris dan Kolom 1

Ke (j) Dari (i)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasi tas
	Jkt = 25	Bdg = 20	Smg = 45	Yog = 55	Sby = 60	
Mks = 0	25 30	20 20	45 20	35	10	70
Bpp = -25	15	45	20 15	30 40	30	55
Bel = -40	40	25	50	15 35	20 40	75
Demand	30	20	35	75	40	200

3. Menghitung Indeks Perbaikan dengan berpatokan pada segi empat kosong dengan persamaan : $C_{ij} - R_i - k_j$ seperti yang dipaparkan pada Tabel 3.14 sebagai berikut:

Tabel 3.14. Indeks Perbaikan

Segi Empat	$C_{ij} -$	$R_i -$	$K_j =$	Indeks Perbaikan
Bpp-Jkt	15	(-25)	25	15
Bel-Jkt	40	(-40)	25	55
Bpp-Bdg	45	(-25)	20	50
Bel-Bdg	25	(-40)	20	45
Bel-Smg	50	(-40)	45	45
Mks-Yog	35	0	55	-20
Mks-Sby	10	0	60	-50
Bpp-Sby	30	(-25)	60	-5

4. Memilih titik tolak perubahan yang didasarkan pada angka negatif maksimum yang tampak pada indeks perbaikan adalah kotak Mks-Sby dengan Indeks Perbaikan -50, sehingga hasil nilai baris dan kolom dapat dilihat pada Tabel 3.15 sebagai berikut:

Tabel 3.15. Nilai Baris dan Kolom 2

Ke (j)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasitas
	Jkt = 25	Bdg = 20	Smg = 45	Yog = 55	Sby = 60	
Mks = 0	25 30	20 20	45 20 (-) ----->(+)	35	10	70
Bpp = -25	15	45	20 ↓ 15 (+) -----> 40 (-)	30	35 ↑	55
Bel = -40	40	25	50	15 ↓ 35 (+) -----> 40 (-)	20	75
Demand	30	20	35	75	40	200

Hasil realokasi akibat perubahan berdasarkan Tabel 3.15, maka Tabel 3.16 Realokasi MODI dikemukakan sebagai berikut:

Tabel 3.16. Alokasi MODI 2

Ke (j)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasitas
	Jkt = 25	Bdg = 20	Smg = 45	Yog = 55	Sby = 60	
Mks = 0	25 30	20 20	45	35	10 20	70
Bpp = -25	15	45	20 35	30 20	35	55
Bel = -40	40	25	50	15 55	20 20	75
Demand	30	20	35	75	40	200

Berdasarkan hasil realokasi pada Tabel 3.16, maka biaya transportasi akibat adanya realokasi ditampilkan Tabel 3.17:

3.17. Total Biaya Transportasi 6

Kotak	Isi	Biaya	Total Biaya
Mks - Jkt	30	25	750
Mks - Bdg	20	20	400
Mks - Sby	20	45	900
Bpp - Smg	35	20	700
Bpp - Yog	20	30	600
Bel - Yog	55	15	825
Bel - Sby	20	20	400
Total			4.575

Jika hasil perubahan biaya transportasi pada Tabel 3.12 dibandingkan Tabel 3.17, Nampak terjadi pengurangan sebesar Rp 300,-. Biaya transportasi Tabel 3.12 sebesar Rp 4.575,- dan biaya transportasi Tabel 3.17 yaitu sebesar Rp 4.875,-

5. Mengulangi langkah b, hingga diperoleh biaya paling optimal.

Mengulangi langkah b, hingga diperoleh biaya transportasi yang paling optimal dengan cara mencari nilai baris (R) dan kolom (k) baru.

3.4.3. Metode Vogel's Approximation (VAM)

Metode VAM merupakan pengembangan dari metode-metode sebelumnya (SS dan MODI), perbedaannya terletak pada kemudahan, kecepatan dan ketepatan perhitungan. Langkah-langkah yang dapat ditempuh dalam penyelesaian masalah transportasi dengan menggunakan metode VAM ini adalah sebagai berikut:

1. Formulasi masalah
2. Mencari perbedaan-perbedaan antara dua biaya pada kotak minimum dan urutan minimum berikutnya.
3. Mencari perbedaan terbesar sebuah baris atau kolom
4. Mencari titik tolak alokasi berdasarkan biaya paling minimum pada baris atau kolom perbedaan terbesar (maksimum)
5. Alokasi pada baris atau kolom dari titik tolak alokasi yang terpilih dan disesuaikan dengan jumlah batasan baik kapasitas maupun kebutuhan/ demand
6. Tentukan kembali perbedaan biaya pada langkah kedua (poin 2).

Untuk menggunakan metode VAM ini dapat dipakai contoh soal terdahul sebagai berikut:

1. Formulasi Masalah

Masalah yang diformulasikan untuk pembahasan metode VAM di bawah ini, tetap menggunakan contoh soal seperti dalam pembahasan metode SS yang ditampilkan pada Tabel 3.18 sebagai berikut:

Tabel 3.18. Formulasi Masalah 2

Ke (j)	Biaya Transportasi (Rp.000)					Kapasi tas	
	Dari (i)	Jkt	Bdg	Smg	Yog		Sby
Mks		25	20	45	35	10	70
Bpp		15	45	20	30	30	55
Bel		40	25	50	15	20	75
Demand		30	20	35	75	40	200

2. Mencari Perbedaan-Perbedaan Biaya pada Kotak Mminimum

Mencari perbedaan-perbedaan antara dua biaya pada kotak (segi empat) dengan biaya paling minimum dan biaya paling minimum berikutnya :

- Perbedaan Baris : $Mks = 20 - 10 = 10$
 $Bpp = 20 - 15 = 5$
 $Bel = 20 - 15 = 5$
- Perbedaan Kolom : $Jkt = 25 - 15 = 10$
 $Bdg = 25 - 20 = 5$
 $Smg = 45 - 20 = 25$
 $Yog = 30 - 15 = 15$
 $Sby = 20 - 10 = 10$

3. Mencari Perbedaan Terbesar Baris atau Kolom

Mencari Angka Perbedaan Terbesar pada Kolom dan Baris. Angka terbesar (maksimum) adalah pada kolom Smg sebesar 25, kemudian lingkarilah perbedaan terbesar tersebut.

4. Mencari Titik Tolak Alokasi

Mencari titik tolak alokasi berdasarkan biaya paling minimum pada baris atau kolom perbedaan terbesar (maksimum)

5. Realokasi

Alokasi pada baris atau kolom dari titik tolak alokasi yang terpilih dan disesuaikan dengan jumlah batasan baik kapasitas maupun kebutuhan/ demand.

Untuk melakukan realokasi dengan hanya berdasarkan biaya transportasinya saja dapat dilihat pada Tabel 3.19 berikut:

Tabel 3.19. Penyelesaian VAM 1

Ke	Biaya Transportasi					Kapasi tas	Perbedaan Baris
	Dari	Jkt	Bdg	Smg	Yog		
Mks	25	20	45	35	10	70	20-10=10
Bpp	15	45	20	30	39	55	20-15=5
Bel	40	25	50	15	20	75	20-15=5
Demand	30	20	35	75	40	200	
Perbedaan Kolom	25	25	45	30	20	Pilihan Bpp – Smg sebesar 35 ton	
	15	20	20	15	10		
	5	5	25	15	10		Hilangkan: Kolom Smg

Berdasarkan Tabel 3.19, di atas, Nampak bahwa perbedaan terbesar adalah sebesar 25 (kolom Smg) dan biaya transportasi yang paling minimal pada kolom Smg adalah sebesar Rp 20 (pertemuan antara kolom Smg dengan baris Bpp), atau kotak Bpp-Smg, kemudian alokasikan pada kotak tersebut sebanyak 35 ton, sehingga kolom Smg dapat dihapus, karena permintaan Smg hanya sebesar 35, meskipun kapasitas pabrik Bpp adalah sebesar 55. Hal ini berarti bahwa kapasitas pabrik Bpp tersisa 20.

6. Tentukan kembali perbedaan biaya pada langkah kedua

Pada langkah ini, kolom Smg telah dihilangkan karena sudah dialokasi sesuai dengan kebutuhannya, sehingga titik tolak untuk langkah 6 dapat dilihat Tabel 3.20 berikut:

Tabel 3.20. Penyelesaian VAM 2

Ke Dari	Biaya Transportasi					Kapasi as	Perbedaan Baris
	Jkt	Bdg		Yog	Sby		
Mks	25	20		35	10	70	20-10=10
Bpp	15	45		30	39	20	30-15= 15
Bel	40	25		15	20	75	20-15=5
Demand	30	20		75	40	165	
Perbedaan Kolom	25	25		30	20	Pilihan Bpp – Jkt sebesar 20 ton	
	15	20		15	10	Hilangkan: Baris Bpp	
	5	5		15	10		

Langkah berikut ini, baris Bpp telah dihilangkan dan sisa produksinya sebesar 20, dialokasikan ke kotak Bpp-Jkt, sehingga titik tolak untuk langkah berikut dikemukakan Tabel 3.21 berikut:

Tabel 3.21. Penyelesaian VAM 3

Ke Dari	Biaya Transportasi					Kapasi as	Perbedaan Baris
	Jkt	Bdg		Yog	Sby		
Mks	25	20		35	10	70	20-10=10
Bel	40	25		15	20	75	20-15=5
Demand	10	20		75	40	145	
Perbedaan Kolom	40	25		30	20	Pilihan Mks-Jkt sebesar 10 ton	
	25	20		15	10	Bel-Yog =	
	15	5		15	10	Hilangkan: Kolom Jkt dan	

Berdasarkan Tabel 3.21, Nampak terdapat perbedaan kolom terbesar ada dua yaitu Kolom Jkt dan Kolom Yog, sehingga kedua kolom tersebut dapat dialokasikan sebagaimana tampilan pada Tabel 3.22 berikut:

Tabel 3.22. Penyelesaian VAM 4

Ke	Biaya Transportasi					Kapasi as	Perbedaan Baris
	Dari	Jkt	Bdg	Yog	Sby		
Mks		20			10	60	20-10=10
Bel		25			20	0	20-15=5
Demand		20			40	135	
Perbedaan Kolom		25			20	Pilihan Mks – Jkt = 10 ton dan Bel-Yog= 75 ton	
		20			10	Hilangkan: Kolom Jkt dan Yog	
		5			10		

Kemudian langkah terakhir sebagaimana paparan Tabel 3.23 sebagai berikut:

Tabel 3.23. Penyelesaian VAM 5

Ke	Biaya Transportasi					Kapasi as	Perbedaan Baris
	Dari	Bdg			Sby		
Mks		20			10	60	20-10=10
Bel		25			20	0	25-20=5
Demand		20			40	60	
Perbedaan Kolom		25			20	Pilihan Bel-Sby = 40 ton dan Bel-Bdg= 20 ton	
		20			10	Hilangkan: Kolom Sby dan Bdg	
		5			10		

Adapun total biaya transportasi dikemukakan pada Tabel 3.24 sebagai berikut:

3.24. Total Biaya Transportasi

Kotak	Isi	Biaya	Total Biaya
Bpp-Smg	35	20	700
Bpp – Jkt	20	15	300
Mks – Jkt	10	25	250
Bel – Yog	75	15	1.125
Mks – Sby	40	10	400
Mks – Bdg	20	20	400
Total			3.175

3.5. Aplikasi Program QM Dalam Metoda Transportasi

Penggunaan aplikasi QM dalam penyelesaian masalah transportasi juga dapat diselesaikan dengan menggunakan data-data sebagaimana kita telah bahas dalam perkuliahan.

Formulasi Masalah (untuk Contoh Soal 3.1), kita gunakan Tabel 3.25 berikut:

Tabel 3.25. Formulasi Masalah

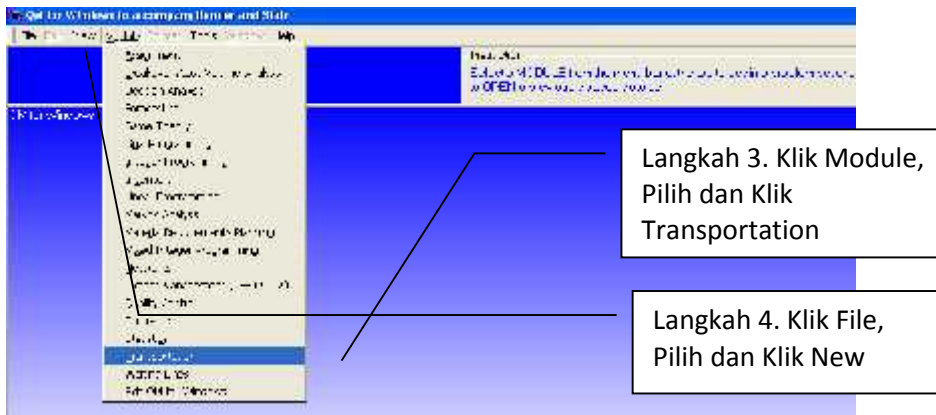
To (j)	Biaya Transportasi (Rp.000)			Kapasitas
	Warehouse Jkt	Warehouse Smg	Warehouse Sby	Amount Availabe
Factory 1 Mks	200	600	300	8
Factory 2 Bpp	400	200	700	11
Factory 3 Bel	500	800	300	12
Amount Needed	10	12	9	31

Penggunaan aplikasi QM dalam penyelesaian masalah transportasi juga dapat diselesaikan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

10. Jalankan program QM, akan muncul di monitor sebagai berikut:



11. Klik Ok



12. Klik modul dan pilih *Transportation*

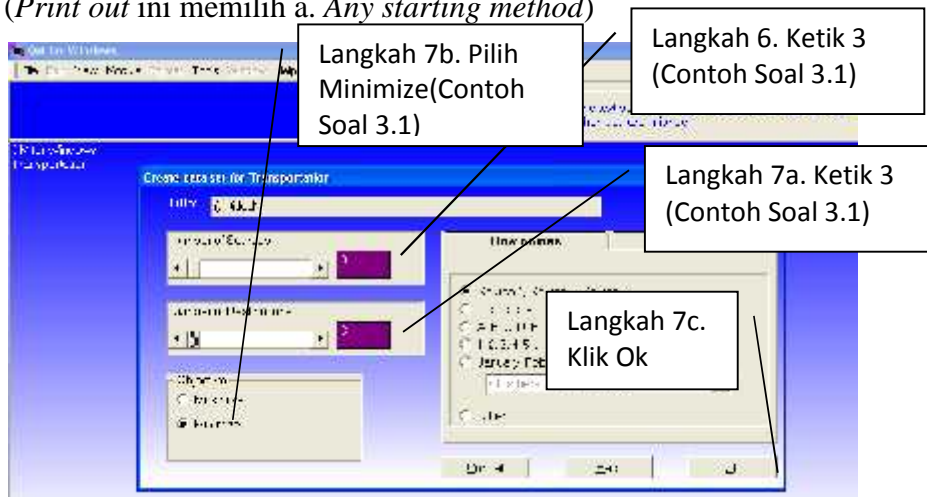
13. Klik *File* (sudut kiri atas) dan pilih dan klik *New*

14. Muncul menu QM, kemudian ketik Judul pada *Title*

Dapat pula dipilih pada kotak sebelah kanan *objective* untuk memilih metode yang akan digunakan yakni :

- a. *Any Starting Method*
- b. *Nortwest Corner Method (Stepping Stone)*
- c. *Minimum Cost Method*
- d. *Vogel's Approximation Method (VAM)*

(Print out ini memilih a. *Any starting method*)



15. Ketik jumlah fungsi batasan pada *Number of Source* adalah sebanyak 3 (Mks, Bpp, dan Bel) sesuai Contoh Soal 3.1

16. Ketik jumlah variabel pada *Number of Destinations* adalah sebanyak 3 (Jkt, Smg dan Sby) , klik *Minimize* dan Ok

17. Akan muncul di lembar kerja sebagai berikut:

	Is	Smg	Sby	Supply
Mks	0	0	0	2000
Bpp	0	0	0	2000
Bel	0	0	0	2000
Demand	0	0	0	

Ketik biaya transportasi dari pabrik Mks, Bpp, dan Bel beserta *supply* (kapasitas) ke agen; Jkt, Smg dan Sby, beserta *demand* (permintaan masing-masing agen) angka-angka sesuai dengan Contoh Soal 3.1 seperti berikut:

	Is	Smg	Sby	Supply
Mks	200	0	0	2000
Bpp	0	200	0	2000
Bel	500	500	800	2000
Demand	10	12	8	

18. Klik *File* dan pilih *Solve* (F9) dan hasilnya akan nampak:

	Is	Smg	Sby	Supply
Mks	8	0	0	2000
Bpp	0	11	0	2000
Bel	2	0	0	2000
Demand	10	12	8	

Berdasarkan hasil *print out*, (*Transportation Shipments*) di atas, dapat disimpulkan bahwa, hasil produksi pabrik di Mks dikirim ke agen Jkt sebanyak 8 ton, dari pabrik Bpp dialokasikan ke agen Smg sebanyak 11 ton, serta dari pabrik Bel di kirim ke agen-agen Jkt sebanyak 2 ton, ke Smg sebanyak 1 ton, dan ke Sby sebanyak 9 ton, dengan biaya optimal sebesar Rp 8.300,-

	To	Shipments	Shipment Unit	Shipment Cost
Mks	Jkt	8	200	1.600
Bpp	Smg	11	200	2.200
Bel	Jkt	2	500	1.000
Bel	Smg	1	800	800

Print out, (*Shipping List*), atau daftar pengiriman dapat disimpulkan dari Mks – Jkt di kirim sebanyak 8 ton dengan biaya per unitnya sebesar Rp 200, sehingga biaya pengiriman sebesar Rp 1.600,- (8 x Rp 200), dari Bpp – Smg dikirim sebanyak 11 ton dengan biaya/unit Rp 200, biaya pengiriman sebesar Rp 2.200,-, dari Bel – Jkt dikirim sebanyak 2 ton dengan total biaya pengiriman sebesar Rp 1.000,-, dari Bel – Smg dialokasikan sebanyak 1 ton dengan total biaya

pengiriman sebesar Rp 500,-, dari Bel – Sby dikirim sebanyak 9 ton dengan total biaya pengiriman sebesar Rp 2.700,- (9 x Rp 300).

Aplikasi Program QM untuk Contoh Soal 3.2 :

Perusahaan “XYZ” yang berkantor pusat di Jakarta memiliki 3 buah pabrik yang terletak di Makassar (Mks), Balikpapan (Bpp), dan Belawan (Bel) dengan kapasitas produksi masing-masing sebesar 70 ton, 55 ton, dan 75 ton/bulan. Disamping itu perusahaan tersebut memiliki Agen di 5 kota yakni; Jakarta (Jkt) dengan kebutuhan 30 ton/bulan, Bandung (Bdg) dengan kebutuhan 20 ton/bulan, Semarang (Smg) meminta sebanyak 35 ton/bulan, Yogyakarta (Yog) sebanyak 75 ton/bulan dan Surabaya (Sby) membutuhkan sebanyak 40 ton/bulan.

Biaya Transportasi dari sumber (pabrik) ke tujuan (Agen) dikemukakan pada Tabel 3.26, sebagai berikut:

Tabel 3.26. Biaya Transportasi

Ke	Biaya Transportasi (Rp 000)				
	Dari Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby
Mks	25	20	45	35	10
Bpp	15	45	20	30	35
Bel	40	25	50	15	20

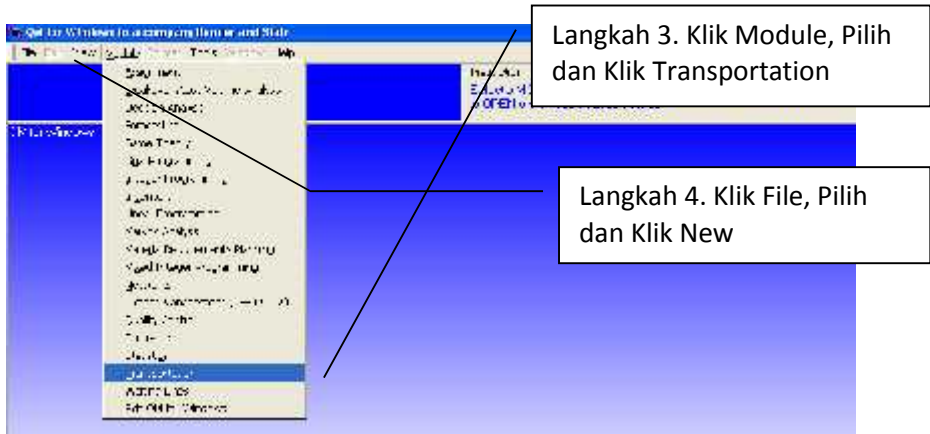
Jawaban Soal 3.2

Penggunaan aplikasi QM dalam penyelesaian masalah transportasi dengan menggunakan metode VAM dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

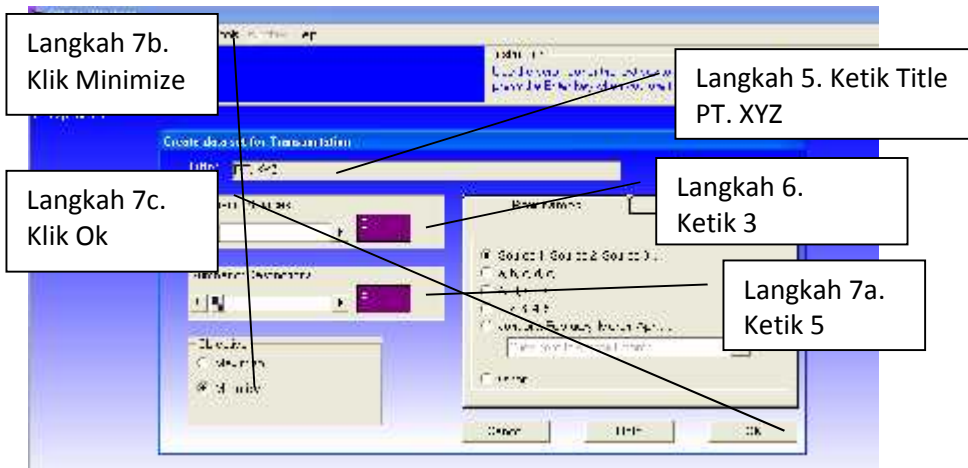
1. Jalankan program QM, akan muncul di monitor sebagai berikut:



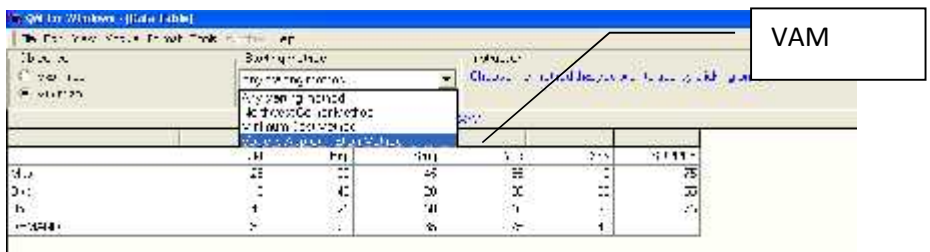
2. Klik Ok



3. Klik module dan pilih *Transportation*
4. Klik *File* (sudut kiri atas) dan pilih dan klik *New*
5. Muncul menu QM, kemudian ketik Judul pada *Title* (PT XYZ)



6. Ketik jumlah fungsi batasan pada *Number of Source* adalah sebanyak 3 (Mks, Bpp, dan Bel) sesuai Contoh Soal 3.2
7. Ketik jumlah variabel pada *Number of Destinations* adalah sebanyak 5 (Jkt, Bdg, Smg, Yog dan Sby) , klik *Minimize* dan *Ok*
8. Akan muncul di lembar kerja sebagai berikut:



Pilih pada kotak *Starting Method* untuk memilih metode yang akan digunakan yakni: *Vogel's Approximation Method (VAM)*

Ketik biaya transportasi dari pabrik Mks, Bpp, dan Bel beserta *supply* (kapasitas) ke agen; Jkt, Bdg, Smg, Yog dan Sby, beserta *demand* (permintaan masing-masing agen) angka-angka sesuai dengan Contoh Soal 3.2

9. Klik *File* dan pilih *Solve* (F9) dan hasilnya akan nampak:

Supply to:		Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby	Excess
Mks	0	10					5
Bpp	20		35				
Bel					75		0

Berdasarkan hasil *print out*, (*Transportation Shipments*) di atas, dapat disimpulkan bahwa, hasil produksi pabrik di Mks dikirim ke agen Jkt sebanyak 10 ton dan ke agen Bdg sebanyak 20 ton, serta ke agen Sby sebanyak 40 ton. Hasil produksi pabrik Bpp dialokasikan ke agen Jkt sebanyak 20 ton dan agen Smg sebanyak 35 ton. Sedangkan hasil produksi dari pabrik Bel di kirim ke agen Yog sebanyak 75 ton, dengan biaya optimal sebesar Rp 3.175,-

	Jkt	Bdg	Smg	Yog	Sby	Excess
Mks	10	20				5
Bpp	20	35				
Bel				75		0

Berdasarkan hasil *print out* (*Shipments with cost*) dengan metode VAM dapat disimpulkan bahwa untuk pengiriman dengan biaya yang paling optimal yaitu sebesar Rp 1.375,- (sesuai *print out Transportation Shipments*), maka sebaiknya Mks-Jkt dialokasikan sebanyak 10 ton dengan biaya transportasi sebesar Rp 250,-, Mks-Bdg dikirim sebanyak 20 ton dengan biaya pengiriman sebesar Rp 400,-, Mks-Sby dialokasikan sebanyak 40 ton dengan biaya transportasi sebesar Rp 400,-. Hasil produksi pabrik Bpp di kirim ke Jkt sebesar 20 ton dan ke Smg 35 ton dengan biaya transportasi masing-masing sebesar Rp 300,- dan Rp 700,-. Produksi pabrik Bel dialokasikan ke agen Yog sebanyak 75 ton dengan biaya transportasi sebesar Rp 1.125,-

Bab 4

TEORI KEPUTUSAN

4.1. Pendahuluan

Pengalaman sukses dan gagal dalam hidup seseorang tergantung pada keputusan yang pernah ia ambil. Teori Keputusan berasal dari terjemahan sederhana bahasa Inggris yakni “*Decision Theory*”. Teori Keputusan merupakan pendekatan analitik dan sistematis untuk mempelajari pengambilan keputusan. Pendekatan model matematik dapat membantu para manajer dalam mengambil keputusan terbaik

Pertanyaan yang muncul “apa yang membedakan antara keputusan yang baik dan keputusan yang buruk“ Keputusan yang baik didasarkan ada logis dengan pertimbangan menggunakan semua data-data dan alternatif–alternatif pemecahan yang tersedia, serta menggunakan pendekatan kuantitatif.

4.2. Langkah-Langkah Dalam Pengambilan Keputusan

Ada 6 langkah dalam pengambilan keputusan:

1. Identifikasi dan definisikan masalah secara jernih
2. Buat daftar kemungkinan alternatif jawab
3. Identifikasi kemungkinan *outcomes* (hasil)
4. Buat daftar *payoff* atau *profit* dari beberapa kombinasi alternatif dan *outcomes*
5. Seleksi dengan menggunakan model matematika teori keputusan
6. Aplikasikan model dan buatlah keputusan

Contoh Soal 4.1. Thomson Lumber Company (TLC)

Pak Thomson pendiri dan presiden perusahaan TLC yang *profitable* di *Portland Oregon* USA.

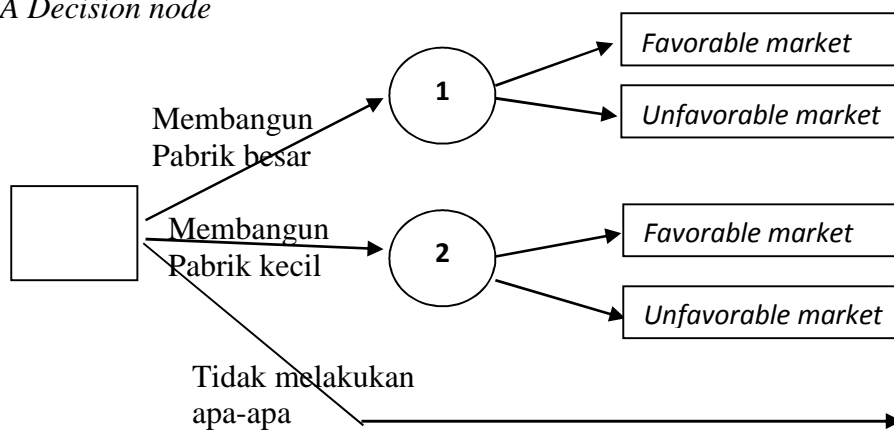
1. Mengidentifikasi masalah yang sedang dihadapi pak Thomson yakni, memperluas *product line* dengan cara memproduksi dan memasarkan produk baru (*backyard storage sheds*)
2. Buat daftar kemungkinan alternatif jawab (tindakan yang harus dilakukan, atau strategi yang dipilih oleh *decision makers*). Thomson membangun 3 alternatif yakni; (1) Membangun pabrik baru yang lebih besar, (2) Pabrik kecil, dan (3) tidak mengembangkan *product line*.
3. Identifikasi kemungkinan *outcomes* dari berbagai alternatif. Thomson menentukan ada 2 kemungkinan *outcomes* yakni; (a) *favorable* (permintaan *product line* tinggi), dan (b) *ufavorable* (permintaan rendah).

4. Buat matrik hasil *payoff* dari beberapa kemungkinan kombinasi dari alternatif dan *outcomes*. Thomson telah mengevaluasi potensi keuntungan. Dengan pasar *favorable* akan menghasilkan profit sebesar \$ 200.000,- Nilai jika kondisi *unfavorable* maka akan mengalami kerugian sebesar - \$ 180.000. bagi pembangunan pabrik baru (alternatif 1) Pada pemilihan alternatif 2 yakni membangun pabrik kecil, pak Thomson mengevaluasi akan mendapatkan profit sebesar \$ 100.000,- pada kondisi yang *favorable* dan menderita kerugian sebesar -\$ 20.000. Pada alternatif 3 pak Thomson tidak memproduksi *product line* dan tidak akan mendapat keuntungan maupun kerugian.. Pada tahap ini, dibuat konstruk keputusan (tabel *payoff*)

Jawaban soal 4.1 :

Pohon Keputusan atau *decision tree* Thomson dikemukakan pada Gambar 4.1. sebagai berikut:

A Decision node



Gambar 4.1. Decision Tree Thomson 1
(Sumber Render, Stairs dan Hanna, 2003)

Kemudian dari gambar 4.1 dapat disusun Tabel *payoff* seperti yang di tampilkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1. Tabel Payoff Thomson

Alternatif	State of Nature (Kondisi)	
	Favorable Market (\$ 000)	Unfavorable Market (\$ 000)
1. Membangun Pabrik Besar	200	-180
2. Membangun Pabrik Kecil	100	-20
3. Tidak Melakukan apa-apa	0	0

Seleksi model-model teori keputusan untuk membatu pak Thomson membuat keputusan. Seleksi model tergantung pada lingkungan, dimana perusahaan dengan mempertimbangkan kondisi risiko dan ketidakpastian.

4.3. Pengambilan Keputusan Dengan Pertimbangan Lingkungan

Tipe keputusan yang mempertimbangkan lingkungan tergantung kepada informasi tentang situasi. Ada 3 tipe keputusan

1. *Decision making under Certainty* (kondisi lingkungan yang pasti). Pada kondisi ini *decision maker* mengetahui konsekwensi setiap alternatif pilihan putusan secara pasti. Misalkan: A memiliki \$ 1.000 dan membeli Obligasi pemerintah dengan tingkat bunga 10%/tahun, maka pada tahun mendatang uang A pasti akan meningkat menjadi \$ 1.000 + (10% x 1.000 = \$ 100) = \$1.100,-
2. *Decision making under Risk* (kondisi lingkungan yang berisiko). *Decision maker* mengetahui *probability* untuk mencapai *outcomes*. Model teori keputusan untuk masalah bisnis ada 2 kriteria yakni; (a) maksimisasi nilai keuntungan dan minimisasi kerugian
3. *Decision making under Uncertainty* (kondisi lingkungan yang tidak pasti). *Decision maker* tidak mengetahui informasi tentang *probability* dan berbagai jenis *outcomes*.

4.4. Pengambilan Keputusan Dalam Kondisi Berisiko

Pengambilan keputusan dalam kondisi berisiko adalah situasi keputusan probabilistik. Beberapa kondisi yang dapat terjadi dengan probabilitas kejadiannya. Seleksi alternatif *Expected Monetary Value* (EMV) yang paling besar, atau dapat pula digunakan konsep *Opportunity Loss*.

EMV, adalah suatu jumlah rata-rata tertimbang dari kemungkinan *payoff* untuk masing-masing alternatif.

$$\text{EMV (alternatif i)} = (\text{payoff kondisi pertama}) \\ \times (\text{probability kondisi pertama})$$

$$\begin{aligned}
&+ (\textit{payoff} \text{ kondisi kedua}) \\
&\times (\textit{probability} \text{ kondisi kedua}) \\
&+ \dots + (\textit{payoff} \text{ kondisi terakhir}) \\
&\times (\textit{probability} \text{ kondisi terakhir})
\end{aligned}$$

Misalkan pak Thomson sekarang percaya bahwa probabilitas untuk pasar yang *Favorable* dan untuk pasar yang *Unfavorable* masing-masing sebesar 50 %. Alternatif mana yang menghasilkan EMV yang paling besar ?

$$\text{EMV (alternatif 1)} = (0,50)(\$200.000) + (0,50)(-\$180.000) = \$ 10.000$$

$$\text{EMV (alternatif 2)} = (0,50)(\$100.000) + (0,50)(-\$20.000) = \$ 40.000$$

$$\text{EMV (alternatif 3)} = (0,50)(\$ 0) + (0,50)(\$ 0) = \$ 0.$$

Dari perhitungan di atas, sebaiknya pak Thomson memilih alternatif 2 yaitu membangun pabrik kecil. Untuk mengetahui Thomson perlu memperluas Tabel Keputusan yaitu Tabel 4.2.

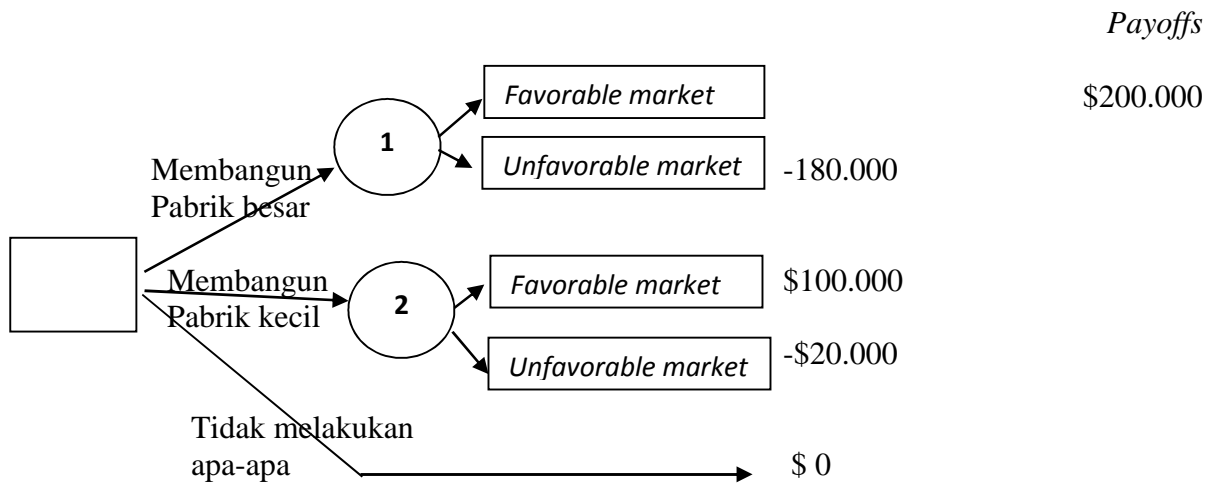
Tabel 4.2. Decision Table

Alternatif	Kondisi		EMV (\$ 000)
	<i>Favorable Market</i> (\$ 000)	<i>Unfavorable Market</i> (\$ 000)	
1. Membangun Pabrik Besar	200	-180	10
2. Membangun Pabrik Kecil	100	-20	40
3. Tidak Melakukan apa-apa	0	0	0
Probabilitas	0,50	0,50	

Berdasarkan Tabel 4.2. di atas, sebaiknya pak Thomson memilih alternatif 2 yaitu membangun pabrik kecil.

Penyelesaian Masalah *Decision Tree* dari contoh kasus Thomson dipaparkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut:

$$\text{EMV For Node 1} = (0,5)(\$200.000) + (0,5)(-\$ 180.000) = \$ 10.000$$



EMV For Node 2 = $(0,5)(\$100.000) + (0,5)(-\$ 20.000) = \$ 40.000$

Gambar 4.2. Decision Tree Kasus Thomson

Opportunity Loss (EOL)

Sebuah alternatif pendekatan dalam memaksimalkan EMV adalah meminimisasi *Expected Opportunity Loss* (EOL). EOL, sering disebut *regret*, atau cenderung kepada perbedaan antara profit optimal (*payoff*) dengan *payoff* yang diterima secara aktual.

EOL adalah biaya yang harus ditanggung akibat tidak dipilihnya solusi terbaik. EOL minimum dikonstruksi dalam bentuk Tabel *Opportunity Loss* tidak dipilihnya alternatif untuk berbagai kondisi. *Opportunity loss* untuk berbagai kondisi dapat dihitung dengan cara membagi masing-masing *outcomes* di dalam kolom untuk *outcomes* terbaik pada kolom yang sama.

Untuk *Favorable market*, *outcomes* terbaik adalah sebesar \$ 200.000,- hasil pada alternatif 1 (membangun pabrik besar). Sedangkan untuk *Unfavorable market*, *outcomes* terbaik adalah sebesar \$ 0, hasil pada alternatif 3 (tidak melakukan apa-apa). Adapun penentuan *opportunity loss* dikemukakan pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3. Opportunity Loss 1

Kondisi	
<i>Favorable Market</i>	<i>Unfavorable Market</i>
200.000 – 200.000	0 – (-\$ 180.000)
200.000 - 100.000	0 – (-\$ 20.000)
200.000 - 0	0 - 0

Berdasarkan informasi yang ada dalam Tabel 4.3, maka dikonstruksi nilai-nilai dalam . Tabel 4.4. yang merepresentasikan *Opportunity Loss* untuk masing-masing kondisi:

EOL (alternatif 1) = (0,50)(\$ 0) + (0,50)(180.000) = \$ 90.000,-

EQL (alternatif2) = (0,50)(\$100.000) + (0,50)(\$ 20.000) = \$ 60.000,-

EOL (alternatif3) = (0,50)(\$ 200.000) + (0,50)(\$ 0) = \$ 100.000,-

Lebih lanjut setelah dihitung *opportunity loss*, maka Tabel *Opportunity Loss* dapat dibuat sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4. Opportunity Loss 2

Alternatif	Kondisi	
	<i>Favorable Market</i> (\$ 000)	<i>Unfavorable Market</i> (\$ 000)
1. Membangun Pabrik Besar	0	180
2. Membangun Pabrik Kecil	100	20
3. Tidak Melakukan apa-apa	200	0
Probabilitas	0,50	0,50

Berdasarkan Tabel 4.4. di atas, sebaiknya pak Thomson memilih alternatif 2 yaitu membangun pabrik kecil. Karena menghasilkan *opportunity loss* terkecil. Catatan: Minimum EOL akan selalu menghasilkan EMV maksimal.

4.5. Pengambilan Keputusan Dalam Kondisi Ketidakpastian

Ketika probabilitas kejadian suatu kondisi dapat diakses, maka EMV atau EOL biasanya kriteria keputusan dapat disesuaikan. Pada saat manajemen tidak dapat mengakses probabilitas *outcomes* dapat dipercaya atau ketika hampir tidak ada data yang tersedia, maka dibutuhkan kriteria keputusan lain. Tipe problem seperti ini disebut sebagai Keputusan Dalam Kondisi Ketidakpastian dengan 5 kriteria keputusan sebagai berikut : (1) Maximax, (2) Maximin, (3) *Equally Likely*, (4) *Criterion of Realism*, dan (5) Minimax

Kriteria 1 sampai dengan kriteria 4 dapat dihitung langsung dari Tabel Keputusan, sedangkan kriteria 5 dibutuhkan Tabel *Opportunity Loss*.

1. Maximax

Kriteria maximax menemukan alternatif yang memaksimalkan *outcome* maksimum atau konsekuensi bagi setiap alternatif. Pertama Kita tempatkan *outcome* maksimum pada tiap-tiap alternatif, dan pilih alternatif itu pada angka maksimum. Sejak penempatan kriteria keputusan pada alternatif yang kemungkinannya dapat meraih *outcome* paling tinggi, kriteria ini disebut kriteria optimis. Kita dapat melihat maximaxnya pak Thomson pilihannya jatuh pada alternatif pertama

Tabel 4.5. Keputusan Maximax

Alternatif	Kondisi		<i>Minimum in Row</i> (\$ 000)
	<i>Favorable Market</i> (\$ 000)	<i>Unfavorable Market</i> (\$ 000)	
1. Membangun Pabrik Besar	200	-180	200 Maximax
2. Membangun Pabrik Kecil	100	-20	100
3. Tidak Melakukan apa-apa	0	0	0

Berdasarkan Tabel 4.5 keputusan maximax adalah membangun pabrik besar dengan hasil *minimum in row* sebesar \$ 200.000,- dengan kondisi pasar yang *favorable* (menguntungkan)

2. Maximin

Kriteria maximin menemukan alternatif yang memaksimalkan hasil yang minimum atau konsekuensi bagi setiap alternatif. Pertama tempatkan hasil minimum pada tiap-tiap alternatif dan ambil alternatif itu pada angka maksimum. Penempatan kriteria alternatif keputusan ini pada kemungkinan *opportunity loss* yang paling minim. Hal ini disebut sebagai Kriteria Keputusan Pesimistis. Dalam kasus pak Thomson pilihan maximinnya pada alternatif 3 (tidak melakukan apapun), maksimum dari angka minimum pada masing-masing baris atau alternatif .

Tabel 4.6. Keputusan Maximin

Alternatif	Kondisi		<i>Maximum in Row</i> (\$ 000)
	<i>Favorable Market</i> (\$ 000)	<i>Unfavorable Market</i> (\$ 000)	
1. Membangun Pabrik Besar	200	-180	-180
2. Membangun Pabrik Kecil	100	-20	-20
3. Tidak Melakukan apa-apa	0	0	0 Maximin

Berdasarkan Tabel 4.6 keputusan maximin adalah tidak melakukan apa-apa dengan hasil *minimum in row* sebesar \$ 0,- .

3. *Equality Likely (Laplace)*

Equally likely sering disebut Laplace, merupakan kriteria keputusan untuk menentukan alternatif pada angka rata-rata *outcomes* yang paling tinggi. Pertama kita hitung rata-rata *outcomes* setiap alternatif, dengan cara menjumlahkan semua *outcomes* dan dibagi angka masing-masing *outcomes*.

Kemudian pilih alternatif pada angka maksimum. Pendekatan Laplace mengasumsikan bahwa semua kemungkinan dari kejadian untuk masing-masing kemungkinan kondisi .

Tabel 4.7. Keputusan Laplace (*Equally likely*)

Alternatif	Kondisi		Row Average (\$ 000)
	<i>Favorable Market</i> (\$ 000)	<i>Unfavorable Market</i> (\$ 000)	
1. Membangun Pabrik Besar	200	-180	10
2. Membangun Pabrik Kecil	100	-20	40
3. Tidak Melakukan apa-apa	0	0	0

Berdasarkan Tabel 4.7 keputusan Laplace adalah membangun pabrik kecil dengan hasil *Row Average* sebesar \$ 40,000- .

4. *Criterion of Realism (Hurwics Criterion)*

Kriteria Realisme (Kriteria Hurwics) adalah kriteria keputusan yang menggabungkan antara keputusan optimistik dan keputusan pesimistik. Kriteria ini menggunakan Koefisien Realisme () yang mempunyai *range* (jarak) angka antara 0 sampai dengan 1. Jika mendekati angka 1, maka *decision maker* optimis terhadap masa depan dan jika mendekati angka 0, maka *decision maker* pesimis terhadap masa depan.

Adapun Formula perhitungan:

$$\text{Kriteria Realisme} = (\text{angka maksimum baris}) + (1 - \text{ }) (\text{angka minimum baris})$$

Untuk kasus pak Thomson misalnya sebesar 0,80 untuk memilih alternatif 1, maka:

$$(0,80)(\$200.000) + (0,20)(\$180.000) = \$ 124.000$$

Tabel 4.8. Keputusan Realistis

Alternatif	Kondisi		Criterium of Realism or Weighted Average (\$ 000)
	<i>Favorable Market</i> (\$ 000)	<i>Unfavorable Market</i> (\$ 000)	
1. Membangun Pabrik Besar	200	-180	124 <i>Realism</i>
2. Membangun Pabrik Kecil	100	-20	76
3. Tidak Melakukan apa-apa	0	0	0

Berdasarkan Tabel 4.8 keputusan Realistis adalah membangun pabrik besarl dengan hasil *Criterium of Realism or Weighted Average* sebesar \$ 40,000- .

5. Minimax

Kriteria keputusan terakhir yang kita diskusikan adalah berdasarkan pada *opportunity loss*. Kriteria Minimax menemukan alternatif yang memperkecil *opportunity loss* yang maksimum diantara masing-masing alternatif. Pertama kita pilih *opportunity loss* yang maksimum masing-masing alternatif. Kemudian pilih alternatif yang mempunyai angka minimum.

Tabel 4.9. Keputusan Minimax

Alternatif	Kondisi		<i>Maximum in Row</i> (\$ 000)
	<i>Favorable Market</i> (\$ 000)	<i>Unfavorable Market</i> (\$ 000)	
1. Membangun Pabrik Besar	0	180	180
2. Membangun Pabrik Kecil	100	20	100 Minimax
3. Tidak Melakukan apa-apa	200	0	200

Berdasarkan Tabel 4.9 keputusan Minimax adalah membangun pabrik kecil dengan hasil *Maximum in row* \$ 100,000- .

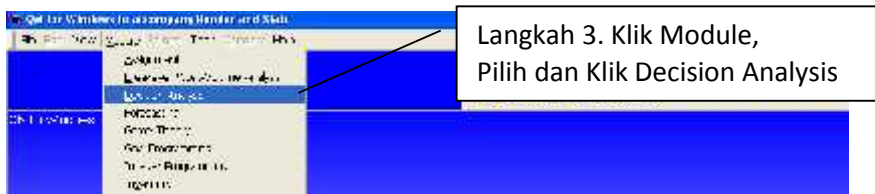
4.6. Aplikasi Program QM Dalam Teori Keputusan

1. Buka Program *QM for Windows*.

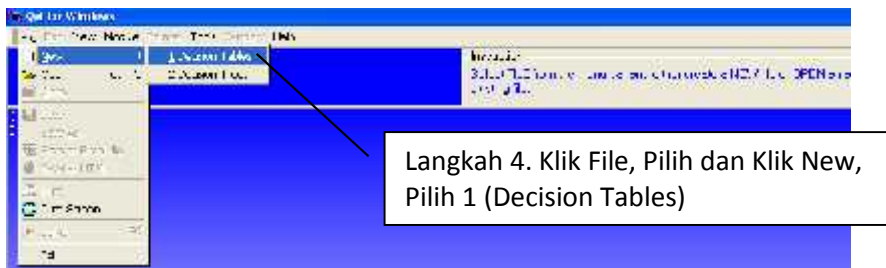


2. Klik Ok

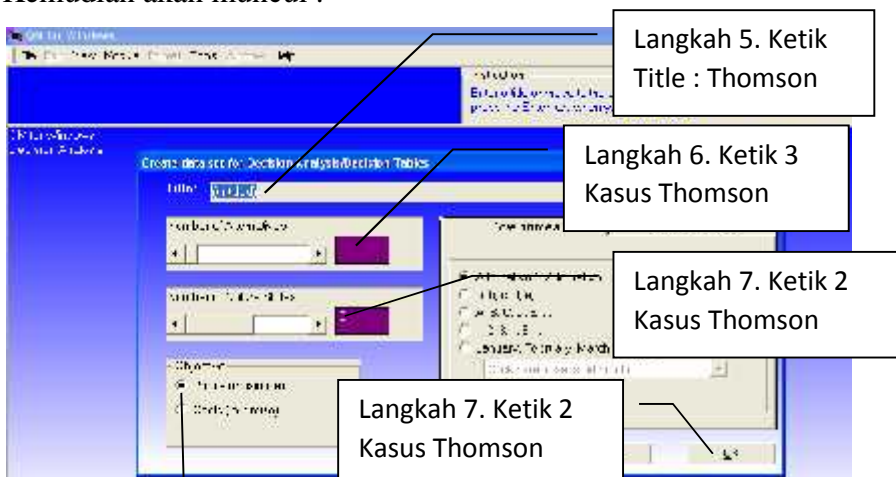
3. Klik *Module*, kemudian pilih *Decision Analysis*



4. Klik *File*, kemudian klik *New* (akan nampak : 1 *Decision tables* dan 2. *Decision trees*. Pilih 1 (*decision tables*))



Kemudian akan muncul :



5. Ketik Judul pada baris *Title* (*Thomson*)

6. Pilih jumlah alternatif pada baris *Number of Alternatives* untuk kasus Thomson ada 3 (Membangun pabrik kecil, dan tidak melakukan apa-apa)

Langkah 8a. Klik *Profit (Maximize)*

- Pilih jumlah kondisi pada kotak *Number of Nature State* untuk kasus Thomson ada 2 (*Favorable* dan *Unfavorable*)
- Klik *Maximize* pada kotak *Objective*, Klik Ok

Akan muncul :



- Ketik angka-angka dari tabel formulasi masalah (alternatif keputusan dan probabilitas kondisi masing-masing):



- Klik *File* dan *Solve* (F9)

Print Out Contoh Soal Thomson



Berdasarkan *print out* (*Decision Table Result*) *Expected Monetary Value* (EMV) adalah sebesar 40 dengan alternatif pilihan keputusan yaitu Membangun pabrik kecil, Maximin adalah 0 dengan keputusan tidak melakukan apa-apa, serta Maximax adalah 20 dengan pilihan keputusan Membangun pabrik besar.

Bab 5

TEORI PERMAINAN

5.1. Pendahuluan

Teori Permainan adalah studi mengenai bagaimana merumuskan strategi optimal dalam suasana konflik. Disebabkan karena kompleksitas pendekatan matematika dari teori permainan, maka suplemen ini terbatas pada dua orang dan tidak ada permainan (*zero sum games*). Dua orang pemain memungkinkan dua orang atau dua kelompok dapat dilibatkan pada permainan. Jumlah nol (*zero sum*) dimaksudkan sebagai jumlah kerugian dari salah satu pemain harus seimbang dengan jumlah keuntungan untuk pemain lainnya.

Dalam perkataan lain, penjumlahan antara kerugian dari salah satu pemain dengan keuntungan dari pemain lainnya adalah = 0.

Bergantung kepada *payoffs* (imbalan) aktual pada permainan dan ukuran dari permainan, sejumlah teknik solusi dapat digunakan. Strategi murni dalam permainan, merupakan sebagai alat strategi dapat dibuat tanpa melakukan kalkulasi (perhitungan). Ketika dalam situasi tidak ada satupun strategi murni, juga sering disebut sebagai “*saddle point* (titik pelana), sebagai alat untuk kedua pemain, perlu digunakan teknik lain; pendekatan strategi gabungan (*mixed strategy approach*), Strategi dominasi (*dominance strategy*), dan solusi komputer untuk permainan yang melibatkan lebih besar dari 2 x 2 pemain.

Persaingan merupakan faktor penting dalam pembuatan keputusan (*Decision-making*). Strategi yang diambil oleh suatu organisasi, atau seorang individu secara dramatis dapat mempengaruhi (*outcome*), atau hasil dari sebuah keputusan. Pada industri mobil, antara lain; strategi dari pesaing (kompetitor) untuk memperkenalkan model mobil tertentu dengan fitur tertentu dapat secara dramatis mempengaruhi keputusan pembuat mobil lainnya.

Dunia bisnis dewasa ini, tidak dapat membuat keputusan penting tanpa mempertimbangkan apa yang dilakukan atau mungkin dilakukan oleh organisasi lain atau individu lain.

5.2. Pengertian Teori Permainan

Teori Permainan adalah suatu cara untuk mempertimbangkan dampak dari strategi dari orang lain terhadap strategi dan outcome kita. Permainan adalah suatu kontes (pertandingan) yang melibatkan dua atau lebih pembuat keputusan, yang masing-masing pembuat keputusan (*decision maker*) ingin keluar sebagai pemenang dalam pertandingan..Teori Permainan adalah pembahasan mengenai bagaimana memformulasikan strategi optimal dan konflik.

Studi Teori Permainan dikembangkan pada tahun 1944, ketika John Von Neumann dan Oscar Morgenstern menerbitkan buku klasik mereka, yaitu: *Theory of Games and Economic Behavior* (Teori dari Permainan dan Perilaku Ekonomi). Sejak itu, Teori Permainan telah dipergunakan oleh para Jenderal angkatan perang untuk merencanakan strategi peperangan, oleh perkumpulan negosiator dan manajer secara kolektif, dan dengan semua jenis dunia bisnis untuk menentukan strategi terbaik dalam lingkungan persaingan bisnis.

Teori Permainan berlanjut hingga dewasa ini, ketika pada 1994, John Harsanyi, John Nash, dan Reinhard Selten secara bersama-sama menerima Hadiah Nobel di bidang ekonomi dari *the Royal Swedish Academy of Sciences*, atas hasil kerja mereka dalam mengembangkan teori klasik John Van Neumann secara individu dengan pendugaan dari Teori Permainan *non-cooperative*. Nash mengembangkan konsep ekuilibrium disebut sebagai *Bargaining Problem*, yaitu Teori Permainan *Modern Corner-Stone*.

Model-model diklasifikasikan oleh jumlah pemain, penjumlahan dari semua *payoff* (imbalan), dan jumlah strategi yang digunakan. Berhubungan dengan kompleksitas matematika dari teori permainan, maka analisis dalam buku ini dibatasi pada 2 orang pemain dan *zero sum*. Salah satu pihak dari dua orang pemain, hanya dua pihak yang dapat bermain seperti pada kasus dari serikat buruh dalam satu sesi tawar menawar (*bargaining position*).

Secara sederhana, pak X dan pak Y mewakili dua pemain, zero-sum dimaksudkan bahwa jumlah kekalahan dari salah satu pemain harus sama dengan jumlah kemenangan dari pemain lainnya. Dengan demikian, jika pak X menang Rp 20, maka pak Y menderita kekalahan sebanyak Rp 20. Jika jumlah kekalahan pak Y + jumlah kemenangan X = 0.-

5.3. Bahasa Permainan

Untuk memperkenalkan notasi yang dipergunakan dalam teori permainan, kita mempertimbangkan satu permainan sederhana. Jika di situ hanya ada dua Toko Pengatur Cahaya, X dan Y yang terletak di Urbana dan Illinois (sering disebut duopoly). Masing-masing toko mempunyai *Market Share* yang stabil hingga sekarang, tapi keadaan berubah ketika anak perempuan dari pemilik toko X yang baru saja menyelesaikan studi MBAny dan telah mengembangkan dua strategi periklanan yang berbeda, satu menggunakan spot radio dan lainnya menggunakan surat kabar. Pada saat pemilik toko Y mendengar strategi tersebut, maka pemilik toko Y juga mempersiapkan strategi periklanan yang sama (radio dan surat kabar).

Matrik *Payoff* (imbalan) 2 x 2 pada Tabel 5.1 menunjukkan apa yang akan terjadi pada *Market Share*, ketika (toko X dan toko Y) memulai strategi periklanan tersebut. Berdasarkan konvensi, pemberian imbalan (*payoff*) menunjukkan hanya untuk pemain pertama dalam hal

kasus ini adalah pemain X. Masing-masing Imbalan (*payoff*) untuk Y menjadi minus (-). Untuk permainan ini, hanya ada dua strategi yang dapat digunakan oleh masing-masing pemain. Jika Toko Y memiliki strategi ketiga, maka kita akan mendapatkan 2 x 3 matrik *payoff*.

Tabel 5.1. Matriks *Payoff*

		Strategi Permainan Pemain Y	
		Y1 (Radio)	Y2 (Surat Kabar)
Strategi Permainan Pemain X	X1 (Radio)	3	5
	X2 (Surat Kabar)	1	-2

Angka positif di dalam Tabel 5.1 berarti toko X yang menang dan Y kalah. Angka negatif berarti toko Y menang dan toko X kalah. Hal ini diperjelas dalam tabel yang disukai oleh pesaing toko X (toko Y), jika semua nilai positif satu. Jika permainan disukai oleh pemain (toko Y), maka nilai pada Tabel 5.1., adalah negatif.

Dengan kata lain, permainan di dalam Tabel 5.1 adalah bias dari melawan toko Y. Meskipun, Y harus mematuhi peraturan, dia harus bermain dan memperkecil total kekalahan. Untuk melakukan ini, maka pemain Y akan menggunakan kriteria minimax.

Tabel 5.2. *Outcome* Permainan

Strategi Toko X	Strategi Toko Y	<i>Outcome</i> (% Perubahan <i>Market Share</i>)
X1 (Radio)	Y1 (Radio)	X menang 3 dan Y kalah 3
X1 (Radio)	Y2 (Surat Kabar)	X menang 5 dan Y kalah 5
X2 (Surat Kabar)	Y1 (Radio)	X menang 1 dan Y kalah 1
X2 (Surat Kabar)	Y2 (Surat Kabar)	X kalah 2 dan Y menang 2

5.4. Kriteria Minimax

Seorang pemain akan menggunakan kriteria minimax akan menseleksi strategi meminimumkan kemungkinan kekalahan yang maksimal. Untuk jelasnya kita dapat kembali melihat pada Tabel 5.3 yang mengilustrasikan kriteria minimaks, 2 orang pemain dalam permainan *zero-sum* dengan strategi untuk pemain Y pada kolom dalam Tabel. Tambahkan nilai untuk X dan kekalahan bagi pemain Y. Pemain Y melihat kekalahan maksimum sebesar 3 jika memilih strategi Y1, jika memilih strategi Y2, maka kekalahan maksimum adalah sebesar 5, oleh karena itu pemain Y harus memilih strategi Y1 untuk meminimisasi kekalahan maksimum (minimaks). Ini disebut nilai atas dari permainan (*upper value of game*). Nilai tertinggi dari permainan seimbang dengan nilai minimum dalam kolom maksimum

Tabel 5.3. Saddle Point

<i>Saddle Point</i>			
	Y1	Y2	Minimum
X1	3	5	3
X2	1	-2	-2
Maksimum	3	5	

Minimum Of
maximums

Maximum Of
minimums

Untuk mempertimbangkan strategi maksimum untuk pemain X (strategi mana yang sesuai dengan baris dalam tabel, kita dapat melihat masing-masing *payoff* (imbalan) minimum pada baris. *Payoff* +3 jika memilih strategi X1 dan -2 jika memilih strategi X2. Maksimum dari nilai minimum sebesar +3 jika memilih strategi X1. Nilai +3 disebut nilai lebih rendah dari permainan (*lower value of the game*). Nilai terendah dari permainan seimbang dengan nilai maksimum dalam baris minimum.

Jika nilai lebih rendah dan nilai lebih tinggi dari permainan adalah sama, maka angka ini disebut Nilai dari permainan (*Value of the game*), dan akan berada dalam kondisi seimbang (*Saddle Point*).

Berkaitan dengan Tabel 5.3, Nilai Permainan adalah sebesar 3, nilai ini merupakan nilai *upper* dan *lower*. Nilai Permainan adalah rata-rata, atau *expected game outcome* (imbalan permainan yang diharapkan) jika permainan dilakukan tidak dibatasi kapan selesainya.

Dalam mengimplementasikan strategi Minimaks, pemain Y akan menemukan nilai maksimum yang terletak pada kolom dan memilih angka minimum pada kolom tersebut. Sedangkan dalam implementasi strategi Maksimin, pemain X akan menemukan nilai minimum yang terletak pada baris dan memilih angka maksimum pada baris tersebut.

5.5. Strategi Murni

Pada saat nilai *Saddle Point* ditemukan, maka strategi masing-masing pemain harus mengikuti dan selalu akan jadi sama tanpa harus melihat strategi pemain lainnya. Hal ini disebut strategi murni. *Saddle Point* adalah titik kondisi dimana kedua pemain sedang menghadapi strategi murni.

Dengan mempergunakan kriteria Minimax, kita melihat bahwa permainan di Tabel 5.3 mempunyai *Saddle Point* dan dengan demikian merupakan contoh dari satu Strategi Murni dari sebuah permainan. Hal ini menguntungkan pemain X dan untuk pemain Y untuk selalu memilih satu strategi.

Pemain X akan memilih strategi X1, selama *payoff* X1 > *payoff* untuk strategi X2. Pada saat yang sama apa yang akan dilakukan oleh pemain Y. Mengetahui bahwa pemain X akan memilih X1, maka pemain Y akan memilih strategi Y1 dan akan menderita kekalahan sebanyak 3. Catatan di dalam contoh adalah 3 angka terbesar dalam kolom dan angka terkecil dalam baris.

Contoh lain dari Strategi Murni di dalam teori permainan dikemukakan pada Tabel 5.4., Perhatikan bahwa nilai 6 adalah angka paling rendah di dalam baris angka paling tinggi di kolom. Dengan demikian, saddle point mengindikasikan pemain X akan memilih strategi X1 dan strategi Y2 akan dipilih oleh pemain Y. Nilai dari permainan ini adalah 6

Tabel 5.4. Strategi Murni

		Strategi Pemain Y		Baris Minimum
		Y1	Y2	
Strategi Pemain X	X1	10	6	6
	X2	-12	2	-12
Kolom Maximum		-10	6	

5.5. Strategi Gabungan

Pada strategi campuran, masing-masing pemain harus mengoptimalkan keuntungan yang diharapkan (*expected gain*). Pada saat tidak ada nilai *Saddle Point*, maka para pemain akan memainkan masing-masing strategi dengan persentase waktu tertentu. Kondisi ini disebut sebagai strategi campuran dari suatu permainan.

Cara umum untuk menyelesaikan permainan untuk strategi campuran adalah dengan mempergunakan keuntungan yang diharapkan, atau kerugian yang diharapkan (*expected gain/loss*). Tujuan pendekatan ini adalah untuk pemain yang akan memainkan masing-masing strategi dengan suatu persentase waktu tertentu dimana nilai *expexted* dari permainan tidak tergantung kepada apa yang dilakukan oleh lawan. Hal ini akan terjadi jika nilai yang diharapkan dari masing-masing strategi adalah sama.

Tabel 5.5. Permainan Untuk Strategi Gabungan

		Strategi Pemain Y	
		Y1	Y2
Strategi Pemain X	X1	4	2
	X2	1	10

Pertimbangkan permainan yang ditampilkan Tabel 5.5, tampak tidak ada *Saddle Point*, sehingga ini merupakan strategi campuran dalam teori permainan. Pemain Y harus menentukan persentase waktu untuk memainkan strategi Y1, dan persentase waktu untuk memainkan strategi Y2. P adalah persentase waktu pemain Y memilih strategi Y1, dan $1 - P$ adalah persentase waktu pemain Y memilih Y2. Kita harus memberi bobot *payoff* (imbalan) terhadap persentase tersebut untuk menghitung tingkat keuntungan yang diharapkan (*Expected gain*) untuk masing-masing strategi berbeda yang dipilih oleh pemain X

Contoh soal 5.1

Jika pemain X memilih strategi X1, kemudian P adalah persentase *payoff* (imbalan) untuk Y adalah 4, dan $1-P$ persentase *payoff* sebesar 2, seperti terlihat pada Tabel 5.6. Dengan cara yang sama, jika pemain X memilih strategi X2, kemudian P persentase *payoff* untuk Y sebesar 1 dan $1-P$ persentase *payoff* sebesar 10. Kalau nilai harapan (*expetced*) adalah sama bagi kedua pemain.

Tabel 5.6. Strategi Gabungan dengan Persentase

		Y1	Y2	<i>Expected gain</i>
		P	1-P	
X1	Q	4	2	$4P + 2(1-P)$
X2	1-Q	1	10	$1P + 10(1-P)$
<i>Expected gain</i>		$4Q + 1(1-Q)$	$2Q + 10(1-Q)$	

Kemudian *expected value* untuk pemain Y tidak akan tergantung kepada strategi yang dipilih oleh pemain X. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan permasalahan ini, kita membuat dua set *expected gain* yang sama sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 4P + 2(1-P) &= 1P + 10(1-P) \\
 4P + 2 - 2P &= 1P + 10 - 10P \\
 2P + 2 &= -9P + 10 \\
 2P + 9P &= 10 - 2 \\
 11P &= 8 \\
 P &= 8/11
 \end{aligned}$$

dan $1 - P = 1 - 8/11 = 3/11$

Kemudian 8/11 dan 3/11, mengindikasikan untuk pemain Y akan memilih strategi Y1 dan Y2 . Perhitungan persentase *expected value* sbb:

$$1P + 10(1-P) = 1(8/11) + 10(3/11) = 3,46$$

Untuk melakukan analisis serupa untuk pemain X, katakanlah Q adalah persentase pemain X memainkan strategi X1 , dan 1 - Q adalah persentase memainkan strategi X2. Dengan mempergunakan masalah ini, kita dapat menghitung keuntungan yang diharapkan (*expected gain*) yang dikemukakan pada Tabel 5.6. Kita menset sama ini, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 4Q + 1(1 - Q) &= 2Q + 10(1 - Q) \\
 4Q + 1 - Q &= 2Q + 10 - 10Q \\
 3Q + 1 &= 8Q + 10 \\
 3Q + 8Q &= 10 - 1 \\
 11Q &= 9 \\
 Q &= 9/11
 \end{aligned}$$

dan $1 - Q = 2/11$

Kemudian 9/11 dan 2/11, mengindikasikan untuk pemain X akan memilih strategi X1 dan X2 . Perhitungan persentase *expected value* sbb:

$$2Q + 10(1-Q) = 2(9/11)+10(2/11)= 18/11 + 20/11= 1,64 + 1,82= 3,46$$

5.7. Strategi Dominasi

Prinsip dari dominasi (menguasai) biasanya mengurangi ukuran permainan dengan cara mengeliminasi (menghilangkan) strategi yang tidak akan pernah dimainkan. Sebuah strategi untuk seorang pemain disebut sebagai strategi dominasi jika pemain senantiasa dapat melakukan strategi permainan yang lebih dari strategi pemain lainnya (lawan).

Sebuah strategi dominasi dapat dieliminasi dari permainan. Dengan kata lain, satu strategi dapat dihilangkan jika semua permainan dapat menghasilkan (*outcomes*) adalah sama, atau lebih buruk dibandingkan dengan *outcomes* dari strategi lain dalam permainan. Prinsip strategi dominasi, kita menghilangkan (mengeliminasi) ukuran dari permainan sebagai berikut:

Strategi Pemain X

	Y1	Y2
X1	4	3
X2	2	20
X3	1	1

Di dalam permainan, X3 tidak akan pernah dimainkan oleh Pemain X karena strategi X1 dan X2 lebih bagus untuk dimainkan.
Permainan baru

	Y1	Y2
X1	4	3
X2	2	20

Strategi Pemain Y

	Y1	Y2	Y3	Y4
X1	-5	4	6	-3
X2	-2	6	2	-20

Dalam permainan ini, Y tidak akan memainkan strategi Y2 dan Y3, sebab Y strategi Y1 dan Y4 lebih baik bagi pemain Y

	Y1	Y4
X1	-5	-3
X2	-2	-20

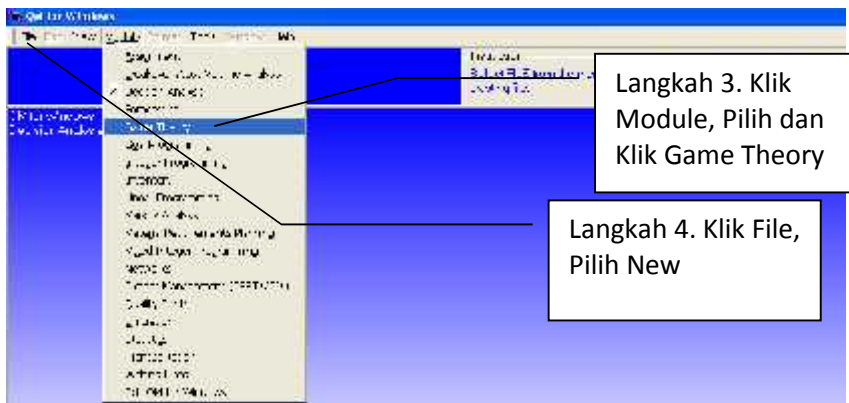
5.7. Aplikasi Program QM pada Teori Permainan

1. Buka Aplikasi *QM for Windows*

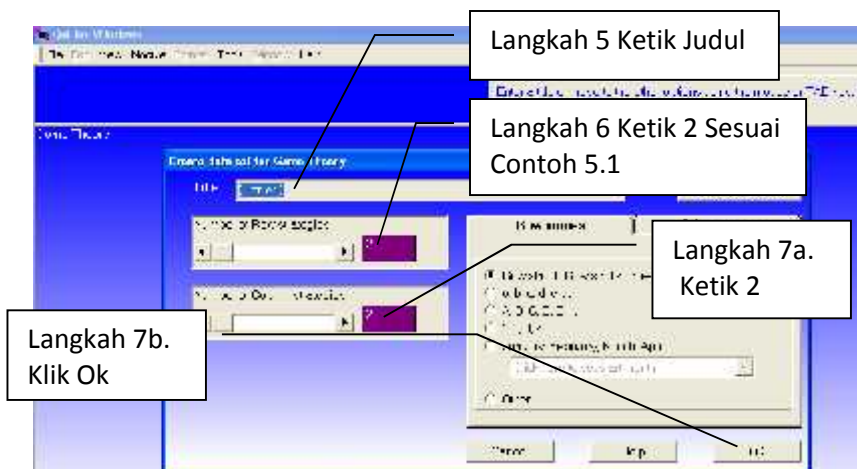


2. Klik Ok

3. Klik *Module* pada sudut kiri atas, kemudian pilih *Game Theory*.



4. Pilih *File* pada sudut kiri atas, Klik *New* (Ctrl+N)



5. Ketik nama atau judul pada kotak *Title*

- Pilih *Number of Row Strategies* (jumlah baris alternatif strategi pada Contoh Soal 5.1 Teori Permainan) dengan cara mengklik anak panah arah kanan, jika jumlah baris alternatifnya > 2 , dan klik anak panah arah kiri, jika jumlah baris alternatifnya < 2 .
- Pilih *Number of Column Strategies* (jumlah kolom alternatif strategi dengan cara yang sama dengan langkah 5 dan Klik Ok. Akan muncul seperti berikut:

	Kolom 1	Kolom 2
Baris 1	0	1
Baris 2	0	0

Isi angka-angka Contoh Soal 5.1. sebagai berikut:

	1	2
C	-1	1
S	1	0

- Klik *File* dan pilih *solve* (F9)

Print out

	Y1	Y2	Expected Value
X1	0	1	0,4545
X2	1	0	0,1818
Column Mix	0,7273	0,2727	
Value of the Game	0,4545	0,1818	

Nilai permainan $\{value\ of\ the\ game\ (to\ row)\}$ adalah 3,4545 pemain Y akan memainkan strategi Y1 dengan nilai Column Mix sebesar 0,7273

	Col 1 (Y1)	Col 2 (Y2)	Expected Value (to row)
Row 1 (X1)	0	1	0,4545
Row 2 (X2)	1	0	0,1818
Column Mix	0,7273	0,2727	
Value of the Game	0,4545	0,1818	

Berdasarkan *print out* (*Row's Expected Values*, atau Nilai kolom yang diharapkan oleh pemain Y), tampak kolom gabungan 1 x *cell payoff* untuk strategi Y1 adalah sebesar 0,7273, sedangkan untuk kolom gabungan 1 x *cell payoff* untuk strategi Y2 adalah sebesar 0,2727.

Opt for Windows - (Column's repeated values)

File Name: Book1 - Excel - This Device - Mp

Method(s):
This table contains data extracted from data sources. The data is presented by using the Opt for Windows - (Column's repeated values).

Opt for Windows

	Optimized (%)	1)	2)
Pre-Load (Kilobyte)	0.000	0.000	0.014
Pre-Write (Kilobyte)	0.000	0.000	0.000
External View (Kilobyte)		0.000	0.000
Source (Kilobyte)	0.000		

Opt for Windows - (Row's repeated values)

File Name: Book1 - Excel - This Device - Mp

Method(s):
This table contains data extracted from data sources. The data is presented by using the Opt for Windows - (Row's repeated values).

Opt for Windows

	1)	2)	Row's duplicated	4x10th
1)	4	0	2	0
2)		10		
External View (Kilobyte)	4	10		
Source (Kilobyte)	4			

Opt for Windows - (Row's repeated values)

File Name: Book1 - Excel - This Device - Mp

Method(s):
This table contains data extracted from data sources. The data is presented by using the Opt for Windows - (Row's repeated values).

Opt for Windows

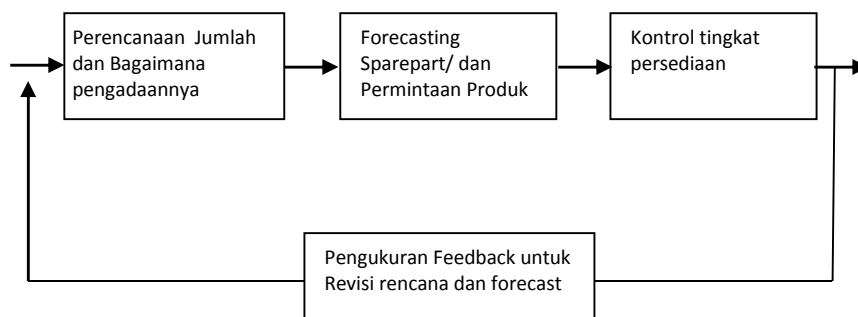
1)	0.000
2)	0.000
External View (Kilobyte)	0.000
Source (Kilobyte)	0.000

Bab 6

PENGENDALIAN PERSEDIAAN

6.1. Pendahuluan

Persediaan merupakan salah satu asset yang paling mahal dan penting bagi kebanyakan perusahaan, bahkan persediaan dapat mewakili sekitar 50% total investasi perusahaan. Pada satu sisi, suatu perusahaan dapat berusaha mengurangi biaya dengan mengurangi tingkat persediaan. Pada sisi lain, pelanggan dapat menjadi tidak puas ketika terjadi kekurangan persediaan. (*stockouts*). Dengan demikian manajemen perusahaan harus membuat keputusan persediaan yang seimbang (tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil) dan dapat meminimisasi biaya pengadaan persediaan.



Gambar 6.1. Perencanaan dan Pengendalian Persediaan

6.2. Arti Penting Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan memiliki beberapa fungsi penting dan memberi nilai tambah terhadap fleksibilitas dan ketangguhan operasi perusahaan.. Ada 5 hal pertimbangan dalam pengambilan keputusan persediaan sebagai berikut:

1. Fungsi *decoupling*
2. Penyimpanan sumber daya
3. Permintaan dan Penawaran persediaan yang tidak beraturan
4. Diskon karena membeli dalam jumlah besar
5. Menghindari kekurangan dan *stockouts* persediaan

1. *The decoupling function*

Fungsi utama dari persediaan adalah mencakup keseluruhan proses pelaksanaan roda organisasi setiap hari. Jika perusahaan tidak menyimpan persediaan, maka dapat terjadi banyak penundaan dan inefisiensi. Antara lain; ketika akan memulai aktivitas pabrik, maka harus

dilengkapi dengan persediaan yang cukup. Oleh karena itu manajemen perusahaan membutuhkan *buffer stock* (persediaan penyangga).

2. Storing Resources

Produk-produk pertanian dan produk hasil perikanan sering mempunyai keterbatasan musim pembudidayaan hasil-hasil produk pertanian dan penangkapan ikan, akan tetapi permintaan untuk produk ini relatif tetap sepanjang tahun. Pada kasus ini diperlukan gudang penyimpanan persediaan (*Cold Storage*).

Pada satu proses pabrikasi, persediaan, bahan baku (*raw materials*), barang dalam proses (*work-in-process*), atau pada produk jadi (*finished good*) dengan sendirinya dapat disimpan di *cold storage*. Dengan demikian jika perusahaan kita membuat mesin pemotong rumput, maka perusahaan mungkin memperoleh ban mesin pemotong rumput dari pabrik lain. Jika perusahaan memiliki 400 mesin pemotong rumput (*finished good*) dan persediaan ban sebanyak 300 buah, maka perusahaan sebenarnya mempunyai persediaan barang jadi sebanyak 1,900 ban yang disimpan sebagai persediaan ($300 + 400 \times 4$).

3. Irregular supply and demand

Ketika permintaan dan penawaran persediaan barang tidak setiap saat ada (*irregular*), maka jumlah persediaan yang disimpan menjadi penting. Kalau permintaan dalam jumlah besar barang minuman Diet selama musim panas, maka manajemen harus memastikan persediaan yang cukup untuk melayani permintaan yang tidak beraturan ini (tergantung pada musim). Pada musim dingin persediaan dapat dikurangi.

4. Quantity Discounts

Penggunaan persediaan barang yang ditujukan untuk mengambil keuntungan dari diskon kuantitas. Banyak penyalur menawarkan diskon untuk pembelian dalam jumlah tertentu. Sebagai contoh, untuk membuat satu alat gergaji ukir elektrik dibutuhkan biaya \$10 per unit. Kalau perusahaan mengorder 300 atau lebih gergaji maka supplier menurunkan menjadi \$8,75 perunit. Pembelian dalam partai besar secara substansial dapat mengurangi harga. Meskipun demikian, ada beberapa kerugian dari pembelian dalam partai besar, karena muncul biaya yang lebih tinggi pada biaya simpan. dan biaya lebih tinggi berkaitan dengan produk cacat, munculnya kerusakan di gudang, pencurian, asuransi, investasi dalam persediaan dan seterusnya.

5. Avoiding Stockouts and Shortages

Fungsi penting lainnya dari persediaan barang adalah untuk menghindari kekurangan atau *stockouts*. Kalau perusahaan berulang-kali tidak ada persediaan, maka pelanggan mungkin akan beralih ke tempat lain untuk memuaskan kebutuhan mereka. Kehilangan nama baik (*goodwill*)

6.3. Jenis dan Sifat Perputaran Persediaan

Jenis persediaan yang ada dalam sebuah perusahaan pada umumnya ada 2 macam yaitu:

1. Perusahaan Perdagangan

Inventory of merchandise yang memiliki sifat perputaran (*turnover*) yang sama, dibeli kemudian dijual kembali tanpa melalui proses *value added*.

2. Perusahaan Pabrik, ada 3 yaitu;

a. *Inventory of raw materials*

b. *Inventory of work in process*

c. *Inventory of finished goods*

Formula *merchandise turnover*

$$\begin{aligned} \text{Merchandise turnover} &= \frac{\text{Net Sales}}{\text{Average Inventory of merchandise}} \\ &= \frac{\text{Cost of Good Sold}}{\text{Cost average inventory of merchandise}} \\ \text{Average Inventory of Merchandise} &= \frac{\text{Inventory awal} + \text{Inventory akhir}}{2} \end{aligned}$$

Contoh Soal 6.1:

Data-data perusahaan "ABC" Kendari sbb:

Persediaan barang dagangan (1/1/2010)	Rp 900.000
Pembelian selama tahun 2010	<u>Rp 4.200.000 (+)</u>
<i>Inventory</i> yang tersedia	Rp 5.100.000
Persediaan barang dagangan (31/12/2010)	<u>Rp 1.100.000 (-)</u>
<i>Cost of good sold</i> (HPP)	Rp 4.000.000

Jumlah hari kerja dalam 1 tahun = 300 hari.

Jawab Soal 6.1:

$$\begin{aligned} & 900.000 + 1.100.000 \\ \text{Average Inventory of merchandise} &= \frac{\text{-----}}{2} \\ &= 1.000.000 \\ \text{Merchandise turnover} &= 4.000.000/1.000.000 = 4 \\ \text{Jumlah hari kerja} &= 300. \\ \text{Jumlah rata-rata hari penjualan/barang disimpan di gudang :} & \\ & 300/4 = 75 \text{ hari.} \end{aligned}$$

Jumlah hari penjualan juga dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\frac{365 \times \text{rata-rata persediaan}}{\text{Cost of good sold (HPP)}}$$

Berdasar contoh soal, hari kerja 1 thn = 300, sehingga,

$$300 \times 1.000.000/4.000.000 = 300.000.000/4.000.000 = 75 \text{ hari}$$

6.4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Besarnya Persediaan

Pembahasan persediaan dalam perusahaan pabrikan, maka besar kecilnya persediaan dipengaruhi oleh faktor-faktor :

- Lead time* (masa tunggu datangnya bahan baku yang telah dipesan).
- Frekwensi penggunaan bahan baku
- Jumlah dana yang tersedia untuk pembelian bahan baku
- Jenis bahan baku (tahan lama atau tidak)

Keputusan fundamental dalam mengontrol persediaan yakni; (a) Berapa banyak yang dipesan, dan (b) Kapan memesannya

6.5. Economical Order Quantity (EOQ)

Tujuan dari teknik dan model-model persediaan adalah untuk menentukan secara rasional berapa banyak persediaan yang dipesan (*order*) saat terjadinya pemesanan. Model ini sering disingkat dengan EOQ yang dapat diartikan sebagai “Kuantitas Pesanan Yang Paling Ekonomis”. Mengetahui jumlah persediaan merupakan fungsi penting dalam sebuah organisasi. Tapi pada saat tingkat persediaan meningkat, maka akan terjadi peningkatan biaya penyimpanan. Dengan demikian, manajemen harus mampu menyeimbangkan tingkat persediaan. Satu tujuan utama dalam pengendalian persediaan adalah untuk meminimumkan total biaya persediaan barang.

Ada 2 (dua) jenis biaya dalam perhitungan: (a) *Order Cost* (biaya pesan) dan (b) *Carrying Cost* (biaya simpan). Secara rinci kedua jenis biaya tersebut dikemukakan sebagai berikut:

■ *Ordering Cost* (OC)

- Pengembangan dan pengiriman pesanan pembelian
- Proses dan inspeksi persediaan yang tiba
- Nota pembayaran (*bill paying*)
- Persediaan yang dibutuhkan
- Nota pembayaran telepon untuk bagian pembelian
- Upah/gaji untuk karyawan bagian pembelian
- Persediaan dalam bentuk kertas-kertas pada bagian pembelian

■ *Carrying Cost* (CC)

- *Cost of capital*
- Pajak
- Asuransi
- Produk cacat
- Pencurian
- Keusangan
- Upah/gaji untuk karyawan bagian pergudangan
- Biaya pembangunan untuk gudang
- Prsediaan dlm bentuk kertas-kertas pada bagian pergudangan

Asumsi dalam perhitungan EOQ antara lain sebagai berikut:

1. Jumlah permintaan diketahui dan konstan
2. *Lead time* (masa tunggu datangnya pesanan)
3. Pesanan dapat diterima tepat pada saat tingkat persediaan bahan baku = 0, atau di atas jumlah *safety stock* (persediaan minimal)
4. Tidak ada kemungkinan diskon untuk pembelian dalam jumlah yang lebih banyak.
5. Hanya terdapat 2 macam biaya yaitu; biaya pesan (*order cost*) dan biaya simpan (*carrying cost*).
6. Jumlah yang dipesan tidak termasuk *stockouts* atau kekurangan persediaan.

6.6. Metode Perhitungan EOQ :

Metode atau cara yang dapat ditempuh dalam perhitungan EOQ ada 3 macam yaitu: (1) *Basic Cost Approach*, (2) *Graphical Approach*, dan (3) *Mathematical Approach*

1. **Basic Cost Approach**

Pendekatan berdasarkan biaya dilakukan dgn cara menghubungkan antara biaya-biaya dgn persediaan bhn baku yg dibedakan dlm 3 yaitu:

1. *Order Cost (Procurement cost = Biaya pesan)*
2. *Carrying Cost (Holding cost = Biaya Simpan)*
3. *Total Cost (Biaya Total, atau TC = OC + CC)*

Sifat-sifat dari biaya tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Besar atau kecilnya OC tergantung pada frekwensi pembelian bahan baku
- b. Besar atau kecilnya CC tergantung pada jumlah persediaan bahan baku

Contoh Soal 6.2:

PT. Asri membutuhkan bhn baku sebanyak 1.000 unit, dimana bahan baku tersebut dapat diperoleh melalui pemesanan terlebih dahulu dengan biaya pesan (OC) Rp 100/pesan. Biaya simpan (CC) Rp 5/unit.

Hitunglah kuantitas pesanan yang paling ekonomis (EOQ).?

Jawab Soal 6.2 :

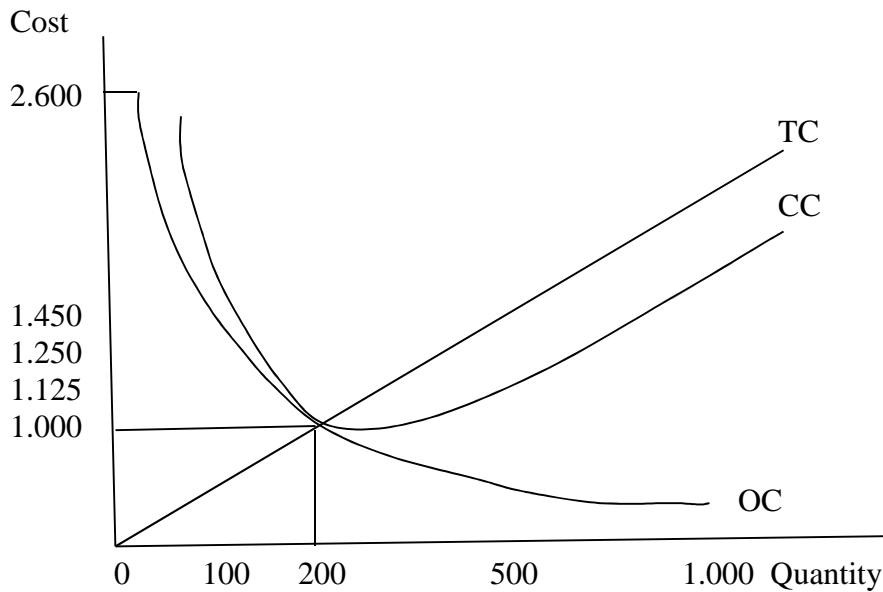
Total Cost Approach dikemukakan pada Tabel 6.1 sebagai berikut:

Tabel 6.1. Perhitungan EOQ dengan *Total Cost Approach*

Kuantitas (Demand) (Unit)	Frekwensi pembelian (Kali)	OC (Rp)	TOC (Rp)	Rata-rata Persed. (Unit)	CC (Rp)	TCC (Rp)	TC (Rp)
1	2	3	4(2)x(3)	5 (1) : 2	6	7(5)x(6)	8 (4)+(7)
1.000	1	100	100	500	5	2.500	2.600
500	2	100	200	250	5	1.250	1.450
250	4	100	400	125	5	625	1.025
200	5	100	500	100	5	500	1.000
125	8	100	800	62,5	5	312,5	1.112,5
100	10	100	1.000	50	5	250	1.250

Berdasarkan informasi perhitungan EOQ pada Tabel 6.1, maka dapat diketahui kuantitas pesanan yang paling ekonomis yaitu, sebanyak 200 unit dengan frekwensi pembelian sebanyak 5 kali pesan dan total biaya sebesar Rp 1.000,- (OC = 500 + CC = 500).

Graphical Approach



Gambar 6.2. EQQ dengan Metode Grafik

Kurve CC dimulai dari titik 0, bergerak ke kanan atas. Hal ini mengisyaratkan semakin besar kuantitas bahan baku yang dipesan, maka semakin besar pula rata-rata persediaan, sehingga menyebabkan CC semakin besar pula. Di lain pihak OC bergerak dari sisi kiri atas ke kanan bawah, mengisyaratkan semakin besar kuantitas bahan baku yang dipesan, maka frekwensi pemesanan makin kecil, sehingga OC juga semakin kecil

Mathematical Approach

$$EOQ = \sqrt{2 \cdot RO / C}$$

Dimana :

R : Kebutuhan, dalam contoh soal 6.2 = 1.000 unit

OC : *Order Cost*, dalam contoh soal 6.2 = Rp 100

CC : *Carrying Cost*, dalam contoh soal 6.2 = Rp 5/unit, sehingga jawabannya adalah sebagai berikut:

$$EOQ = \sqrt{2 \cdot 1.000 \times 100 / 5}$$

$$EOQ = \sqrt{200.000 / 5}$$

$$EOQ = \sqrt{40.000}$$

$$EOQ = 200 \text{ unit}$$

6.7. Reorder Point

Reorder point secara sederhana dapat diartikan sebagai titik dimana perusahaan harus mengadakan pemesanan kembali, agar bahan baku yang dipesan tersebut tiba tepat pada saat

persediaan bahan baku di atas *safety stock* (persediaan minimal), di samping jangka waktu yang diperlukan tibanya pesanan bahan baku tersebut.

Jika bahan baku tiba lebih awal, maka akan mengeluarkan biaya ekstra (*extra carrying cost*) dan jika bahan baku telat tiba, maka akan mengeluarkan biaya ekstra (*stock out cost*)

Contoh Soal 6.3 :

Diketahui : R = 1.000 unit, OC = Rp 100, dan CC : Rp 5/unit

EOQ = 200 unit

Lead time (LT) = 1 minggu

Safety stock (SS) = 25 unit

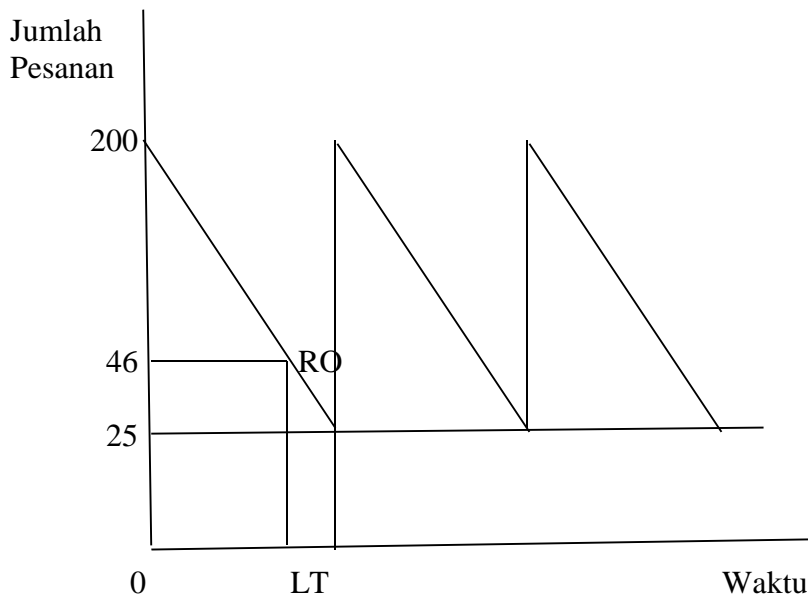
1 thn = 48 minggu

Kebutuhan perminggu = $1.000/48 = 20,83$ unit = (21 unit)

Safety stock \equiv 25 unit (+)

Jumlah = 46 unit

Jadi *Reorder point* (RO) dilakukan saat bahan baku berada pada angka 46 unit. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6.3. sebagai berikut:

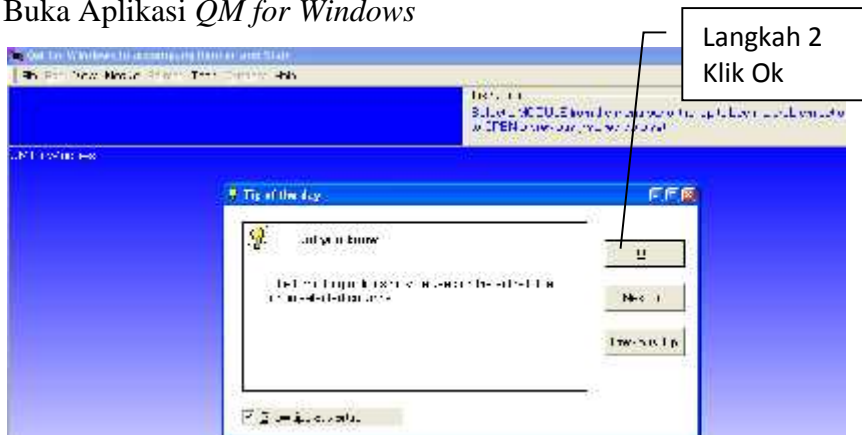


Gambar 6.3. Reorder Point

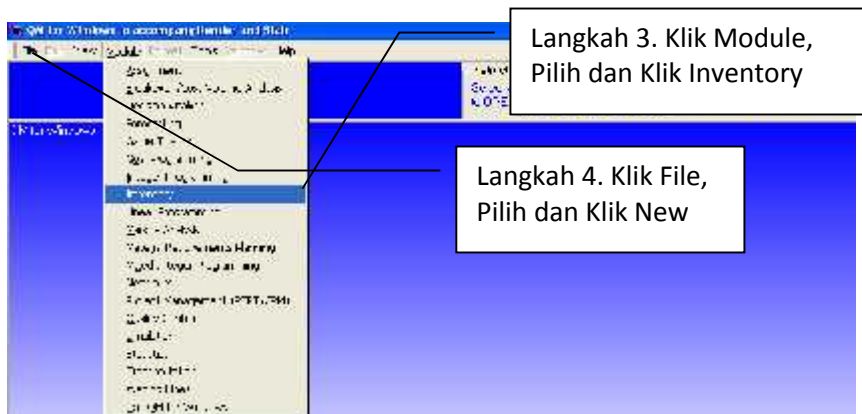
6.8. Aplikasi Program QM pada Perencanaan dan Pengendalian Persediaan

Jawaban Soal 6.2

9. Buka Aplikasi *QM for Windows*



10. Klik Ok

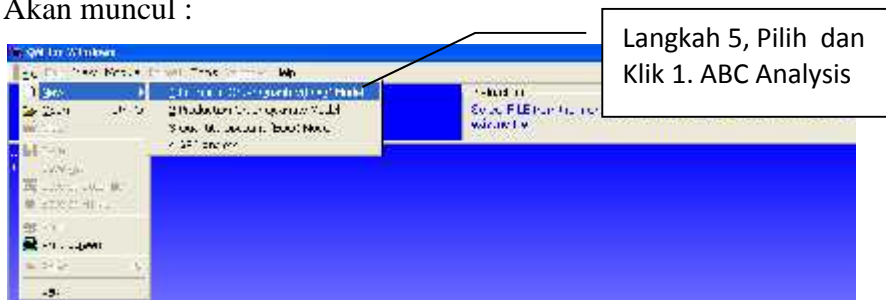


11. Klik *Module* pada sudut kiri atas, kemudian pilih *Inventory*.

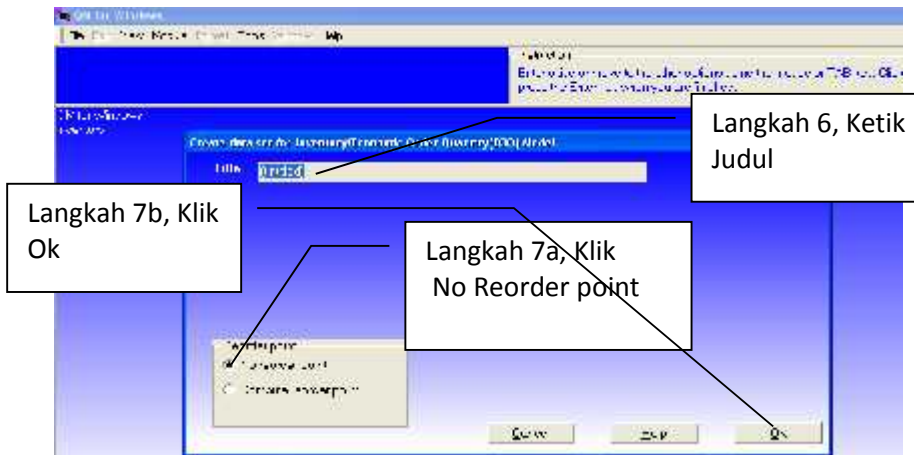
12. Pilih *File* pada sudut kiri atas, pilih dan Klik *New* (Ctrl+N).

13. Ada 4 pilihan yakni : (1) *Economic Order Quantity Model*, (2) *Production Order Quantity Model*, (3) *Quantity Discount (EOQ) Model*, (4) *ABC Analysis* (Pilih 1)

Akan muncul :



Create data set for Inventory/Economic Order Quantity (EOQ)



14. Ketik nama atau judul pada kotak *Title*
15. Pilih *No Reorder Point*, kemudian klik Ok

Akan muncul tabel seperti berikut:

Reorder point	Value
Dynamic Reorder	0
No Reorder	0
Dynamic Reorder	1
No Reorder	1

16. Isi angka-angka sesuai Contoh Soal 6.2

Reorder point	Value
Dynamic Reorder	200
No Reorder	0
Dynamic Reorder	5
No Reorder	1

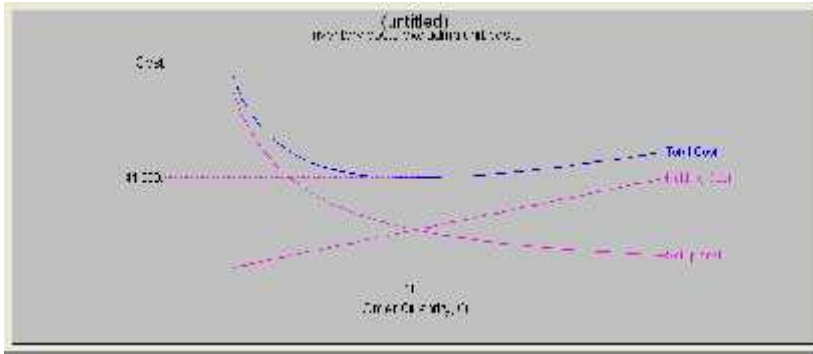
17. Klik *File*, kemudian pilih *Solve (F9)*

Print out Contoh Soal 6.2 :

Inventory	Value	Optimal Order Quantity
Dynamic Reorder	200	200
No Reorder	0	0
Dynamic Reorder	5	5
No Reorder	1	1

Berdasarkan *print out* di atas, nampak *Optimal order quantity* (Q^*) atau EOQ adalah sebanyak 200 unit, level persediaan maksimum (I_{max}) adalah sebanyak 200 unit, rata-rata

persediaan adalah sebanyak 100 unit, periode pemesanan { *orders per period (year)* } pertahun adalah sebanyak 5 kali, *Order Cost* pertahun (*annual set up cost*) adalah sebesar Rp 500, *Carrying Cost* pertahun (*annual holding cost*) adalah sebesar Rp 500,- *Unit cost* (PD) sebesar Rp 5.000, sehingga *total cost* adalah sebesar Rp 6.000,- Adapun grafiknya dikemukakan sebagai berikut:

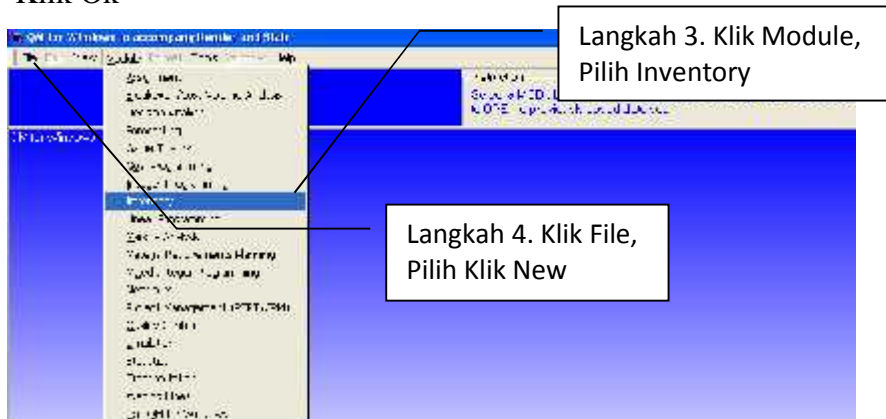


Jawaban Soal 6.3

1. Buka Aplikasi *QM for Windows*

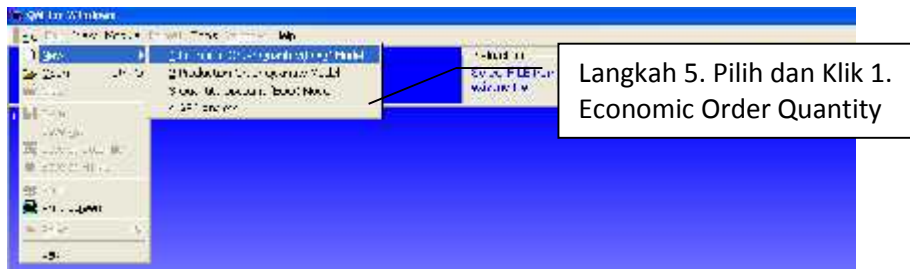


2. Klik Ok



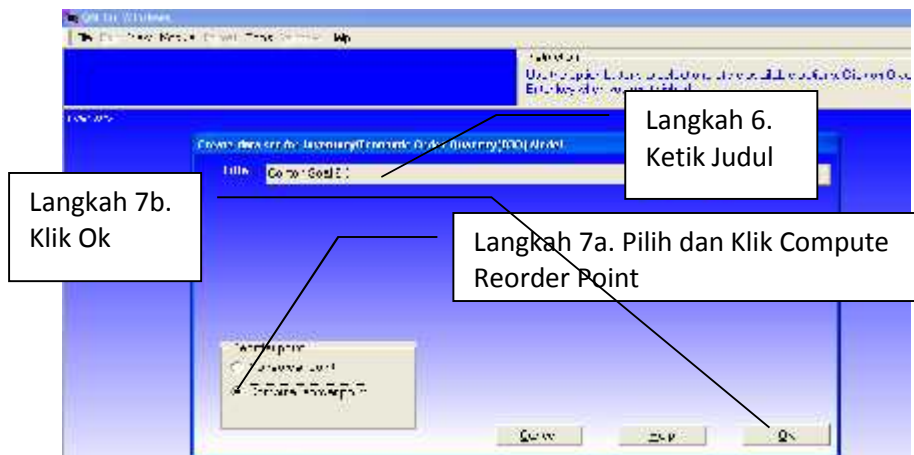
3. Klik *Module* pada sudut kiri atas, kemudian pilih *Inventory*.
4. Pilih *File* pada sudut kiri atas, Klik *New* (Ctrl+N)

- Ada 4 pilihan yakni : (1) *Economic Order Quantity Model*, (2) *Production Order Quantity Model*, (3) *Quantity Discount (EOQ) Model*, (4) *ABC Analysis* (Pilih 1) dan Klik



Akan muncul :

Create data set for Inventory/Economic Order Quantity (EOQ)



- Ketik nama atau judul pada kotak *Title* (Contoh Soal 6.3)
- Pilih *Compute Reorder Point*, kemudian klik Ok

Akan muncul *print out* seperti berikut:

Parameter	Value
Annual Demand	1000
Order Cost	10
Unit Price	1
Annual Holding Cost	100
Annual Ordering Cost	100
Annual Purchase Cost	1000
Annual Total Cost	1200
EOQ	100

- Isi angka-angka berdasarkan Contoh Soal 6.3 sebagai berikut:

Parameter	Value
Annual Demand	1000
Order Cost	10
Unit Price	1
Annual Holding Cost	100
Annual Ordering Cost	100
Annual Purchase Cost	1000
Annual Total Cost	1200
EOQ	100

9. Klik *File*, kemudian pilih *Solve* (F9)

Parameter	Value	Formula	Value
Inventory level	1,000	=initial inventory level	1,000
Setup Order Cost	100	=setup cost * number of orders	500
Inventory level	5	=initial inventory level	100
Unit cost	5	=unit cost * period cost	5
Ordering cost	100	=ordering cost	100
Inventory level	2,000	=initial inventory level	100
Setup cost	25	=unit cost * 100	5,000
		Total Cost	6,200
		Reorder point	45,833

Berdasarkan Tabel 6.4 di atas, nampak *Optimal order quantity* (Q^*) atau EOQ adalah sebanyak 200 unit, level persediaan maksimum (I_{max}) adalah sebanyak 200 unit, rata-rata persediaan adalah sebanyak 100 unit, periode pemesanan { *orders per period (year)* } pertahun adalah sebanyak 5 kali, *Order Cost* pertahun (*annual set up cost*) adalah sebesar Rp 500, *Carrying Cost* pertahun (*annual holding cost*) adalah sebesar Rp 500,- *Unit cost* (PD) sebesar Rp 5.000, sehingga *total cost* adalah sebesar Rp 6.000,- dan *Reorder point* nya adalah sebanyak 45, 833 unit.

Bab 7

MANAJEMEN PROYEK

7.1. Pendahuluan

Suatu proyek secara sederhana dapat didefinisikan sebagai satu gabungan berbagai aktivitas yang saling berkaitan yang harus dilakukan dalam urutan tertentu sebelum keseluruhan tugas dapat diselesaikan. Pengelola proyek selalu ingin mencari metode atau cara-cara yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan waktu dan jadwal untuk menghadapi sejumlah kegiatandan kompleksitas proyek.

Proyek yang dilakukan oleh organisasi besar dan kompleks seperti perusahaan-perusahaan; *Microsoft, General Motors*, atau Departemen Pertahanan U.S.A. Misalkan seorang ahli bangunan mendirikan satu bangunan kantor, antara lain, harus melengkapi ribuan aktivitas yang mengeluarkan jutaan dolar. NASA harus memeriksa komponen yang banyak sekali sebelum meluncurkan satu roket. Galangan Kapal memerlukan *Tag boat* (kapal penarik) untuk menarik ratusan kapal samudera yang akan melakukan docking (perbaikan) kapal.

Kekuatiran hampir di semua industri hanya berkisar pada bagaimana caranya mengatur kuantitas out put yang dapat mempersulit proyek berjalan secara efektif. Kesulitan paling tinggi yang menghabiskan jutaan dollar akibat lemahnya perencanaan dalam suatu proyek.

Penundaan yang tak perlu mempunyai hubungan yang erat dengan lemahnya penjadwalan yang telah dibuat. Pertanyaan yang paling sering muncul adalah bagaimana memecahkan masalah ini?

Langkah pertama dalam perencanaan dan penjadwalan suatu proyek adalah mengembangkan struktur pekerjaan yang melibatkan identifikasi aktivitas yang harus dilaksanakan pada proyek. Perincian secara detail dari masing-masing aktivitas dasar yang mungkin akan dilaksanakan beserta komponen dasar, waktu, biaya, kebutuhan sumber daya, urutan pekerjaan, dan pekerja harus diidentifikasi untuk masing-masing aktivitas. Setelah itu, baru jadwal proyek dapat dikembangkan.

Berdasarkan kompleksitas permasalahan yang dihadapi oleh para pemimpin proyek, maka berkembanglah metode-metode baru seperti antara lain; (1) **Bar Chart** (metode bagan balok) yang dikembangkan oleh H.L Gantt pada Tahun 1917 yang membuat prosedur yang sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek. Bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu aktivitas yang terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian dan saat pembuatan pelaporan (Imam Suharto, 1999). (2) **Critical Path Method** (metode jalur kritis) yang dikembangkan pada akhir dekade 1957 oleh J.E. Kelly dari perusahaan Remington Rand dan M.R. Walker dari perusahaan *Du-*

Pont aition, dalam usaha membangun dan memelihara pabrik Kimia di perusahaan *Du-Pont* (Render B., Stairs Jr. R.M, dan Hanna M.E., 2003). **(3) *Project Evaluation and Review Technique (PERT)***, atau sering disebut dengan Review Proyek dikembangkan oleh *Special Project Office* Angkatan Laut Amerika Serikat untuk membuat Perencanaan dan Pengendalian Program pembuatan peluru kendali “Polaris” yang melibatkan koordinasi dari ribuan kontraktor (Render B., Stairs Jr. R.M, dan Hanna M.E., 2003) untuk. Dalam buku ini akan dibahas metode CPM dan PERT saja.

Secara umum manajemen proyek mempunyai tiga tahapan (Zulian Yamit, 1996) sebagai berikut:

1. Perencanaan

Tahapan ini meliputi: identifikasi kegiatan (aktivitas) perkiraan waktu kegiatan, dan hubungan logika ketergantungan antar kegiatan. Dalam metode jalur kritis (CPM) dan Review Proyek (PERT) yang akan menghasilkan diagram jaringan kerja (*network*).

2. Skeduling

Berdasarkan tahapan perencanaan dibuatlah skedul sumberdaya yang diperlukan seperti; tenaga kerja, mesin dan dana untuk setiap kegiatan.

3. Pengawasan

Tahapan ini meliputi laporan perkembangan proyek, memperbaharui diagram *network* dalam menghadapi setiap terjadi perubahan selama proyek berlangsung.

7.2. Metode – Metode Perencanaan Jaringan Kerja

Program Evaluation and Review Technique (PERT) dan *Critical Path Method (CPM)* atau analisis jalur kritis adalah dua teknik analisis kuantitatif paling populer digunakan Manajer dalam membuat rencana, jadwal, memonitor dan pengendalian proyek besar dan kompleks.

Kerangka Dasar PERT dan CPM

1. Definisikan proyek dan semua aktivitas atau tugas-tugas yang signifikan
2. Mengembangkan hubungan antar aktivitas. Putuskan aktivitas yang harus mendahului aktivitas lainnya
3. Gambar jaringan kerja yang menghubungkan semua aktivitas
4. Estimasi waktu dan biaya , atau rencana anggaran untuk masing-masing aktivitas
5. Hitung waktu jalur terpanjang dari jaringan kerja (jalur kritis)

Pergunakan jaringan kerja untuk membantu perencanaan, jadwal, monitoring dan pengendalian proyek. Menemukan jalur kritis dan penentuan jalur terpendek adalah merupakan

satu tugas utama dalam mengontrol satu proyek. Setelah jalur kritis dan jalur terpendek diketahui, maka dapat diketahui jumlah waktu yang dapat digunakan untuk memperpendek waktu proyek dengan konsekuensi penambahan biaya atas percepatan pelaksanaan proyek.

Manajer dengan sangat fleksibel dapat mengidentifikasi aktivitas yang tidak kritis dan perencanaan ulang, penjadwalan ulang, dan merealokasi sumber daya seperti personalia dan finansial. Meskipun PERT dan CPM adalah serupa dalam pendekatan dasarnya, namun berbeda pada taksiran waktu yang diperlukan dalam melaksanakan aktivitas.

Bagi setiap aktivitas PERT, tiga taksiran (waktu kritis, waktu normal, dan waktu pendek), dikombinasikan untuk menentukan waktu penyelesaian aktivitas yang diharapkan. Dengan demikian, PERT merupakan ilmu pengetahuan tentang teknik probabilitas yang memungkinkan kita untuk menemukan kemungkinan tanggal tertentu untuk penyelesaian suatu proyek secara menyeluruh.

Pada sisi lain, CPM disebut sebagai satu pendekatan deterministik yang menggunakan taksiran dua waktu yaitu; waktu normal (*normal time*) dan waktu diperpendek (*Crash time*), untuk masing-masing aktivitas.

Penyelesaian waktu normal adalah taksiran waktu di bawah kondisi normal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas. Waktu penyelesaian yang dipercepat (*crash*) adalah waktu paling pendek yang diperlukan untuk menyelesaikan satu aktivitas dengan adanya tambahan biaya (*crash cost*) dan alokasi sumberdaya.

Dalam bab ini kita mempelajari bukan hanya PERT dan CPM tetapi, juga satu ilmu pengetahuan tentang teknik PERT/ Biaya yang mengkombinasi manfaat keduanya (PERT dan CPM).

Hampir semua proyek besar dapat dibagi lagi ke dalam satu rangkaian dengan aktivitas lebih kecil atau tugas yang dapat diteliti dengan PERT. Ketika kita menjumpai proyek dengan ribuan aktivitas spesifik, kita dapat melihat kenapa teknik ini menjadi penting karena mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Saat kapan kita akan menyelesaikan keseluruhan proyek ?.
2. Aktivitas/tugas kritis apakah di dalam sebuah proyek, yang dapat menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek manakala aktivitas tersebut terlambat?
3. Aktivitas tidak kritis yang mana dapat dilaksanakan terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek secara menyeluruh tanggal spesifik?
4. Kemungkinan tanggal secara spesifik dalam menyelesaikan seluruh proyek ?
5. Penyelesaian proyek pada tanggal tertentu sesuai skedul, terlambat, mendahului jadwal ?

6. Penentuan tanggal yang sesuai dengan pengeluaran, kurang, atau lebih besar dibandingkan jumlah yang telah dianggarkan?
7. Kecukupan sumber daya yang siap untuk menyelesaikan proyek tepat waktu?
8. Mengetahui cara terbaik untuk menyelesaikan proyek dengan jangka waktu lebih pendek tetapi dengan tambahan biaya yang minim ?

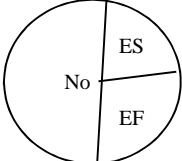
7.3. Metode Jalur Kritis (CPM)

Metode jalur kritis secara sederhana dapat didefinisikan sebagai suatu alat analisis yang mampu memberikan informasi kepada pemimpin proyek untuk dapat melakukan perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan proyek yang akan dilaksanakan.

Dalam CPM dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan jumlah waktu paling lama untuk menyelesaikan suatu proyek.

Waktu untuk melaksanakan kegiatan dianggap sudah pasti dan untuk menentukan jalur kritis perlu dibuat diagram *network* dengan menggunakan simbol sebagai berikut Zulian Yamit (1996):

- a. Anak panah (\longrightarrow). Simbol anak panah ini menggambarkan kegiatan, di atas anak panah ditulis symbol kegiatan, sedangkan di bawah anak panah ditulis waktu kegiatan. Setiap kegiatan dalam *network* selalu terletak di antara dua peristiwa.

- b. Lingkaran.  Lingkaran ini melambangkan peristiwa (*event*)

yang terbagi dalam 3 bidang yang disebelah kiri disebut nomor peristiwa, sebelah kanan atas disebut *Earliest Start* (saat paling cepat) untuk melaksanakan kegiatan, dan disebelah kanan bawah disebut *Latest Finish* (saat paling lambat untuk melaksanakan kegiatan).

- c. Anak panah putus-putus ($-\ - - \longrightarrow$), melambangkan kegiatan semu (*dummy activity*). Dalam diagram *network* kegiatan semu boleh ada dan boleh tidak, kegiatan semu dimunculkan untuk menghindari di antara dua peristiwa terdapat lebih dari satu kegiatan. Jika diagram *network* dapat dibentuk tanpa melanggar ketentuan, maka kegiatan semu tidak diperlukan dalam diagram *network*.

Contoh Soal 7.1 :

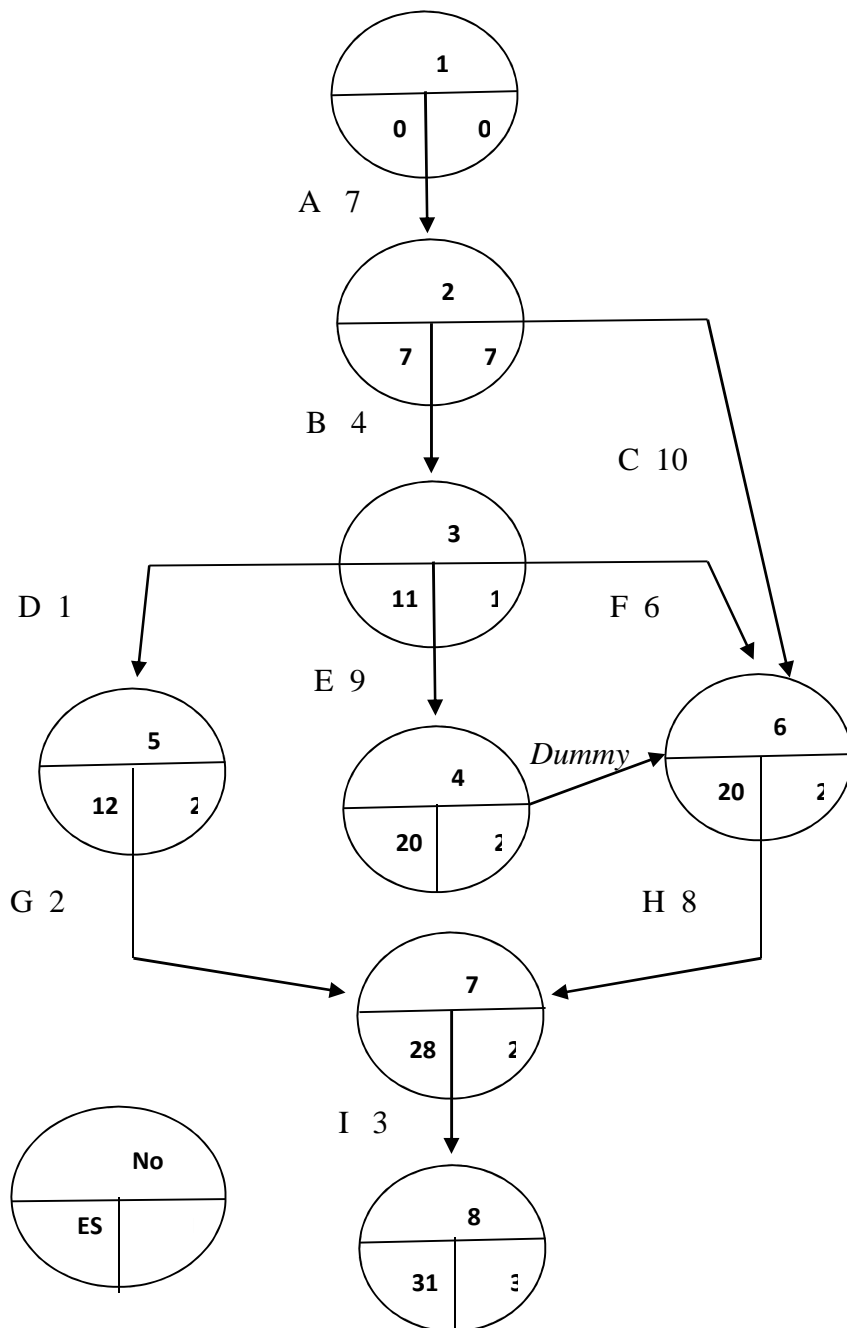
PT HIJ dalam melaksanakan proyek dengan berbagai kegiatan sebagaimana dikemukakan pada Tabel 7.1 sebagai berikut:

Tabel 7.1. Kegiatan Proyek PT. HIJ

Simbol Kegiatan	Kegiatan Yang Mendahului	Lama Kegiatan (Hari)
A	-	7
B	A	4
C	A,B	10
D	A,B	1
E	A,B	9
F	A,B	6
G	A,B,D	2
H	A,B,F	8
I	G,H	3

(Sumber: Zulian Yamit, 1996, dimodifikasi)

Adapun diagram *network* berdasarkan informasi Tabel 7.1 di atas, ditayangkan dalam Gambar 7.1 sebagai berikut:

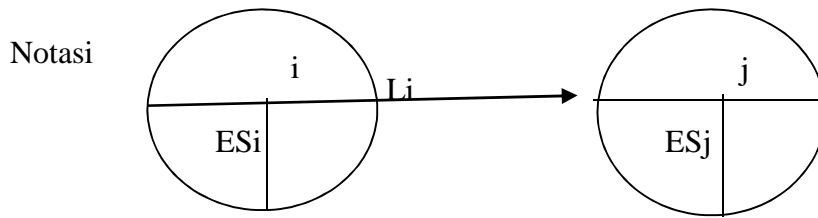


Gambar 7.1. Diagram *Network* PT. HIJ

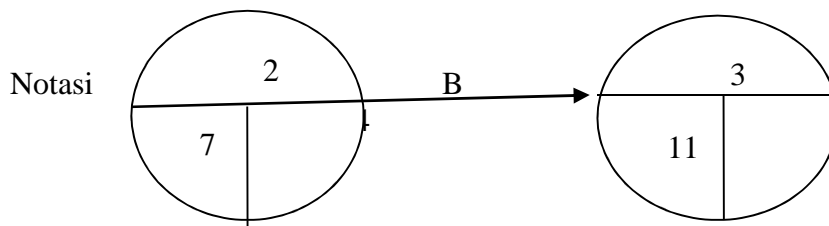
7.3.1. Menghitung Waktu Paling Cepat (*Earliest Start*)

Setiap kegiatan berada di antara dua peristiwa, seperti contoh pada Gambar 7.1. yang telah dikemukakan sebelumnya, kegiatan B berada di antara peristiwa 2 dan peristiwa 3. Lingkaran bagian atas menunjukkan peristiwa, lingkaran bawah sebelah kiri menunjukkan waktu paling cepat untuk menyelesaikan kegiatan A dan sekaligus pula menyatakan waktu paling cepat untuk memulai kegiatan B. Sedangkan lingkaran bawah sebelah kiri peristiwa 3 menunjukkan waktu paling cepat untuk menyelesaikan kegiatan B dan sekaligus pula waktu paling cepat

untuk memulai kegiatan D, E, F. Jika waktu paling cepat untuk memulai kegiatan disebut (ES_i) dan waktu paling lambat penyelesaian kegiatan disebut (ES_j) dan lama kegiatan Li , maka $ES_j = \text{Maks}(ES_i + Li)$ yang dapat dilihat pada Gambar 7.2 berikut:



Misalkan untuk kegiatan B : $ES_j = ES_i + Li = 7 + 4 = 11$ hari



Gambar 7.2. Perhitungan Waktu Paling Cepat PT. HIJ

Jika satu peristiwa menunggu dua atau lebih peristiwa selesai, atau terdapat dua kegiatan atau lebih yang menuju satu peristiwa, maka ES_j diambil jumlah maksimum. Misalkan kegiatan G dan H sama-sama menuju peristiwa 7, atau peristiwa 7 menunggu peristiwa 5 dan 6, maka ES_j kegiatan G = $20 + 2 = 22$ dan ES_j kegiatan H = $20 + 8 = 28$, berarti ES_j peristiwa 7 = 28 (maksimum).

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan ES_i dan ES_j untuk semua kegiatan dalam *network* dikemukakan pada Tabel 7.2 sebagai berikut:

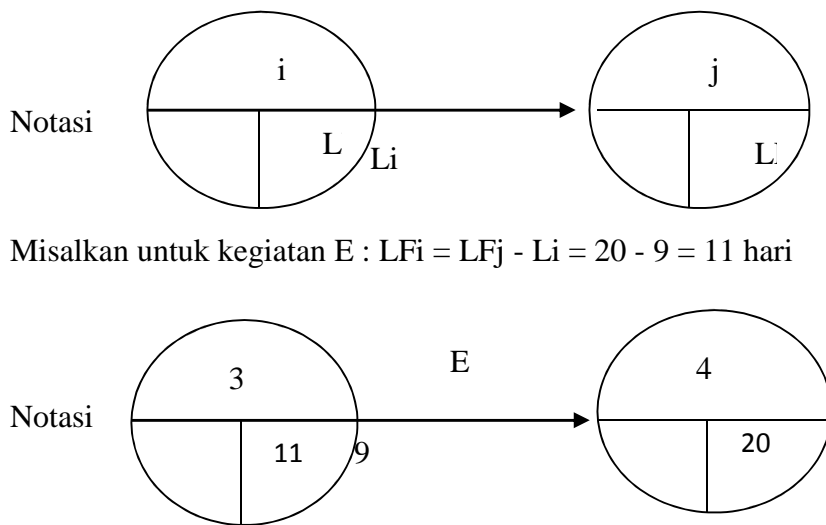
Tabel 7.2. ES_i , ES_j , Li

Kegiatan	Menuju Peristiwa	ES_i	Li	ES_j
A	2	0	7	7
B	3	7	4	11
C	6	7	10	17
D	5	11	1	12
E	4	11	9	20
F	6	11	6	17
Dummy	6	20	0	20
G	7	20	2	22
H	7	20	8	28
I	8	28	3	31

Sumber : Zulian Yamit, 1996

7.3.2. Menghitung Waktu Paling Lambat (*Latest Finish*)

Latest Finish (LF) terletak pada bagian kanan bawah lingkaran, seperti contoh peristiwa 2 menunjukkan waktu paling lambat untuk merampungkan pekerjaan untuk memulai kegiatan B. Sedangkan bagian kanan bawah lingkaran peristiwa 3 menunjukkan waktu paling lambat untuk menyelesaikan kegiatan B dan sekaligus merupakan waktu paling lambat untuk memulai kegiatan D, E dan F. Jika waktu untuk memulai kegiatan disebut (L_{Fi}) dan waktu paling lambat untuk menyelesaikan kegiatan disebut (L_{Fj}) dan lama kegiatan L_i, maka $L_{Fi} = \text{Min} (L_{Fj} - L_i)$ yang dapat dilihat pada Gambar 7.3:



Gambar 7.3. Perhitungan Waktu Paling Lambat PT. HIJ

Apabila ada dua kegiatan atau lebih yang keluar dari satu peristiwa, E_{Fi} diambil jumlah maksimum. Misalkan kegiatan D, E, dan F sama-sama keluar dari peristiwa 3, maka E_{Fi} kegiatan D = 26 - 1 = 25, E_{Fi} kegiatan E = 20 - 9 = 11, dan E_{Fi} kegiatan F = 20 - 6 = 14. Berarti E_{Fi} peristiwa 3 adalah = 11 (minimum).

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka hasil perhitungan E_{Fi} dan E_{Fj} untuk semua kegiatan dalam *network* dikemukakan pada Tabel 7.3 sebagai berikut:

Tabel 7.3. EFi, EFj, Li

Kegiatan	Keluar dari Peristiwa	EFJ	Li	EFi
I	7	31	3	28
H	6	28	8	20
G	5	28	2	26
Dummy	4	20	0	20
F	3	20	6	14
E	3	20	9	11
D	3	26	1	25
C	2	20	10	10
B	2	11	4	7
A	1	7	7	0

Sumber : Zulian Yamit, 1996

7.3.3. Jalur Kritis (*Critical Path*)

Jalur kritis adalah jalur yang mempunyai waktu paling lama untuk menyelesaikan seluruh kegiatan (umur proyek). Jalur kritis untuk menyelesaikan pekerjaan berdasarkan Gambar 7.1 dipaparkan pada Tabel 7.4 sebagai berikut:

Tabel 7.4. Jalur Kritis

Kegiatan	Antara Peristiwa	Lama Kegiatan	ESi	ESj	EFi	EFj	Slack
A*	1* - 2*	7	0	7	0	7	0
B*	2* - 3*	4	7	11	7	11	0
C	2* - 6*	10	7	17	10	20	3
D	3* - 5	1	11	12	25	26	14
E*	3* - 4*	9	11	20	11	20	0
F	3* - 6*	6	11	17	14	20	3
G	5 - 7*	2	20	22	26	28	6
H*	6* - 7*	8	20	28	20	28	0
I*	7* - 8*	3	28	31	28	31	0
Dummy	4* - 6*	0	20	20	20	20	0

Sumber : Zulian Yamit, 1996

Keterangan : * Kritis

$$\text{Slack} = \text{EFi} - \text{ESi} = \text{EFj} - \text{ESj}$$

7.3.4. Biaya dan Waktu Percepatan (*Crash*) Proyek

CPM adalah satu model jaringan kerja (*network*) yang bersifat deterministic (pasti). Hal ini berarti CPM mengasumsikan bahwa waktu dan biaya untuk masing-masing diketahui secara pasti. CPM mempergunakan dua set estimasi waktu dan biaya untuk satu aktivitas: (a) waktu dan biaya normal dan (b) waktu dan biaya percepatan waktu (*crash*). Estimasi waktu normal untuk aktivitas seperti waktu yang diharapkan oleh PERT.

Biaya normal adalah suatu taksiran berapa banyak dana yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu aktivitas di dalam waktu normal. *Crash* (perpendekan) adalah kemungkinan waktu paling singkat yang dibutuhkan untuk suatu aktivitas. Biaya perpendekan adalah harga dari penyelesaian aktivitas berdasarkan pada deadline waktu (batas waktu penyelesaian aktivitas).

Empat Tahapan untuk *Crash* Proyek (Render, Stair Jr dan Hanna,2003) sebagai berikut :

1. Temukan jalur kritis yang normal dan mengidentifikasi aktivitas-aktivitas kritisnya
2. Hitung biaya crash per minggunya (atau waktu periode lain) bagi seluruh aktivitas pada jaringan kerja (*network*)
3. Pilih aktivitas pada jalur kritis dengan crash dengan biaya paling minim per minggu. Perluas kemungkinan aktivitas *Crash*, atau ke batas waktu yang dapat dijangkau.
4. Cek untuk memastikan bahwa jalur kritis dimana crash masih kritis. Seringkali, pengurangan waktu aktivitas sepanjang jalur kritis menyebabkan satu jalur tidak kritis, atau jalur untuk menjadi kritis. Jika jalur kritis melalui jaringan kerja (*network*), ulangi kembali ke langkah 3. Kalau tidak menemukan jalur kritis lagi dan kembali ke langkah 3.

Contoh Soal 7.2 (Render, Stair Jr dan Hanna,2003) :

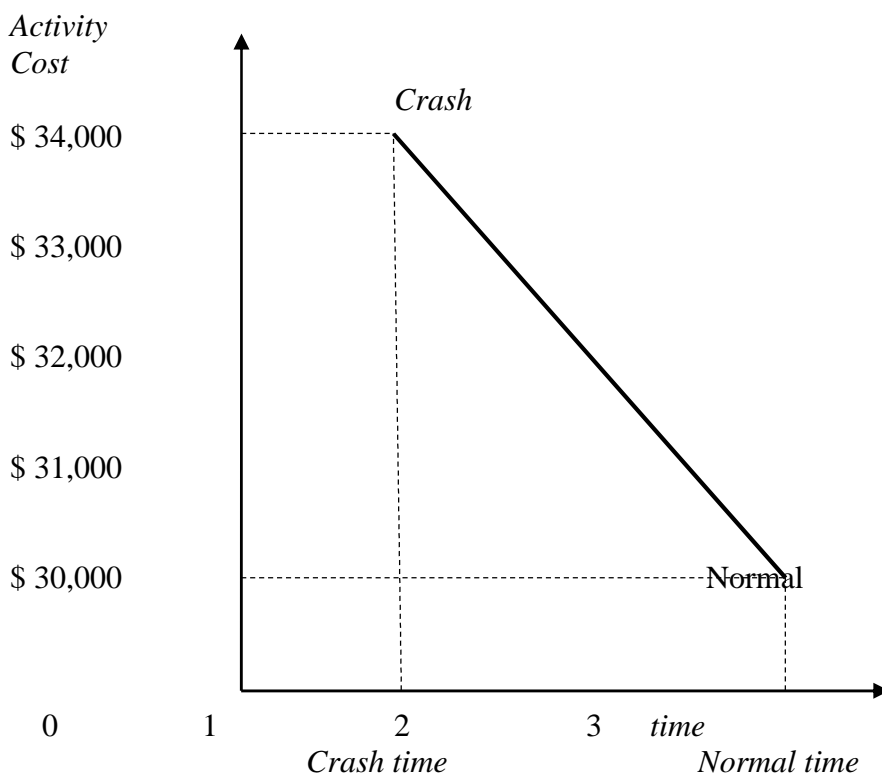
Misalkan General Foundry telah diberikan 14 minggu dari pada 16 minggu untuk membangun peralatan control pencemaran untuk yang dijumpai sedang macet. Anda akan segera mengingat jalur kritis Lester Harky adalah 15 minggu. Apa yang dapat dia lakukan?. Kita melihat bahwa Harky tidak mungkin mendapatkan batas waktu kecuali jika dia mampu untuk memendekkan beberapa waktu yang diperlukan untuk sebuah aktivitas. Proses perpendekan waktu penyelesaian suatu proyek, disebut *Crash*, yang secara umum dapat dicapai dengan menambahkan sumber daya ekstra (peralatan atau tenaga kerja) untuk satu aktivitas. Secara sederhana, perpendekan (*crash*) membutuhkan tambahan biaya, dan manajer biasanya berkepentingan di dalam mempercepat satu proyek dengan tambahan biaya yang paling minim.

Tabel 7.5. Waktu Normal dan Waktu Crash

Aktivitas	Waktu		Biaya		Biaya Crash Per minggu	Jalur Kritis
	Normal	Crash	Normal	Crash		
A	2	1	22,000	23,000	1,000	Ya
B	3	1	30,000	34,000	2,000	Tidak
C	2	1	26,000	27,000	1,000	Ya
D	4	3	48,000	49,000	1,000	Tidak
E	4	2	56,000	58,000	1,000	Ya
F	3	2	30,000	30,500	500	Tidak
G	5	2	80,000	86,000	2,000	Ya
H	2	1	16,000	19,000	3,000	Ya

Sumber : Render, Stair Jr dan Hanna,2003

Waktu normal dan waktu *crash* dan biaya *crash* *General Foundry's* diperlihatkan pada Tabel 7.5. Catatan, sebagai contoh, waktu normal aktivitas B adalah 3 minggu (taksiran ini berlaku pada penggunaan PERT) dan waktu *crash* adalah 1 minggu. Ini dimaksudkan bahwa aktivitas dapat diperpendek 2 minggu jika tersedia sumber daya ekstra. Biaya normal adalah \$ 30,000, dan biaya *crash* adalah \$ 34,000. Hal ini menyiratkan bahwa ada tambahan biaya *General Foundry* sebesar \$ 4,000 untuk melakukan *crash* aktivitas B. CPM mengasumsikan bahwa biaya *crash* adalah linier. Seperti terlihat pada Gambar 7.4, biaya *crash* aktivitas B per minggu adalah sebesar \$ 2,000. Biaya *crash* untuk seluruh aktivitas lain dapat dihitung dengan cara yang sama. Kemudian langkah 3 dan 4 dapat berlaku untuk mengurangi waktu penyelesaiannya proyek.



Gambar 7.4. Waktu Normal dan *Crash* Aktivitas B

Sumber : Render, Stair Jr dan Hanna,2003

Formula perhitungan biaya *crash* adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya } Crash/\text{minggu} = \frac{\text{Biaya } Crash - \text{Biaya } Normal}{\text{Waktu } Normal - \text{Waktu } Crash}$$

Aktivitas A, C dan F berada pada jalur kritis, dan masing-masing mempunyai biaya *crash* minimum \$ 1,000 per minggu. Harky dapat melakukan *crash* aktivitas A selama 1 minggu

untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek menjadi 14 minggu. Biaya tamahan adalah sebesar \$ 1,000.

Pada langkah ini, ada dua jalur kritis. Jalur kritis asli terdiri dari aktivitas A, C, E, G, dan H, dengan total waktu penyelesaian 14 minggu. Jalur kritis baru terdiri dari aktivitas B, D, G, dan H, juga dengan total waktu penyelesaian 14 minggu. *Crash* apapun selanjutnya harus dilakukan terhadap kedua jalur kritis. Contoh lain, jika Harky mau mengurangi waktu penyelesaian proyek sebanyak 2 minggu, maka kedua jalur kritis harus dikurangi.

Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengurangi aktivitas G, yang berada di dua jalur kritis masing-masing 2 minggu dengan tambahan biaya \$ 2,000 per minggu. Total waktu penyelesaian akan menjadi 12 minggu, dan total biaya *crash* sebesar \$ 5,000 (\$ 1,000 untuk mengurangi aktivitas A sebanyak 1 minggu dan \$ 4,000 untuk mengurangi aktivitas G sebanyak 2 minggu).

Untuk *network* kecil seperti *General Foundry's*, hal ini memungkinkan untuk digunakan 4 prosedur langkah untuk mencari biaya minimum untuk pengurangan waktu penyelesaian proyek. Sedangkan untuk *network* yang lebih besar, bagaimanapun, pendekatan ini sulit dan tidak praktis untuk digunakan, dan membutuhkan pengetahuan teknik yang lebih canggih, misalnya dengan menggunakan linear programming.

7.4. Metode Review Proyek (PERT)

Hampir semua proyek besar dapat dibagi lagi ke dalam satu rangkaian dengan aktivitas yang lebih kecil atau tugas yang dapat dianalisis dengan PERT. Ketika kita mengetahui suatu proyek dengan ribuan aktivitas spesifik, maka kita akan diperhadapkan jawaban pertanyaan di bawah ini:

1. Kapan keseluruhan proyek selesai ?
2. Aktivitas atau tugas apakah yang kritis pada sebuah proyek yang jika ditunda, maka akan menyebabkan keseluruhan proyek menjadi tertunda ?
3. Aktivitas atau tugas manakah yang bersifat tidak kritis yang jika ditunda, maka tidak akan menyebabkan tertundanya keseluruhan proyek ?
4. Apakah kemungkinan waktu penyelesaian proyek dilengkapi dengan tanggal tertentu secara spesifik ?
5. Proyek dapat diselesaikan dalam tiga kondisi yaitu; (a) sesuai dengan jadwal, (b) terlambat, atau (c) selesai mendahului jadwal ?
6. Pada kondisi tertentu anggaran dana untuk membelanjai proyek juga ada tiga kondisi yaitu: (a) dananya cukup, (b) dananya kurang, dan (c) dananya lebih banyak ?

7. Apakah sumberdaya cukup tersedia untuk menyelesaikan proyek tepat waktu ?
8. Jika proyek dapat diselesaikan lebih cepat dari jadwal yang ditentukan, cara terbaik mana yang mengeluarkan biaya yang paling minimal ?.

Tabel 7.6. Aktivitas dan Pendahulu langsung untuk General Foundry

Aktivitas	Deskripsi	Pendahulu langsung
A	Membangun komponen intern	-
B	Memodifikasi atap dan lantai bangunan	-
C	Membangun koleksi tumpukan	A
D	Menuangkan barang berwujud dan menginstal bingkai	B
E	Membangun alat pembakar yang bertemperatur tinggi	C
F	Instal sistem pengendalian	C
G	Menginstal alat polusi udara	D,E
H	Inspeksi (periksa) dan test	F,G

Sumber : Render, Stair Jr dan Hanna,2003

Kemudian berdasarkan informasi pada Tabel 7.6 dapat dibuat gambar Jaringan kerja (*Net Work*) sama seperti pembahasan CPM.

7.4.1. Waktu Aktivitas PERT

PERT dirancang untuk menentukan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek tidak dapat diperkirakan dengan pasti, sehingga setiap aktivitas dihitung berdasarkan tiga perkiraan waktu yaitu: (a) waktu yang optimistis, (b) waktu yang pesimistis, dan (c) waktu yang paling mungkin.

Notasi yang digunakan untuk perkiraan waktu adalah sebagai berikut:

a = waktu optimistis

b = waktu pesimistis

m = waktu yang paling mungkin (waktu normal)

Berdasarkan ketiga parameter di atas, maka perkiraan lama waktu kegiatan (rata-rata, atau *mean*) dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$t = \frac{a+4m+b}{6} \dots\dots\dots(\text{Pers. 7.1})$$

Dalam formula di atas, setiap a dan b diberi bobot 1 dan waktu normal diberi bobot 4. Oleh karena itu Total bobot adalah 6 (1+1+4) dan dibagi dengan 6 sebagai rata-rata bobot. Sedangkan $b - a = 6$ standar deviasi. Berarti variance = $(b - a : 6)^2$

$$\text{Variance} = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2 \dots\dots\dots(\text{Pers. 7.2})$$

Berdasarkan informasi pada Tabel 7.6, maka Estimasi waktu dari General Foundry dikemukakan pada Tabel 7.7. sebagai berikut:

Tabel 7.7. Estimasi Waktu General Foundry

Aktivitas	a	M	b	Waktu $t=[(a+4m+b)/6]$	Variance $[(b-a)/6]^2$
A	1	2	3	2	$[\frac{3-1}{6}]^2 = 4/36$
B	2	3	4	3	$[\frac{4-2}{6}]^2 = 4/36$
C	1	2	3	2	$[\frac{3-1}{6}]^2 = 4/36$
D	2	4	6	4	$[\frac{6-2}{6}]^2 = 4/36$
E	1	4	7	4	$[\frac{7-1}{6}]^2 = 4/36$
F	1	2	9	3	$[\frac{9-1}{6}]^2 = 4/36$
G	3	4	11	5	$[\frac{11-3}{6}]^2 = 4/36$
H	1	2	3	2	$[\frac{3-1}{6}]^2 = 4/36$
				25	

Berdasarkan informasi Tabel 7.7, maka Jadwal dan Waktu Slack General Foundry dikemukakan pada Tabel 7.8 sebagai berikut:

Tabel 7.8. Jadwal dan Waktu Slack General Foundry

Aktivitas	ES	EF	LS	LF	Slack (LS – ES)	Jalur Kritis
A	0	2	0	2	0	Ya
B	0	3	1	4	1	Tidak
C	2	4	2	4	0	Ya
D	3	7	4	8	1	Tidak
E	4	8	4	8	0	Ya
F	4	7	10	13	6	Tidak
G	8	13	8	13	0	Ya
H	13	15	13	15	0	Ya

7.5. Aplikasi Program QM untuk Manajemen Proyek

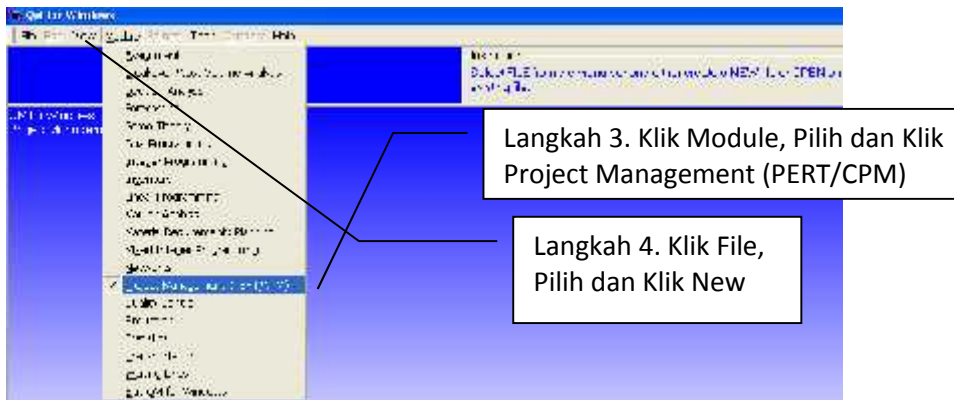
Jawaban Soal General Foundry

18. Buka Aplikasi *QM for Windows*



19. Klik Ok

20. Klik *Module* pada sudut kiri atas, kemudian pilih *Project Management (PERT/CPM)*.

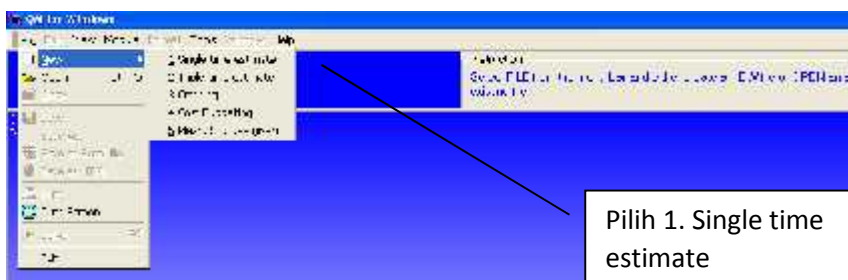


21. Pilih *File* pada sudut kiri atas, pilih dan Klik *New* (Ctrl+N).

Ada 5 pilihan yakni : (1) *Single time estimate (CPM)*, (2) *Triple time estimate (PERT)*, (3) *Crashing (CPM dan PERT)*, (4) *Cost Budgeting (CPM dan PERT)*, (5) *Mean, Std dev. given (PERT)*

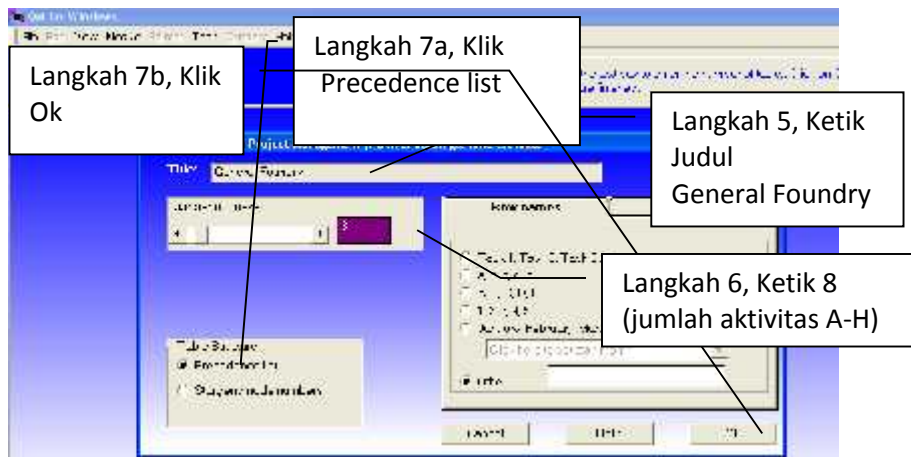
Dalam Kasus ini : Pilih Langkah 1. *Single time estimate*

Akan muncul:



Akan muncul :

Create data set for Project Management (PERT/CPM)



22. Ketik nama atau judul pada kotak *Title*
23. Ketik *Number of task* (jumlah aktivitas adalah sebanyak 8 (A - H))
24. Pilih ***Precedence list*** pada *Table Structure*, kemudian klik Ok

Akan muncul tabel seperti berikut:

Activity	Precedence	Duration
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		

25. Isi angka-angka sesuai Contoh Soal General Foundry

Activity	Precedence	Duration
A	1	
B		
C		
D		
E		
F	1	
G	2	
H	1	7

26. Klik *File*, kemudian pilih *Solve* (F9)

Activity	ES	EF	LS	LF	ES	EF	LS	LF
A	0	1	0	1	0	1	0	1
B	1	2	1	2	1	2	1	2
C	0	1	0	1	0	1	0	1
D	1	2	1	2	1	2	1	2
E	1	2	1	2	1	2	1	2
F	0	4	0	4	0	4	0	4
G	1	2	1	2	1	2	1	2
H	2	3	2	3	2	3	2	3

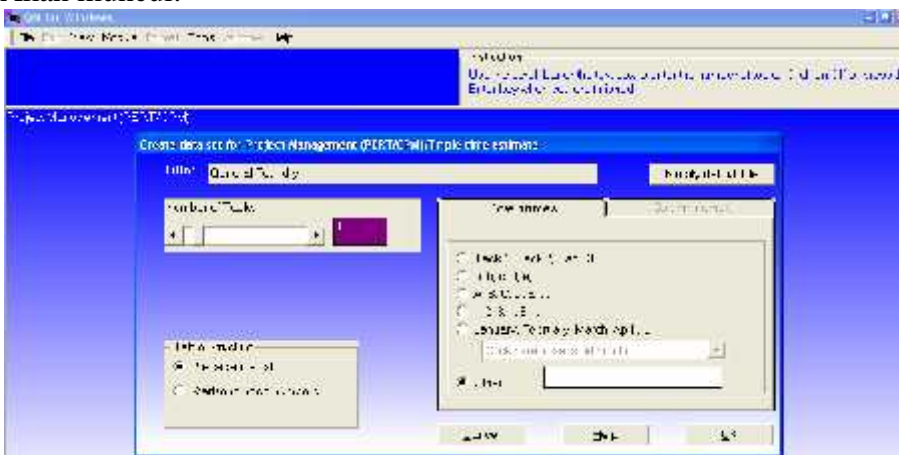
Berdasarkan hasil *print out* di atas, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat *Slack* pada Aktivitas A, C, E masing-masing 1 minggu dan pada Aktivitas F sebanyak 4 minggu. Hal ini berarti bahwa pada aktivitas tersebut dapat dilakukan *Crash* (perpendekan waktu penyelesaian keseluruhan proyek *General Foundry*)

Jika Pilihan pada Langkah 4 adalah : (2) *Triple time estimate*



Klik *File*, Pilih *New* dan Pilih 2. *Triple time estimate*, Klik *Ok*

Akan muncul:



Ketik *Title* : *General Foundry*, Ketik angka 8 pada *Number of task*, Pilih *Precendence list* pada *Table Structue*, kemudian Klik *Ok*

Akan tampak :

	Code of Job	Earliest Start Time	Latest Start Time	ES	LS	EF	LF	TF	FF
1	0	-	0						
2	0	-	0						
3	0	-	0						
4	1	-	0						
5	1	-	0						
6	1	-	0						
7	1	-	0						
8	2	-	0						

Isi angka-angka sesuai dengan Contoh Soal *General Foundry*

	Code of Job	Earliest Start Time	Latest Start Time	ES	LS	EF	LF	TF	FF
A	1	3	3						
B	1	4	4						
C	1	4	6						
D	2	4	6						
E	1	4	6						
F	1	3	9						
G	1	4	6						
H	1	4	6						

Klik *File*, Pilih *Solve* (F9)

Hasil *Print out* untuk pilihan 2. *Triple time estimate*

Activity	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Duration	Standard Deviation
A	0	3	0	3	3	1.7638
B	3	4	3	4	1	1.7638
C	3	4	3	4	1	1.7638
D	3	4	3	4	1	1.7638
E	3	4	3	4	1	1.7638
F	3	9	3	9	6	1.7638
G	3	4	3	4	1	1.7638
H	3	4	3	4	1	1.7638

Berdasarkan hasil *print out* di atas, nampak bahwa jalur kritisnya adalah selama 15 minggu dengan standar deviasi sebesar 1,7638, terdapat *slack* pada kegiatan B, D masing-masing 1 minggu, sedangkan *slack* pada kegiatan F adalah sebanyak 6 minggu.

Activity	ES	EF	LS	LF	Duration	Slack
A	0	3	0	3	3	0
B	3	4	3	4	1	1
C	3	4	3	4	1	1
D	3	4	3	4	1	1
E	3	4	3	4	1	1
F	3	9	3	9	6	6
G	3	4	3	4	1	1
H	3	4	3	4	1	1

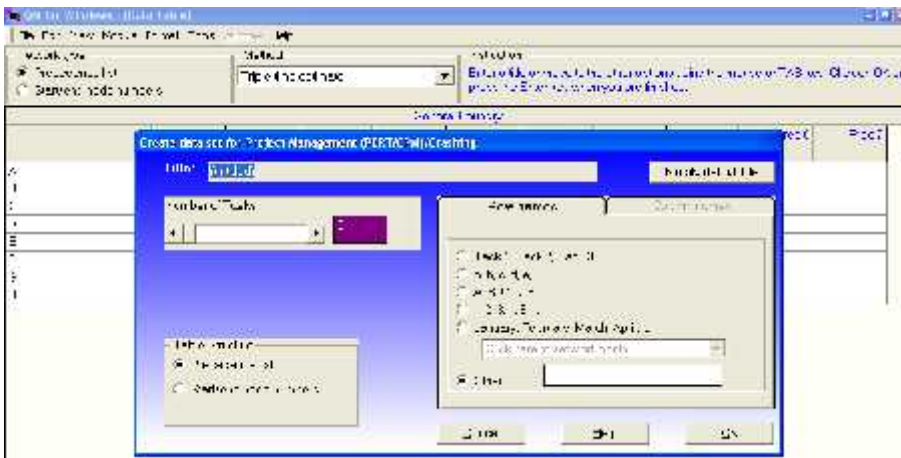
Berdasarkan *print out* di atas, Total aktivitas kritis adalah sebanyak 3,1111,-

Jika Pilihan pada Langkah 4 adalah : (3) *Crashing*



Klik *File*, Pilih dan Klik *New*, kemudian pilih 3. *Crashing*, Klik *Ok*

Akan tampak sebagai berikut:



Pada *Title* ketik *General Foundry*, kemudian ketik 8 pada *Number of Task*, kemudian pada *Table Structure* pilih *Precedence list*, kemudian klik *Ok*



Akan muncul :

Activity	ES	EF	LS	LF	ES	EF	LS	LF	ES	EF	LS	LF
1	0	0	0	0								
2	0	0	0	0								
3	0	0	0	0								
4	0	0	0	0								
5	0	0	0	0								
6	0	0	0	0								
7	0	0	0	0								
8	0	0	0	0								

Kemudian isi angka-angka sesuai dengan Contoh Soal General Foundry sebagai berikut:

Activity	ES	EF	LS	LF	ES	EF	LS	LF	ES	EF	LS	LF
A	0	2	0	0								
B	0	1	0	0								
C	0	2	0	0								
D	0	3	0	0								
E	0	4	0	0								
F	0	3	0	0								
G	0	4	0	0								
H	0	2	0	0								

Klik File, Pilih Solve (F9)

Hasil Print Out

Activity	Start Time	End Time	Earliest Start	Earliest End	Latest Start	Latest End
A	0	2	0	2	0	2
B	0	1	0	1	0	1
C	0	2	0	2	0	2
D	0	3	0	3	0	3
E	0	4	0	4	0	4
F	0	3	0	3	0	3
G	0	4	0	4	0	4
H	0	2	0	2	0	2

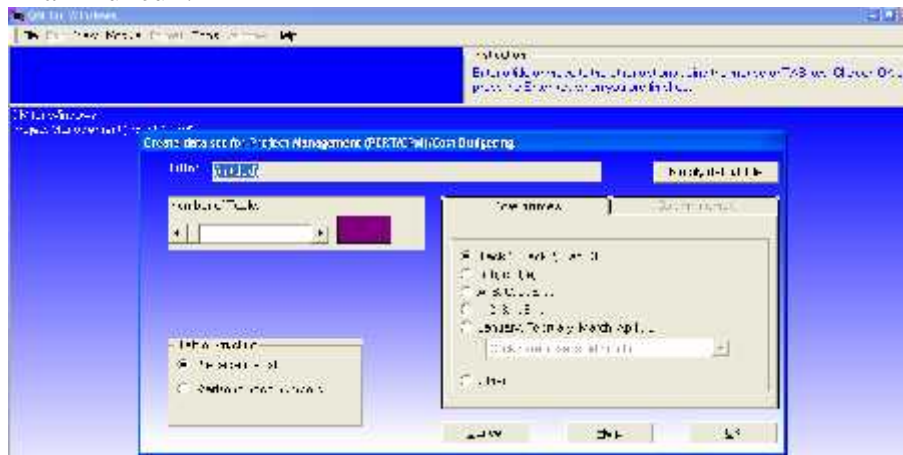
Berdasarkan *print out Crashing* memberikan informasi bahwa, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan keseluruhan proyek *General Foundry* adalah sebanyak 15 minggu dan waktu *Crash* adalah sebanyak 7 minggu, dengan total biaya tambahan untuk perpendekan waktu penyelesaian proyek adalah sebesar \$ 18.000,-

Activity	Normal Duration	Crash Duration	Normal Cost	Crash Cost	Normal ES	Normal EF	Crash ES	Crash EF
A	2	1	22,000	22,000	0	2	0	1
B	1	1	11,000	11,000	0	1	0	1
C	2	1	26,000	26,000	0	2	0	1
D	3	2	38,000	40,000	0	3	0	2
E	4	2	58,000	58,000	0	4	0	2
F	3	2	30,000	32,000	0	3	0	2
G	4	1	41,000	41,000	0	4	0	1
H	2	1	16,000	16,000	0	2	0	1

Print out ini menunjukkan biaya per periode selama jangka waktu penyelesaian proyek, Nampak bahwa biaya *crash* yang dibutuhkan pada minggu 7, 8, 9 masing-masing sebesar \$ 3.000,-, sedangkan dana *crash* untuk minggu 10 – 13 masing sebesar \$ 2.000,- dan pada minggu 14 dibutuhkan dana *crash* sebesar \$ 1.000,-

Pilihan pada Langkah 4 adalah : (4) *Cost Budgeting*.

Akan muncul :



Ketik *Title* : *General Foundry*, kemudian ketik 8 pada *Number of Task*, lalu pada *Table Structure* pilih : *Precendece list*, kemudian Klik Ok

Akan muncul :



Setelah mengklik Ok, maka akan muncul sbagai berikut:

Activity	Activity Time	Activity Cost
1	1	
2	1	
3	1	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	

Isi angka-angka sesuai dengan Contoh Soal *General Foundry Activity time* dan *Activity Cost* yang diisi adalah normal

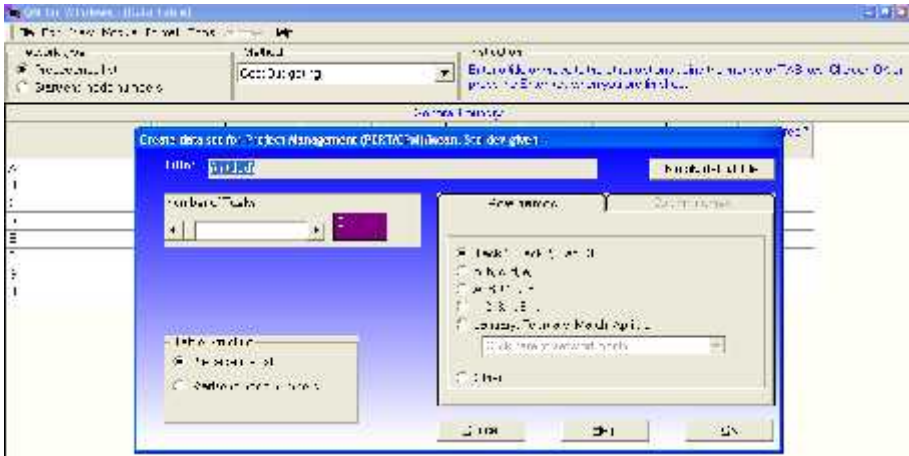
Activity	Activity Time	Activity Cost
1	5	22000
2	2	11000
3	4	48000
4	4	22000
5	1	11000
6	2	11000
7	1	11000
8	2	11000

Kemudian Klik *File*, Pilih *Solve* (F9)

Print Out :

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7	Period 8	Period 9	Period 10
1	5	11000								
2	2	11000	0,000	11,000						
3	4	48000	0,000	12,000	2,000	3,000	12,000			
4	4	22000			1,000	14,000	1,000	4,000		
5	1	11000			10,000		10,000			
6	2	11000						15,000	0,000	15,000
7	1	11000	0,000	11,000	20,000		20,000			
8	2	11000	65,000	19,000	120,000	10,000	190,000	2,000	220,000	244,000

Pilihan pada Langkah 4 adalah : (5) *Mean, Std dev. given*



Ketik *General Foundry* pada kotak *Title*, kemudian pada Kotak *Number of Task* ketik 8, lalu pilih *Precedence list* pada kotak *Table Structure*, kemudian Klik Ok

Hasilnya sebagai berikut:



Kemudian akan muncul sebagai berikut:

Activity ID	Resource (20000)	Start	End	Duration	Start	End	Duration	Start	End
0001	0	0	8	8					

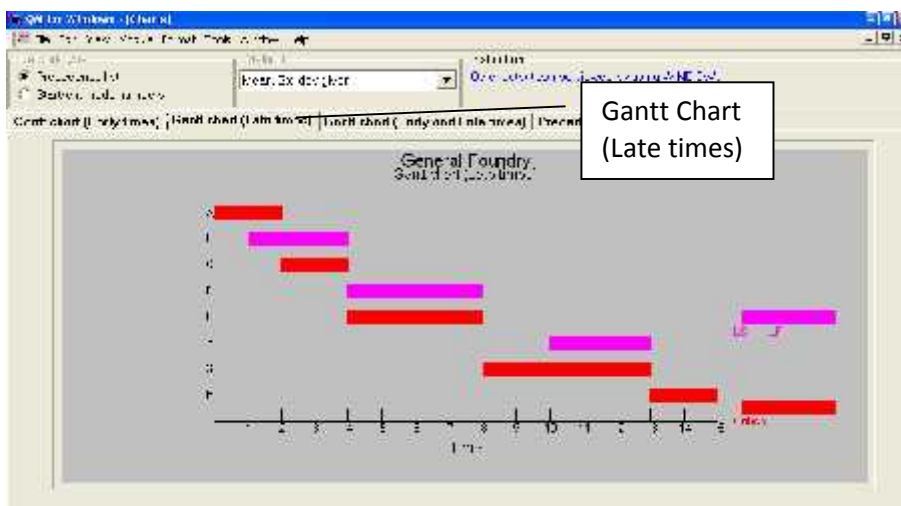
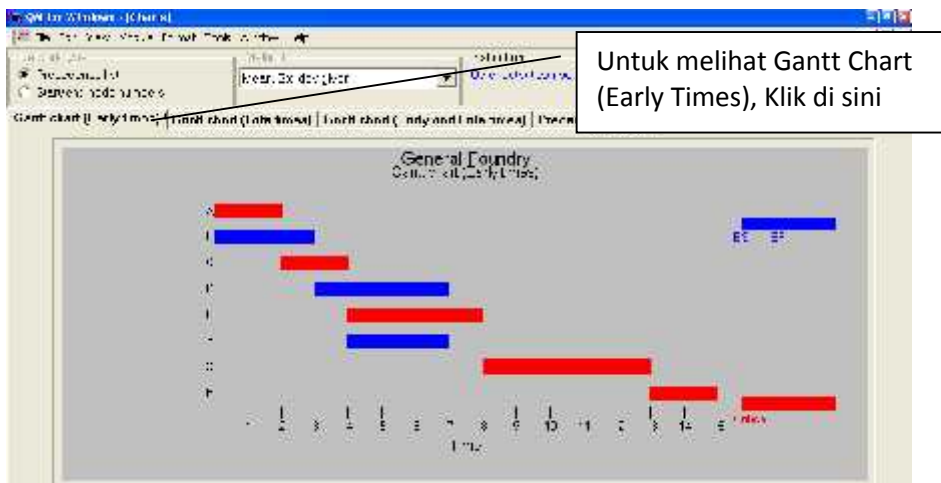
Ketik angka-angka sesuai dengan Contoh Soal *General Foundry* seperti berikut:

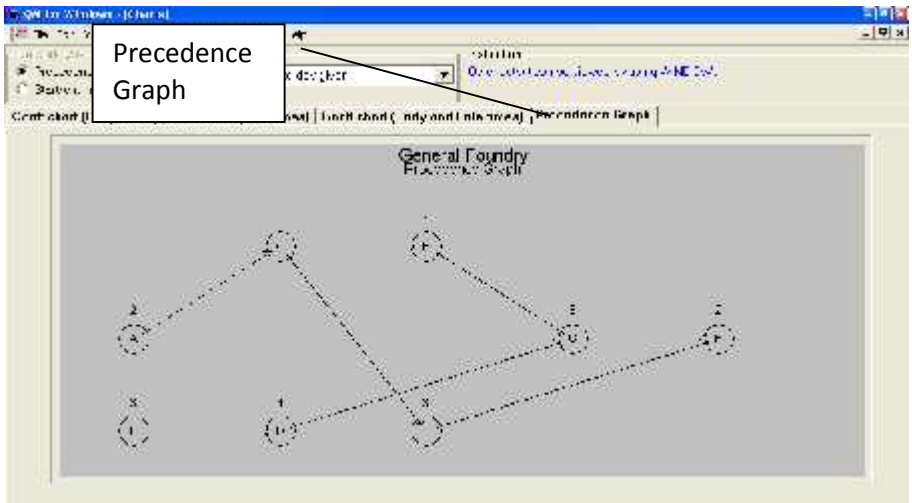
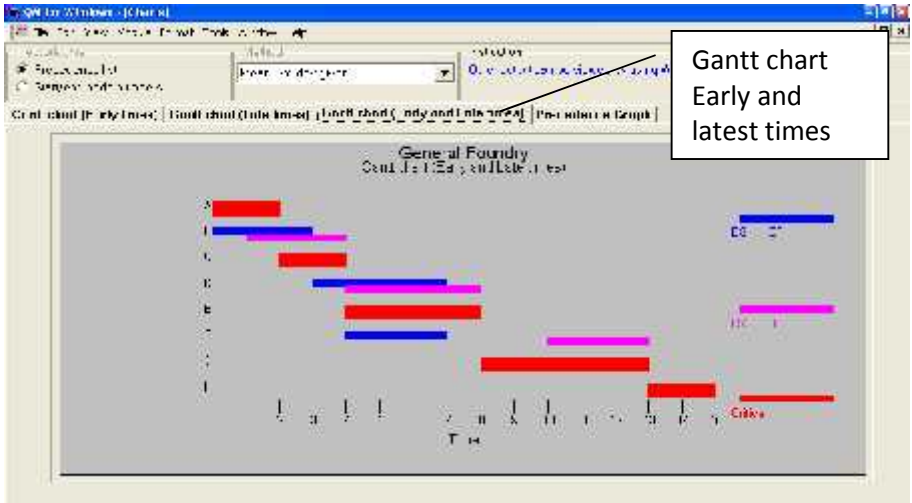
Activity ID	Resource (20000)	Start	End	Duration	Start	End	Duration	Start	End
A	0	0	8	8					
B	0	0	8	8					
C	0	0	8	8					
D	0	0	8	8					
E	0	0	8	8					
F	0	0	8	8					

Pilih *File*, kemudian Pilih dan Klik *Solve* (F9)
 Print Out :

	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack	ES - LS	EF - LF
Activity	1	2	2	3	0	0	0
A	2	3	2	3	0	0	0
B	2	4	2	4	0	0	0
C	3	4	3	4	0	0	0
D	3	4	3	4	0	0	0
E	4	5	4	5	0	0	0
F	4	6	4	6	0	0	0
G	5	6	5	6	0	0	0
H	6	7	6	7	0	0	0

Sedangkan Gambar untuk pilihan 5. Mean, Std dev given adalah sebagai berikut:





DAFTAR PUSTAKA

- Basu Swastha, 1988, **Metode Kuantitatif Untuk Manajemen** (*Management Science/Operation Research*), Liberty, Yogyakarta.
- B.D. Nasendi dan Affendi Anwar, 1985, **Program Linear dan Variasinya**, Gramedia, Jakarta.
- Burton G, G. Carrol and S Wall, 2002, **Quantitative Methods for Business and Economics**, *Second Edition*, Prentice Hall.
- Eddi Suwardi K, 1984, **Linear Programming**, Sinar Baru, Bandung.
- Imam Suharto, 1999, **Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional**, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Indriyo Gitosudarmo, 1982, **Sistem Perencanaan dan Pengendalian Produksi**, Edisi Revisi, BPFE, Yogyakarta.
- Mudrajad Kuncoro, 2001, **Metode Kuantitatif, Teori dan Aplikasi Untuk Bisnis dan Ekonomi**, UPP AMP YKPN, Yogyakarta.
- Pangestu Subagyo, Marwan Asri, dan T. Hani Handoko, 1983, **Dasar-Dasar Operations Research**, BPFE, Yogyakarta.
- Render B, R.M. Stairs Jr. dan M.E. Hanna, 2003, **Quantitative Ananlysis for Management**, *Eight Edition*, Prentice Hall.
- Taha H.A, 1996, **Riset Operasi, Suatu Pengantar**, Edisi Kelima, Jilid 1, Binarupa Aksara, Jakarta
-, **Riset Operasi, Suatu Pengantar**, Edisi Kelima, Jilid 1, Binarupa Aksara, Jakarta
- Winardi, 1987, **Pengantar Operations Research, Sistem Manajemen Organisasi dan Produksi**, Tarsito Bandung.
-, 1981, **Pengantar Linear Programming**, Alumni, Bandung.
- Zulian Yamit, 1996, **Manajemen Produksi dan Operasi**, Ekonisia, Fakultas Ekonomi UII, Yogyakarta.

Buku Riset Operasi ini berisi 7 bab dirancang untuk 14 kali perkuliahan, 7 bab disampaikan dalam kelas dan 7 kali pertemuan di laboratorium komputer. Buku ini berisi: Bab 1. Pendahuluan yang membicarakan pengertian Riset Operasi, Bab 2. Linear Programming sebagai alat pengambilan keputusan untuk memilih kombinasi produk yang dapat mengoptimalkan keuntungan, Bab 3. Metoda Transportasi yang berisi tentang pengambilan keputusan untuk memilih alternatif alokasi dari berbagai sumber (pabrik) ke berbagai tujuan (Pasar/agen) dengan biaya yang paling minimal, Bab 4. Teori Keputusan yang memuat tentang teori-teori yang berkaitan dengan pengambilan keputusan, Bab 5. Teori Permainan yang menerangkan tentang strategi-strategi yang dapat digunakan perusahaan dalam kondisi persaingan, Bab 6. Pengendalian Persediaan yang berisi tentang bagaimana manajemen mengendalikan persediaan yang ada dalam perusahaannya, dan Bab 7. Manajemen Proyek yang memuat tentang bagaimana menentukan skedul proyek yang dapat mengoptimalkan biaya. Ketujuh Bab tersebut dilengkapi dengan petunjuk menggunakan **software Quantitative Analysis for Management** oleh: Barry Lender, and Ralph M. Stairs, Jr., and Michael E. Hanna.



Prof. Dr. Dedy Takdir Syaifuddin, S.E., M.S, lahir di Pare-Pare, 4 Nopember 1959, adalah dosen dan peneliti pada Jurusan Manajemen Fakultas Ekonomi Universitas Haluoleo Kendari sejak Tahun 1994. Ia menamatkan S-1 pada Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia Yogyakarta pada Tahun 1985, S-2 diselesaikan Tahun 1993 pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Pada Tahun 2005 ia merampungkan S-3 pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga, Guru Besar/Profesor dalam Bidang Ilmu Manajemen diraihnya pada tanggal 1 September 2010.

Tahun 2006 -2010 diangkat menjadi Ketua Program Studi Ilmu Manajemen (S2) Program Pascasarjana Universitas Haluoleo dan mengasuh mata kuliah: Ekonomi Mikro Madya, Manajemen Keuangan, Teori Kepemimpinan, Analisis Kuantitatif Untuk Manajemen, Manajemen Keuangan Daerah.

Buku-Buku yang telah diterbitkannya antara lain: (1) Manajemen Perbankan (Pendekatan Prkatis) diterbitkan Unhalu Press Tahun 2007, (2), Manajemen Keuangan (Teori dan Aplikasi) diterbitkan Unhalu Press Tahun 2008, (3) Efisiensi dan Kinerja Bank (Aplikasi Teori Hubungan Struktural) diterbitkan Unhalu Press Tahun 2009.

Kegiatan lainnya adalah menjadi dosen luar biasa di STIE Amsir Kota Parepare (S1), STIE 66 (S1) Kota Kendari dan di Fakultas Ekonomi (S1) Universitas Lakidende Kabupaten Konawe, Program Magister Manajemen (S2) Universitas Muhammadiyah Kendari, Program Magister Manajemen (S2) Fakultas Ekonomi Unhalu, Program Studi Administrasi Pembangunan (S2) Program Pascasarjana Universitas Haluoleo, dan Program Doktor Ilmu Ekonomi (S3) Universitas Haluoleo.

ISBN: 979-907-091-0



9 789799 070913