MODUL PRAKTIKUM

RISET OPERASIONAL 2

Versi	**3.1**
Tahun Penyusunan	2012
Tim Penyusun	1. Muhammad Yunanto, SE., MM.
	2. Iman Murtono Soenhadji, Ph.D.
	3. Darmadi, SE.,MM.
	4. Ririn Yuliyanti, SE.
	5. Padyan Khatimi, SE.

Laboratorium Jurusan

Jurusan

Fakultas

UNIVERSITAS GUNADARMA

Daftar Isi

Daftar Isi 2

Pertemuan 1 4

Teori Antrian 4

P1.1 Teori Antrian 4

Sejarah Teori Antrian 5

Tujuan Antrian 5

Elemen Dasar Antrian 6

Sistem Antrian 8

Struktur Antrian 9

P1.2 Daftar Pustakas 10

Pertemuan 2 11

Antrian Multi Channel Single Phase 11

P2.1 Merumuskan Masalah Antrian 11

Proses Antrian 11

Antrian Multi Channel Single Phase 12

Asumsi-asumsi ***Antrian Multi Channel Single Phase*** 14

Antrian Multi Channel Single Phase 12

Ciri-ciri Distribusi Poisson 14

P2.2 Contoh Kasus 14

P2.3 Aplikasi Software QSB 17

P2.4 Daftar Pustaka 23

Pertemuan 3 24

Analisis Jaringan Dengan Pert (Program Evaluation And Review Technique) Tanpa Dummy……..24

P3.1 Analisis Jaringan 24

Karakteristik Dasar PERT 25

Metodolodi dan Komponen-komponen PERT 25

Estimasi Probabilitas Waktu Penyelesaian 28

Teknik Untuk Memperpendek jadwal proyek 28

P3.2 Contoh Kasus 29

P3.3 Aplikasi Software QSB 40

P3.4 Daftar Pustaka 45

Pertemuan 4 46

*Analisis Jaringan Dengan Pert (Program Evaluation And Review Technique) dengan Dummy……*46

P4.1 Identifikasi Analisis Jaringan PERT dengan Dummy 46

P4.2 Contoh Kasus 49
P4.3 Aplikasi Software QSB 55
P4.4 Daftar Pustaka 59
Pertemuan 5 60
Analisis Rantai Markov5 60
P5.1 Pendahuluan 60
Pengertian analisis Markov 60
Probabilitas transisi dan Contoh Kasus 61
Syarat-syarat Dalam Analisis Markov 63
Probabilitas Tree dan Contoh Kasus 63
P***endekatan Matriks dan Contoh Kasus*** 66
Probabilitas Steady State dan Contoh Kasus 68
P5.2 Aplikasi Software QSB 73
P5.3 Daftar Pustaka 85
Pertemuan 6 86
Teori Pengambilan Keputusan 86
P6.1 Pendahuluan 86
Pengertian Pengambilan Keputusan 87
Tipe-tipe Keputusan 87
Konsep-konsep DasarTeori Pengambilan Keputusan 88
P6.2 Contoh Kasus 90
P6.3 Aplikasi 95
P6.4 Daftar Pustaka 99
Pertemuan 7 100
Teori Permainan/ Game Theory 100
P7.1 Pendahuluan 100
Sejarah Game Theory 100
Pengertian Game Theory 100
Ketentuan Umum dan Model Teori Permainan 103
Unsur-unsur Dalam Teori Permainan 103
Strategi Dalam Teori Permainan 105
P7.2 Contoh Kasus 110
P7.3 Aplikasi Program Game Theory 111
P7.4 Daftar Pustaka 113
Soal Latihan Riset Operasional 114

Pertemuan 1

TEORI ANTRIAN

Objektif:

1. Mahasiswa dapat menyebutkan dan mengidentifikasi elemen dasar model antrian.
2. Mahasiswa dapat memahami dan mengidentifikasi model-model antrian, sistem antrian, dan struktur antrian.
3. Mahasiswa dapat memahami peran distribusi Poisson dan eksponensial dalam model antrian.
4. Mahasiswa dapat memahami penerapan antrian dalam kehidupan sehari-sehari.

P1.1 Teori Antrian

Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian

Antrian yang panjang sering kali kita lihat di bank saat nasabah mengantri di teller untuk melakukan transaksi, airport saat para calon penumpang melakukan check- in, di super market saat para pembeli antri untuk melakukan pembayaran, di tempat cuci mobil : mobil antri untuk dicuci dan masih banyak contoh lainnya. Di sektor jasa, bagi sebagian orang antri merupakan hal yang membosankan dan sebagai akibatnya terlalu lama antri, akan menyebabkan pelanggan kabur. Hal ini merupakan kerugian bagi organisasi tersebut. Untuk mempertahankan pelanggan, sebuah organisasi selalu berusaha untuk memberikan pelayanan yang terbaik. Pelayanan yang terbaik tersebut diantaranya adalah memberikan pelayanan yang cepat sehingga pelanggan tidak dibiarkan menunggu (mengantri) terlalu lama. Namun demikian, dampak pemberian layanan yang cepat ini akan menimbulkan biaya bagi organisasi, karena harus menambah fasilitas layanan. Oleh karena itu, layanan yang cepat akan sangat membantu untuk mempertahankan pelanggan, yang dalam jangka panjang tentu saja akan meningkatkan keuntungan perusahaan.

A. Sejarah Teori Antrian

Sistem antrian atau sering disebut sebagai waiting line theory diciptakan pada tahun 1909 oleh seorang matematikawan dan insinyur berkebangsaan Denmark yang bernama A.K. Erlang. Teori ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1913 yang dimulai dengan menggunakan konsep dan struktur system antrian sebelum mengembangkan model matematisnya.

Teori antrian dirancang untuk memperkirakan berapa banyak langganan menunggu dalam suatu garis antrian, kepanjangan garis tunggu, seberapa sibuk fasilitas pelayanan, dan apa yang terjadi bila waktu pelayanan atau pola kedatangan berubah.

B. Tujuan Antrian

Dalam system antrian ada dua jenis biaya yang timbul, yaitu biaya karena orang mengantri, dan biaya karena menambah fasilitas layanan. Biaya yang terjadi karena orang mengantri, antara lain berupa waktu yang hilang karena menunggu. Sementara biaya menambah fasilitas layanan berupa penambahan fasilitas layanan serta gaji tenaga kerja yang memberi pelayanan. Tujuan dasar model-model antrian adalah untuk meminimumkan biaya total, yaitu :

1.Biaya langsung

Biaya karena menambah fasilitas layanan serta gaji tenaga kerja yang memberi pelayanan. Contoh pembengkakan biaya akibat waktu ini adalah pekerja yang di bayar perjam dan diharuskan melayani sejumlah pelanggan, perusahaan harus membayar pekerja tersebut persatuan waktu.

2.Biaya tidak langsung

Biaya karena mengantri (biaya yang timbul karena para individu harus menunggu lama untuk dilayani sehingga mungkin membatalkan niat memakai jasa layanan tersebut. Namun perlu diingat bahwa perusahaan mungkin tidak bisa membuka fasilitas pelayanan yang besar untuk pelayanan tertentu karena invvestasi untuk itu terlalu besar. Di sini optimalisasi antara waktu dan biaya investasi juga perlu diperhitungkan.

C. Elemen Dasar Dalam Antrian

Model antrian memerlukan 3 jenis data, yaitu :

1 . Tingkat kedatangan rata-rata langganan untuk mendapatkan pelayanan.

2 Tingkat pelayanan rata-rata.

3 Jumlah fasilitas pelayanan

Sedangkan elemen-elemen yang membentuk sistem antrian adalah :

1 **Populasi masukan (input)**

Yaitu jumlah total unit yang memerlukan pelayanan dari waktu ke waktu atau disebut jumlah total langganan potensial. Input dapat berupa populasi orang, barang, komponen atau kertas kerja yang datang pada system untuk dilayani. Asumsi yang digunakan untuk input dalam antrian adalah terbatas.

2 **Pola Kedatangan (distribusi kedatangan)**

Arriver pattern (pola kedatangan) adalah dengan cara bagaimana individu-individu dari populasi memasuki system. Untuk pola kedatangan menggunakan asumsi distribusi probabilitas poisson, yaitu salah satu dari pola-pola kedatangan yang paling umum bila kedatangan didistribusikan secara random. Ini terjadi karena distribusi poisson menggambarkan jumlah kedatangan per unit waktu bila sejumlah besar variable-variabel random mempengaruhi tingkat kedatangan. Bila pola kedatangan individu-individu mengikuti suatu distribusi poisson, maka waktu antar kedatangan atau inter arriver time(waktu kedatangan setiap individu) adalah random dan mengikuti suatu distribusi exponential.

3 **Disiplin antrian**

Disiplin antrian menunjukkan pedoman keputusan yang digunakan untuk menyeleksi individu-individu yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu.

Macam-macam disiplin antrian :

a. **First come first served (FCFS)**

First come first served atau First In First Out (FIFO) artinya, lebih dulu datang (sampai), lebih dulu dilayani (kelua). Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop.

b. **Shortest operating (service)-time (SOT)**

Yaitu antrian yang paling sedikit akan dilayani terlebih dahulu.

c. **Last come first served (LCFS)**

Last come first served atau Last In First Out (LIFO) artinya, yang tiba terakhir yang lebih dulu keluar. Misalnya, sistem antrian dalam elevator untuk lantai yang sama.

d. **Longest operating time (LOT)**

Longest operating time (LOT) kebalikan dari Shortest operating (service)-time (SOT). Yaitu antrian yang paling banyak akan dilayani terlebih dahulu.

e. **Service in random order (SIRO)**

Service in random order artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba

f. **Emergency first atau critical condition first**

artinya, prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dahulu tiba dalam garis tunggu. Kejadian seperti ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang dalam keadaan penyakit lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

4 **Kepanjangan antrian**

Kepanjangan antrian ada yang terbatas dan tidak terbatas. Asumsi untuk kepanjangan antrian ini yang akan kita gunakan adalah yang terbatas (finite). System antrian yang menampung jumlah individu-individu yang besar ini mempunyai kapasitas yang terbatas dan model antrian terbatas harus digunakan untuk manganalisa system tersebut.

5 **Tingkat pelayanan**

Waktu pelayanan (service time) adalah waktu yang digunakan untuk melayani individu-individu dalam suatu system. Apabila waktu palayanan mengikuti distribusi exponensial atau distribusi acak, waktu pelayanan (unit / jam) akan mengikuti distribusi poisson.

6 **Keluaran (exit)**

Sesudah individu selesai dilayani, maka ia akan keluar system.

D. SISTEM ANTRIAN

Sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi system yang berbeda-beda dimana teori antrian sering diterapkan secara luas.

1. Sistem pelayanan komersial

   Contoh : restoran, cafetaria, toko-toko, salon, dll
2. Sistem pelayanan bisnis industri.

   Contoh : lini produksi, system material handling, system penggudangan.
3. Sistem pelayanan transportasi

   Contoh : kereta api, bis, pesawat terbang.
4. Sistem pelayanan social

   Contoh : kantor tenaga kerja, kantor registrasi SIM dan STNK.

CONTOH SISTEM ANTRIAN

SISTEM	ANTRIAN/GARIS TUNGGU	FASILITAS PELAYANAN
Lapangan terbang	Pesawat menunggu di landasan	Landasan pacu
Bank	Nasabah(orang)	Teller (kasir)
Bongkar muat barang	Kapal atau truk	Fasilitas bongkar muat
Perpustakaan	Anggota	Pegawai perpustakaan
Car Wash Automatic	Mobil Automatic	Alat pencuci mobil otomatis
Registrasi mahasiswa	Mahasiswa	Pusat Registrasi
Menonton Bioskop	Pelanggan	Pelayanan tiket

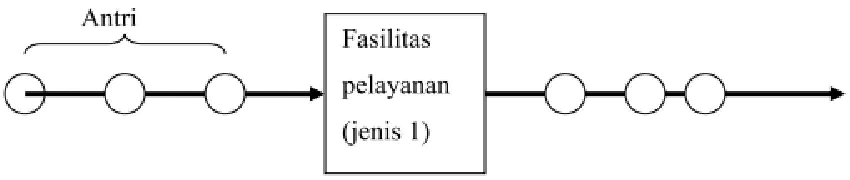
E. STRUKTUR ANTRIAN

Menurut Pangestu Subagyo (1999) terdapat 4 model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh system antrian, yaitu :

1. **Single Channel Single Phase (Model : M/M/I/I/I)**

   Single chanel berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki system pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. Single phase menunjukkan bahwa hanya ada satu station pelayanan atau sekumpulan tunggal operasi yang dilaksanakan

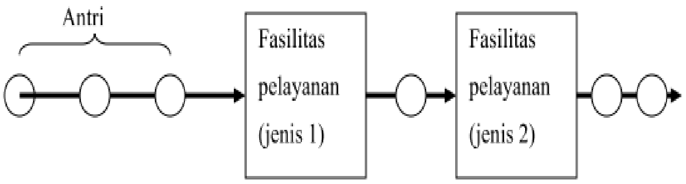
M *pertama*: rata-rata kedatangan yang mengikuti distribusi probabilitas Poisson **M *kedua*: tingkat pelayanan yang mengikuti distribusi probabilitas Poisson** **1: jumlah fasilitas pelayanan dalam system atau saluran masukan**



Gambar. 1 Single Channel Single Phase

2. **Single Chanel Multi Phase (Model : M/M/S/I/I)**

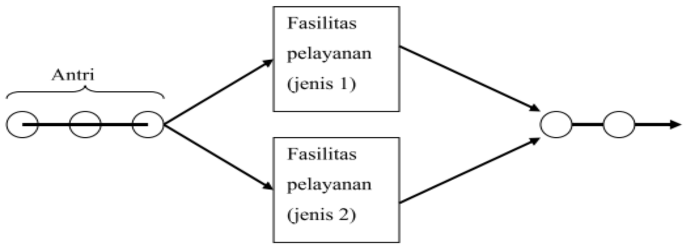
   Multi phase menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan.



Gambar. 2 Single Chanel Multi Phase

3. **Multi Chanel Single Phase (Model : M/M/I/I/F)**

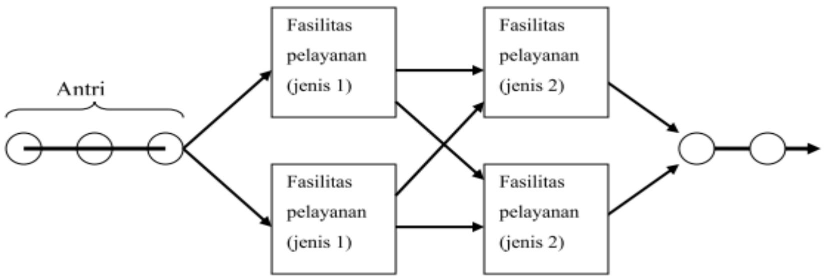
   Multi chanel single phase terjadi kapan saja dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal.



Gambar. 3 Multi Chanel Single Phase

4. Multi Chanel Multi Phase (Model : M/M/S/F/I)

Sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada suatu waktu. Pada umumnya, jaringan antrian ini terlalu complex untuk dianalisa dengan teori antrian, mungkin simulasi lebih sering digunakan untuk menganalisa system ini.



Gambar.4 Multi Chanel Multi Phase

P1.2 Daftar Pustaka

Herjanto, Eddy. "*Manajemen Operasi*". Edisi ketiga.Grasindo.Jakarta.2006

Levin, Richard I., et al. (1992). Q*uantitative Approaches to Management*, eight edition, New York, McGraw-Hill International Editions.

Toha, Hamdy A. (1997). *Operations Research: an introduction*, Prentice Hall, NJ.

Pertemuan 2

Judul Materi Pertemuan 2

ANTRIAN (*MULTI CHANNEL SINGLE PHASE*)

Objektif:

1. Mahasiswa dapat merumuskan masalah.
2. Mahasiswa dapat menghitung lama antrian.
3. Mahasiswa dapat mencari persentase tingkat kegunaan *channel*.
4. Mahasiswa dapat memahami penerapan hasil akhir.

P2.1 Merumuskan Masalah Antrian

Perkiraan prestasi dari sistem antrian dapat digambarkan dengan misalnya : rata-rata jumlah kedatangan dalam antrian, rata-rata waktu tunggu dari suatu kedatangan dan persentase waktu luang dari pelayanan.

Ukuran prestasi ini dapat digunakan untuk memutuskan jumlah pelayanan yang harus diberikan, perubahan yang harus dilakukan dalam kecepatan pelayanan atau perubahan lain dalam sistem antrian. Dengan sasaran pelayanan, jumlah pelayan dapat ditentukan tanpa berpatokan pada biaya waktu tunggu.

A. Proses Antrian

Proses antrian pada umumnya dikelompokkan ke dalam empat struktur dasar menurut sifat-sifat fasilitas pelayanan, yaitu:

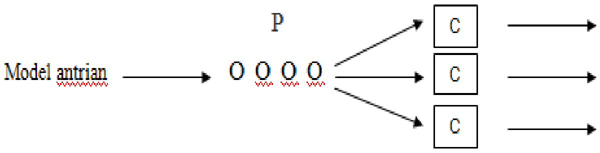
1. Single Channel - Single Phase (satu saluran satu tahap)
2. Single Channel - Multi Phase (satu saluran banyak tahap)
3. Multi Channel - Single Phase (banyak saluran satu tahap)
4. Multi Channel - Multi Phase (banyak saluran banyak tahap)

Pada praktikum semester lalu kalian telah mempelajari antrian single channel single phase pada Manajemen Operasional. Kini pada praktikum Riset Operasional 2 pembahasan antrian masih berlanjut tepatnya antrian ***MULTI CHANNEL SINGLE PHASE.***

B. Antrian Multi Channel Single Phase

Sistem multi channel-single phase terjadi saat dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Sebagai contoh model ini adalah pembelian tiket yang dilayani oleh lebih dari satu loket, pelayanan potong rambut oleh beberapa tukang potong, dan sebagainya.

Multi channel single phase (infinite) = antrian tidak dibatasi



Gambar 1 Model Antrian *Multi Channel Single Phase*

Tabel 2.1

Notasi	Penjelasan	Satuan
λ	Tingkat kedatangan rata-rata	Unit/jam
$\frac{1}{\lambda}$	Waktu antar kedatangan	Jam/unit
μ	Tingkat pelayanan rata-rata	Unit/jam
$\frac{1}{\mu}$	Waktu pelayanan rata-rata	Jam/unit
σ	Deviasi standar tingkat pelayanan	Unit/jam
n	Jumlah individu dalam sistem	Unit

Tabel 2.2

Notasi	Penjelasan	Satuan
$\overline{nq}$	Jumlah individu rata-rata dalam antrian	Unit
$\overline{nt}$	Jumlah individu total	Unit
$\overline{tq}$	Waktu rata-rata dalam antrian	Jam
$\overline{tt}$	Waktu rata-rata total	Jam
S	Jumlah fasilitas pelayanan	Unit pelayanan
R	Tingkat kegunaan fasilitas pelayanan	Ratio

Tabel 2.3

Notasi	Penjelasan	Satuan
Q	Kepanjangan maksimum sistem	Unit
Pn	Probabilitas jumlah n individu dalam sistem	Frekfensi relatif
Po	Probabilitas tidak ada individu dalam sistem	Frekfensi relatif
Pw	Probabilitas menunggu dalam antrian	Frekfensi relatif
cs	Biaya pelayanan persatuan waktu per fasilitas	Rp/jam/server
cw	Biaya untuk menunggu per satuan waktu per individu	Rp/jam/server
ct	Biaya total = Scs + cw	Rp/jam

Tabel 2.4

Rumus Yang Digunakan Dalam Antrian *Multi Channel Single Phase*

	Notasi	Rumus
Tingkat Kegunaan	R	$R = \dfrac{\lambda}{C \times \mu}$
Rata-rata banyaknya pengantri dalam Antrian	Lq	$Lq = \dfrac{Po \ (\lambda/\mu)^c \ . \ \lambda / c \times \mu}{C! \ (1-(\lambda / c \ . \ \mu))^2}$
Rata-rata banyaknya pengantri dalam System	L	$L = Lq + \lambda / \mu$
Rata-rata waktu mengantri dalam Antrian	Wq	$Wq = Lq / \lambda$
Rata-rata waktu mengantri dalam System	W	$W = Wq + 1 / \mu$
Probabilitas tidak adanya pengantri dalam system	PO	$Po = \dfrac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \dfrac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \dfrac{(\lambda/\mu)^c}{c! \ (1-(\lambda/c.\mu))}}$
Probabilitas orang ke-n mengantri dalam system	Pn	$P(n \le c) = \dfrac{(\lambda/\mu)^n}{n!} . Po$ $P(n > c) = \dfrac{(\lambda/\mu)^n}{C! . C^{n-c}} . Po$

C. Asumsi-asumsi dalam Multi Channel Single Phase (*infinite*)

- Jumlah antrian tidak dibatasi
- Kedatangan mengikuti distribusi poisson
- Waktu pelayanan mengikuti distribusi exponential negative
- First come, first served
- Saluran dikalikan dengan tingkat pelayanan > dari tingkat kedatangan.

D. Ciri ciri Distribusi Poisson :

- Tingkat kedatangan rata-rata dapat diduga berdasarkan data masa lalu
- Tingkat kedatangan rata-rata persatuan waktu adalah konstan
- Banyaknya kedatangan dalam suatu selang waktu tidak dipengaruhi apa yang terjadi pada selang waktu sebelumnya
- Probabilitas suatu kedatangan dalam selang waktu yang sangat pendek adalah sangat kecil sehingga probabilitas > dari satu kedatangan dalam selang waktu yang pendek akan mendekati 0 (nol)

P2.2 Contoh Kasus

Seorang pemilik toko buku di Kwitang Senen ingin mengetahui dan menganalisis pelayanan kasirnya. Ia menyewa seorang konsultan untuk menganalisis antrian di kasir toko buku. Diketahui toko buku tersebut mempunyai 3 kasir untuk melayani pembeli. Diketahui waktu rata-rata untuk melayani seorang pembeli 5 menit/orang mengikuti aturan distribusi eksponential negative. Tingkat kedatangannya 21 orang per jam mengikuti distribusi poisson. Konsultan tersebut diminta untu memecahkan persoalan ini:

a. Rasio Pelayanan (R)
b. Proporsi waktu menganggur CSO
c. Rata-rata banyaknya pengantri dalam antrian.
d. Rata-rata banyaknya pengantri dalam system.
e. Rata-rata waktu menunggu dalam antrian.
f. Rata-rata waktu mengunggu dalam system.
g. Probabilitas adanya orang ke-5.
h. Probabilitas adanya 5 orang.
i. Analisis dari penelitian konsultan tersebut.

Sebelum menjawab kasus tersebut perlu Anda analisis terlebih dahulu apa **kasusnya.**

Diketahui : **C = 3 unit**

μ = 5 menit/ orang

λ = 21 orang/ jam

Dari kasus tersebut diketahui bahwa satuan untuk **μ** masih dalam bentuk **menit/orang.** Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan di bawah ini, **μ = 5 menit/ orang** harus kita ubah satuannya ke dalam **orang/jam** dengan cara:

1 jam = 60 menit

= 60 menit : 5 menit

maka diperoleh, **μ = 12 orang/jam**

Jawaban:

a. Rasio Pelayanan (R)

$$\mathbf{R} = \frac{\lambda}{C \times \mu} = \frac{21}{3 \times 12} = 0{,}5833 \Rightarrow 58{,}33\ \%$$

b. Proporsi waktu menganggur kasir

$$\mathbf{Po} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-l} \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda / \mu)^c}{C!\,(1 - (\lambda / c.\mu))}}$$

$$= \frac{1}{\frac{(21/12)^0}{0!} + \frac{(21/12)^1}{1!} + \frac{(21/12)^2}{3!(1-(21/2x12))}}$$

$$= 0.1556$$

c. Rata-rata banyaknya pengantri dalam antrian.

$$\mathbf{Lq} = \frac{Po\,(\lambda / \mu)^c\ .\ \lambda / c \times \mu}{C!\,(1 - (\lambda / c\,.\,\mu))^2}$$

$$= \frac{0{,}1556\ (21/12)^2 \times 0{,}5833}{3!\,(1 - 0{,}5833)^2}$$

$$= 0{,}4671$$

d. Rata-rata banyaknya pengantri dalam system.

L = Lq + λ / μ

L = 0,4671+ 21 / 12

= 2,2171

e. Rata-rata waktu menunggu dalam antrian.

$$\mathbf{Wq = Lq / \lambda}$$

$$Wq = 0{,}4671 / 21 = 0{,}02224$$

f. Rata-rata waktu mengunggu dalam system.

$$\mathbf{W = Wq + 1 / \mu}$$

$$W = 0{,}02224 + 1 / 12 = 0{,}10577$$

g. Probabilitas adanya orang ke-5.

$$\mathbf{P}\ (5 > c) = \frac{\mathbf{(\lambda / \mu)^n}}{\mathbf{C!\,.\,C^{\,n-c}}}\ \mathbf{.\ Po}$$

$$= \frac{(21 / 12)^5}{3! \times 3^{5-3}} \times 0{,}2$$

$$= 0{,}04731$$

h. Probabilitas adanya 4 orang.

Untuk mengetahui probabilitas adanya 4 orang pembeli, dihitung satu-per satu dengan rumus:

$$\mathbf{Po} = \frac{\mathbf{1}}{\displaystyle\sum_{\mathbf{n=0}}^{\mathbf{c-l}} \frac{\mathbf{(\lambda / \mu)^n}}{\mathbf{n!}} + \frac{\mathbf{(\lambda / \mu)^c}}{\mathbf{C!\ (1 - (\lambda / c.\mu))}}}$$

$$\mathbf{P}\ (n > c) = \frac{\mathbf{(\lambda / \mu)^n}}{\mathbf{C!\,.\,C^{\,n-c}}}\ \mathbf{.\ Po}$$

dan hasil dari probabilitas pengantri 0 sampai 4 dijumlahkan.

P (adanya 4 orang) = **P(0) + P(1) + P(2) + P(3) + P(4)**

= 0,1556 + 0,27237 + 0,23833 + 0,13902 + 0,08110

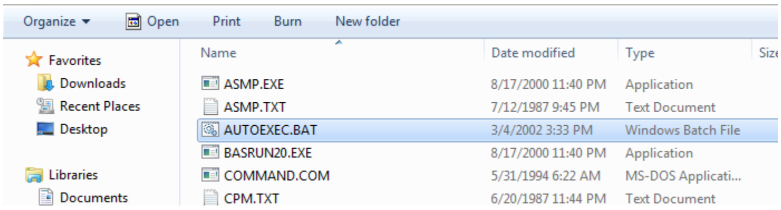
= 0,88642

i. Analisis dari penelitian konsultan tersebut.

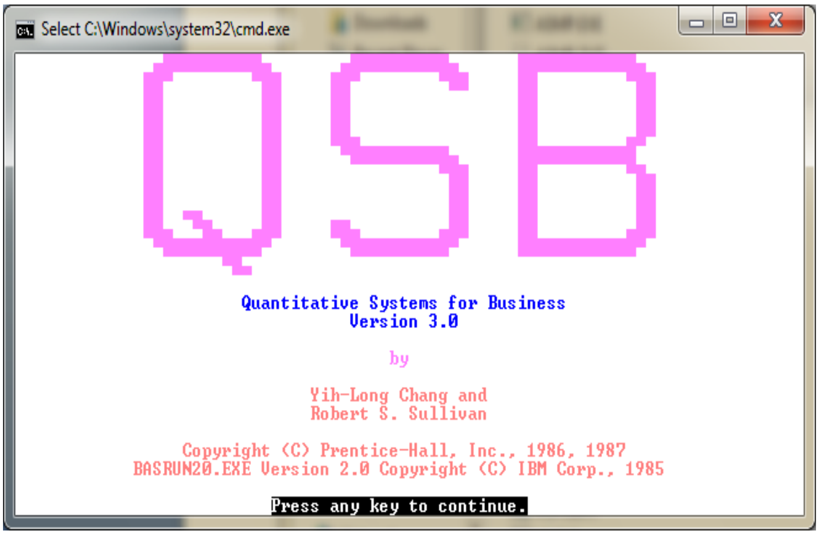
Antrian yang efektif memliki tingkat keefektifan/ tingkat kegunaan/ tingkat rasio dengan kisaran 0,5 sampai 0,9. Berdasarkan hasil perhitungan konsultan atas antrian yang terjadi pada Toko Buku Kwitang diketahui bahwa rasio keefektifan sebesar 0,5833 atau 58,33 % yang artinya antrian tersebut dapat dikatakan efektif tetapi belum sempurna karena kasir yang disediakan terlalu berlebihan sehingga banyak waktu mengganggur oleh kasir. Konsultan dapat memberikan saran kepada pemilik untuk mengurangi 1 orang kasir. Sehingga antrian dapat lebih efektif.

P2.3 Aplikasi Software QSB

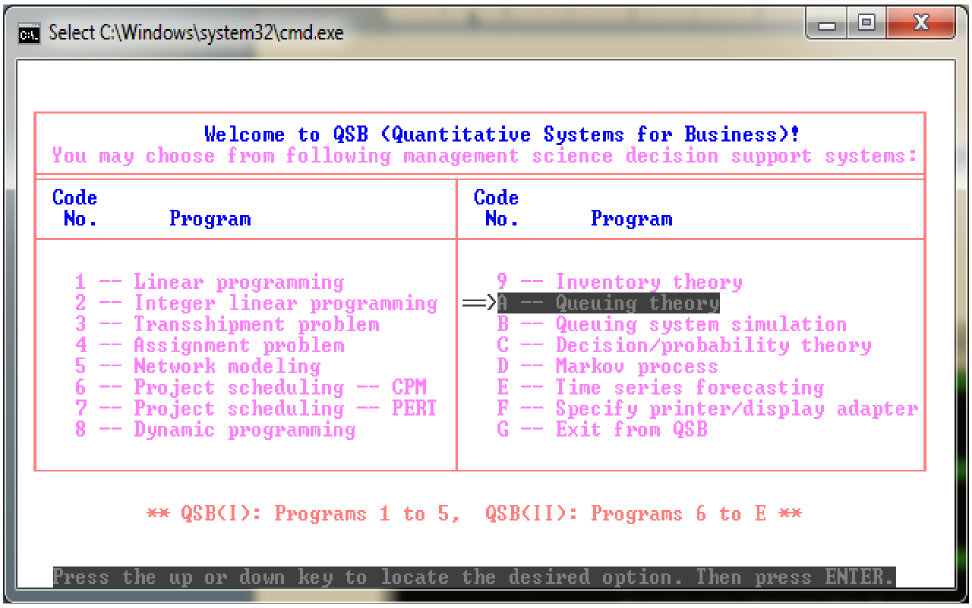
1. Dari menu utama (desktop), buka folder QSB dan klik “AUTOEXE.BAT”.



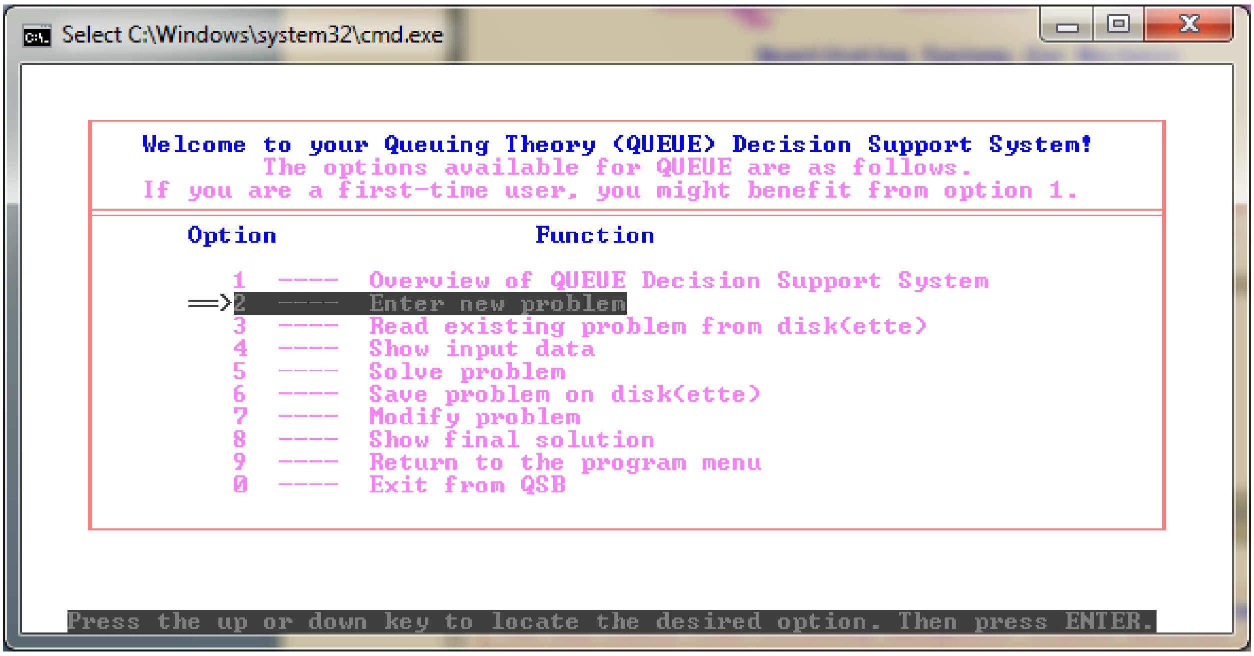
2. Tekan enter dua kali setelah tampilan seperti gambar di bawah ini.



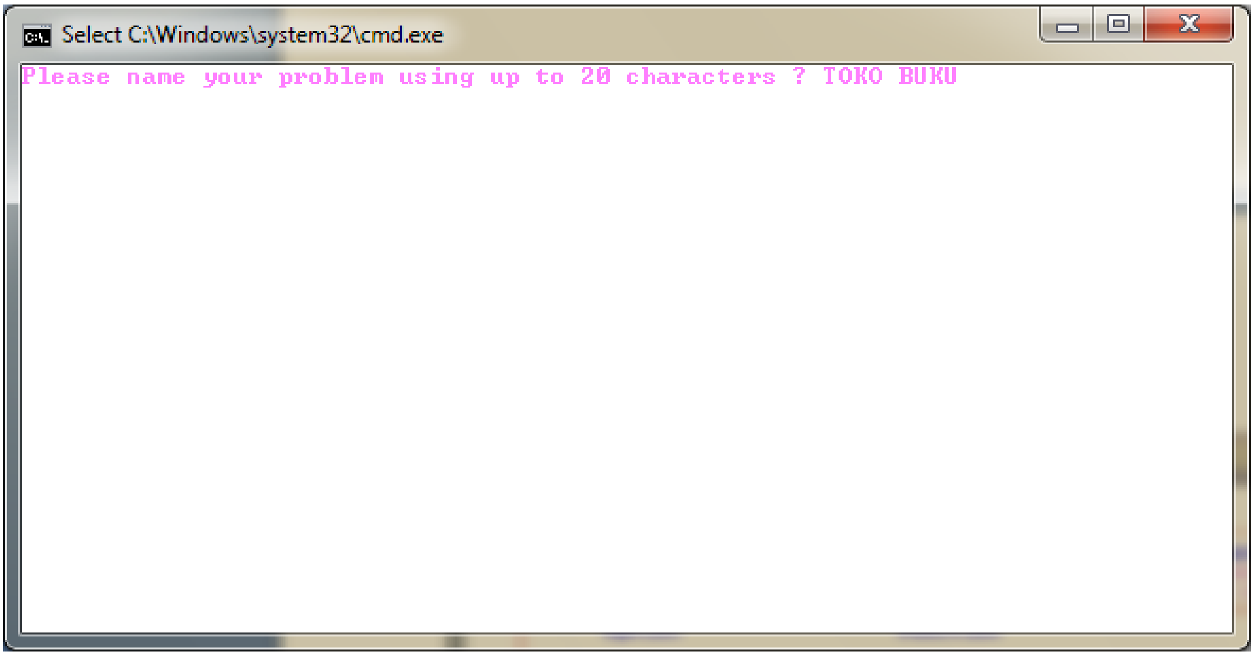
3. Pada tampilan seperti di bawah ini, pilih menu : A--Queuing theory dan enter atau cukup tekan huruf A **tanpa** tekan enter.



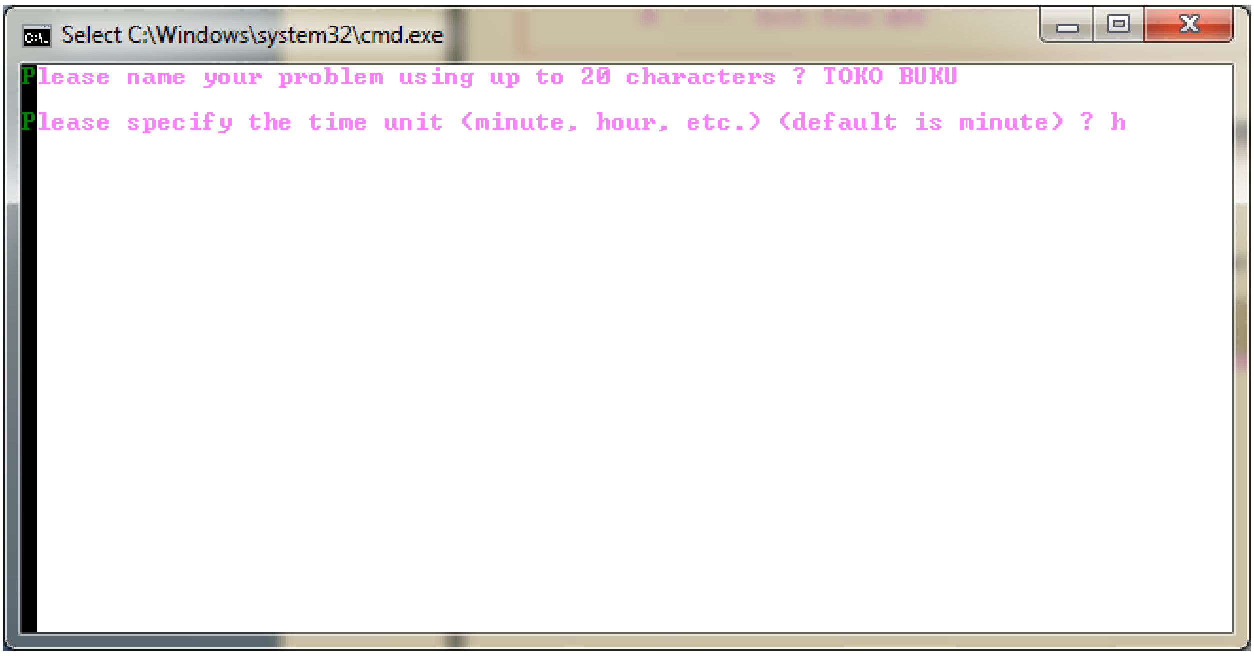
4. Setelah muncul tampilan seperti di bawah ini, pilih menu Enter New problem kemudian tekan enter atau cukup tekan angka ‘2’ **tanpa** tekan enter.



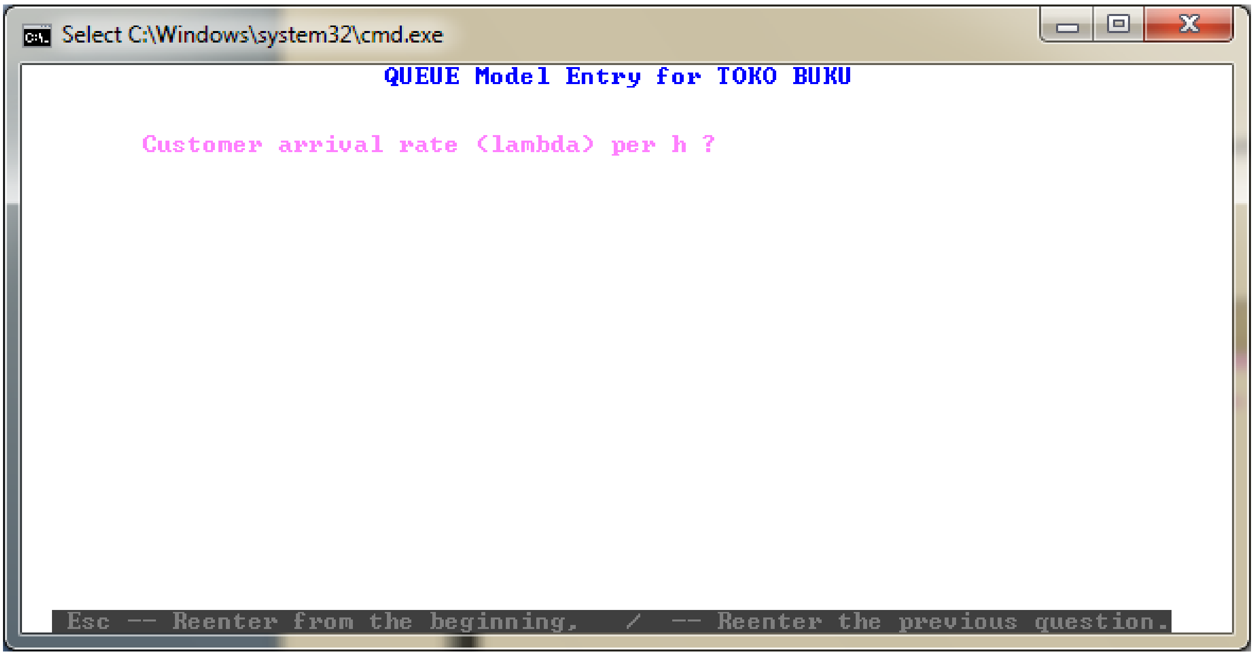
5. Ketik nama anda atau subjek pada kasus . contoh: TOKO BUKU, lalu tekan enter sekali.



6. Muncul pertanyaan: ***Please specify the time unit <minute, hour, etc.> <default is minute> ?*** tekan huruf ‘h’ karena satuan unit yang dipakai adalah Per Jam

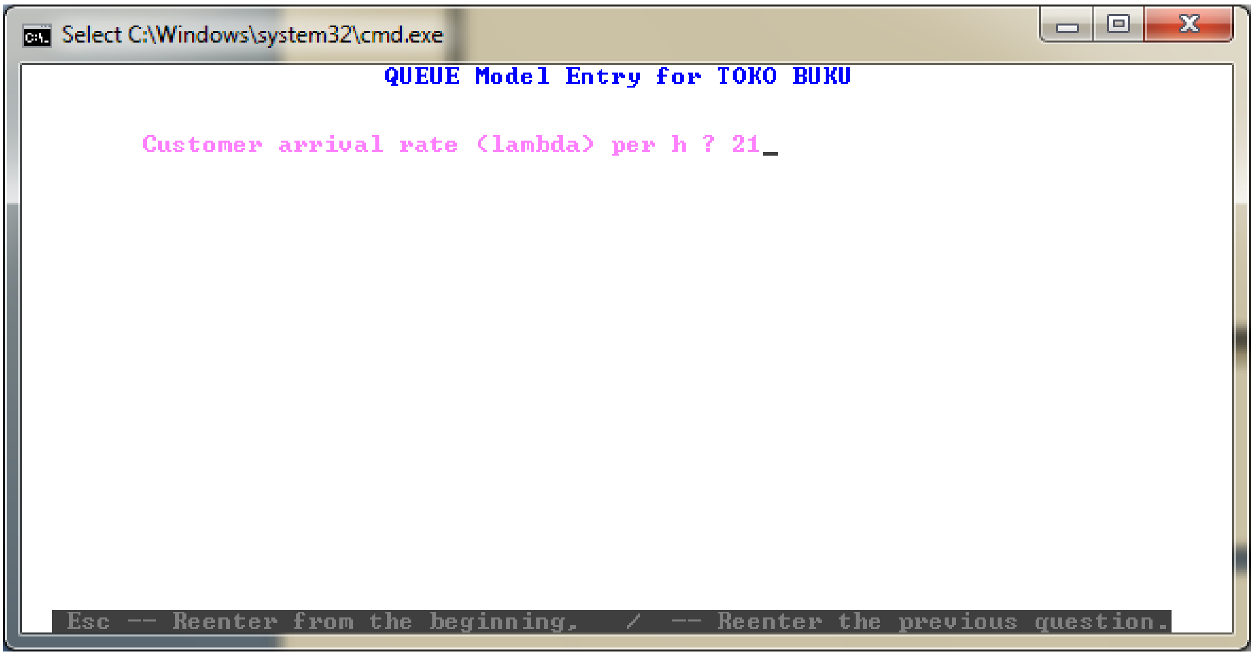


7. Tekan enter 2 kali hingga menampilkan gambar seperti di bawah ini:

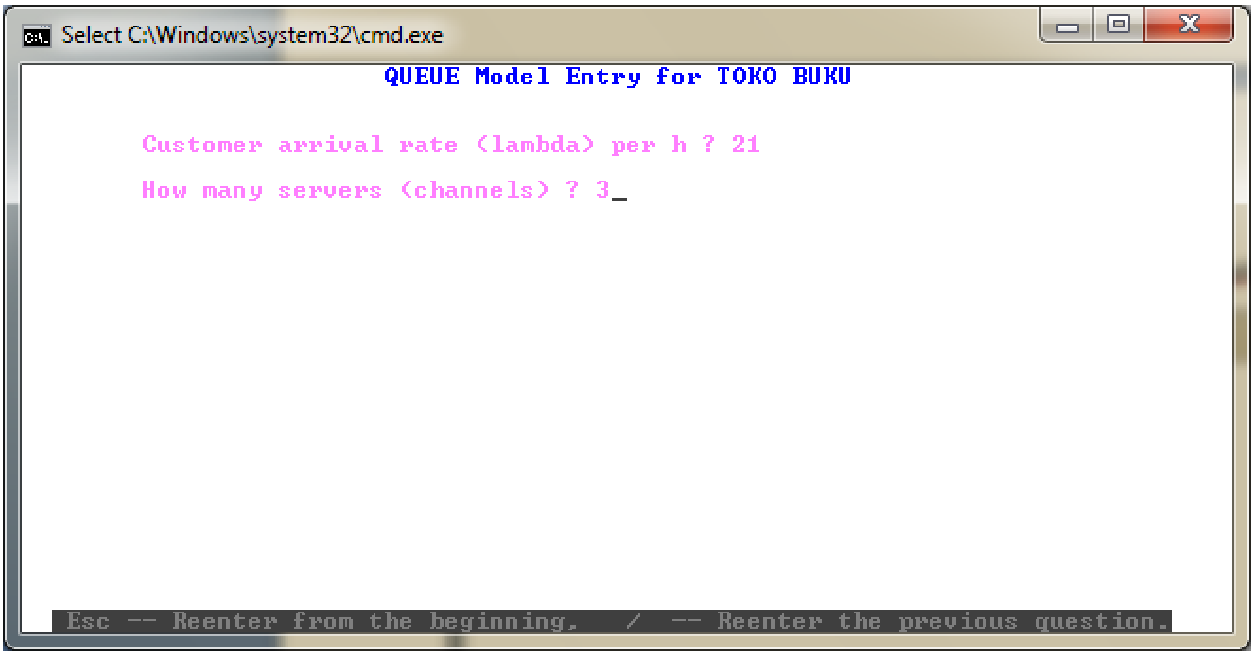


Kemudian dapat anda input data dari kasus.

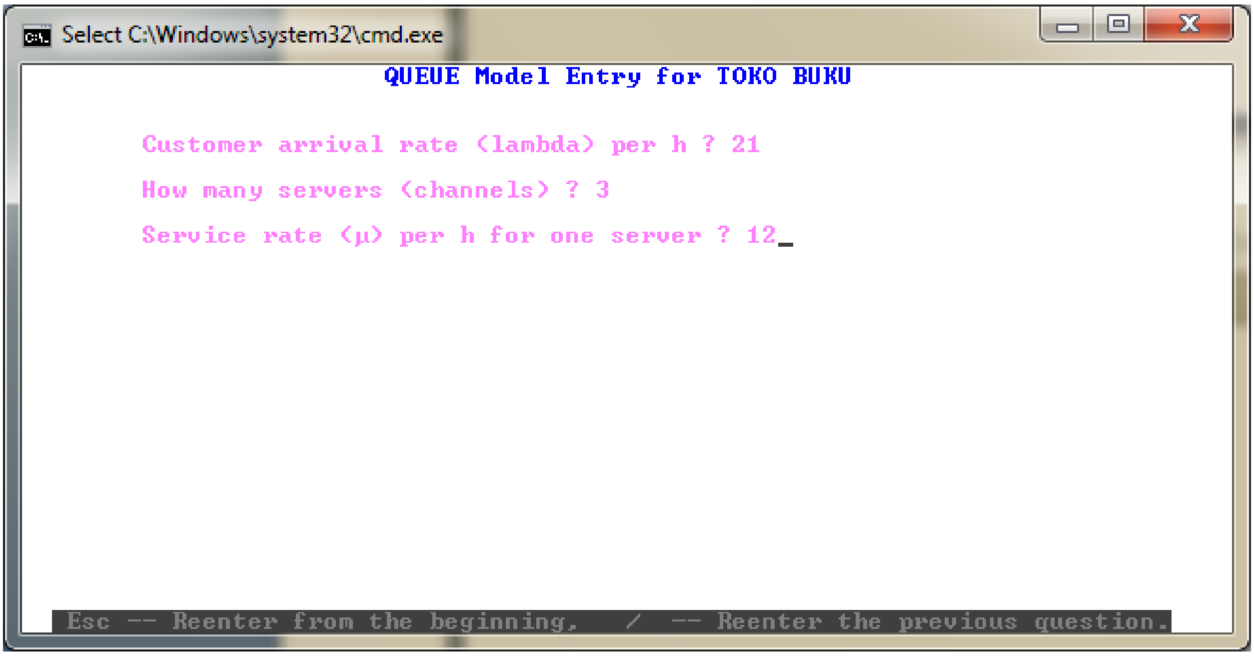
Dari contoh kasus diketahui bahwa **λ = 21 orang/ jam,** maka anda input angka 21 untuk lamba.



Kemudian tekan enter 1 kali dan input banyak channel. Dalam contoh kasus C = 3 unit

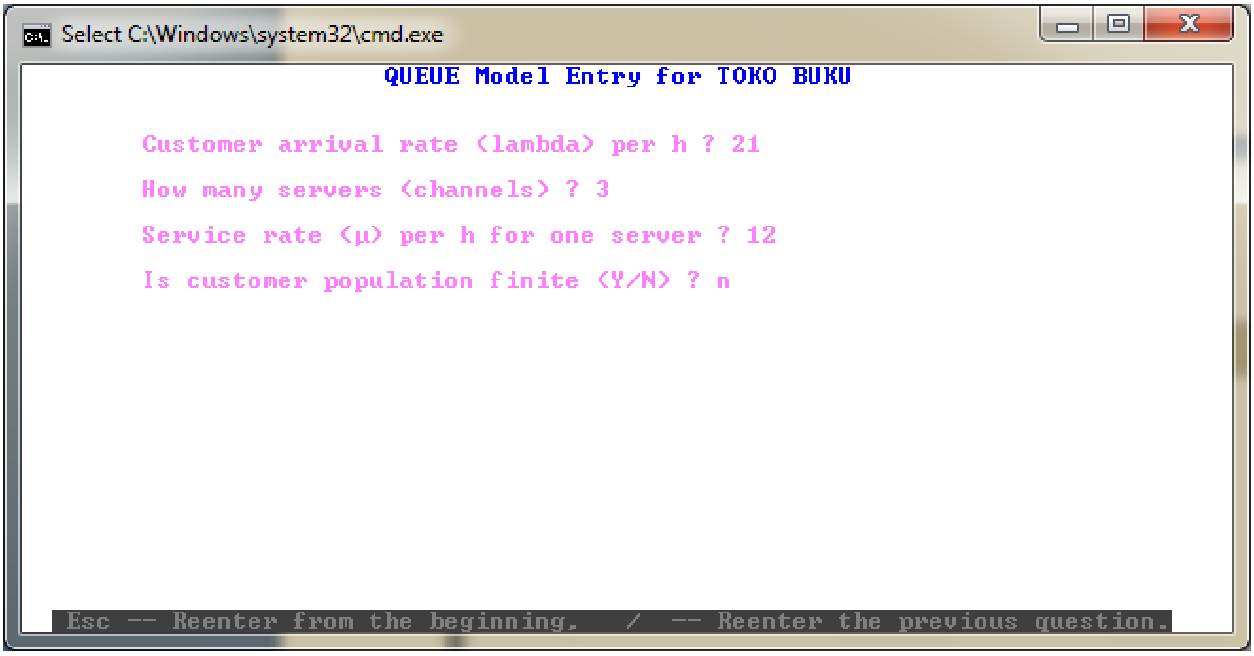


Tekan enter 1 kali dan input tingkat μ = 12 orang/jam

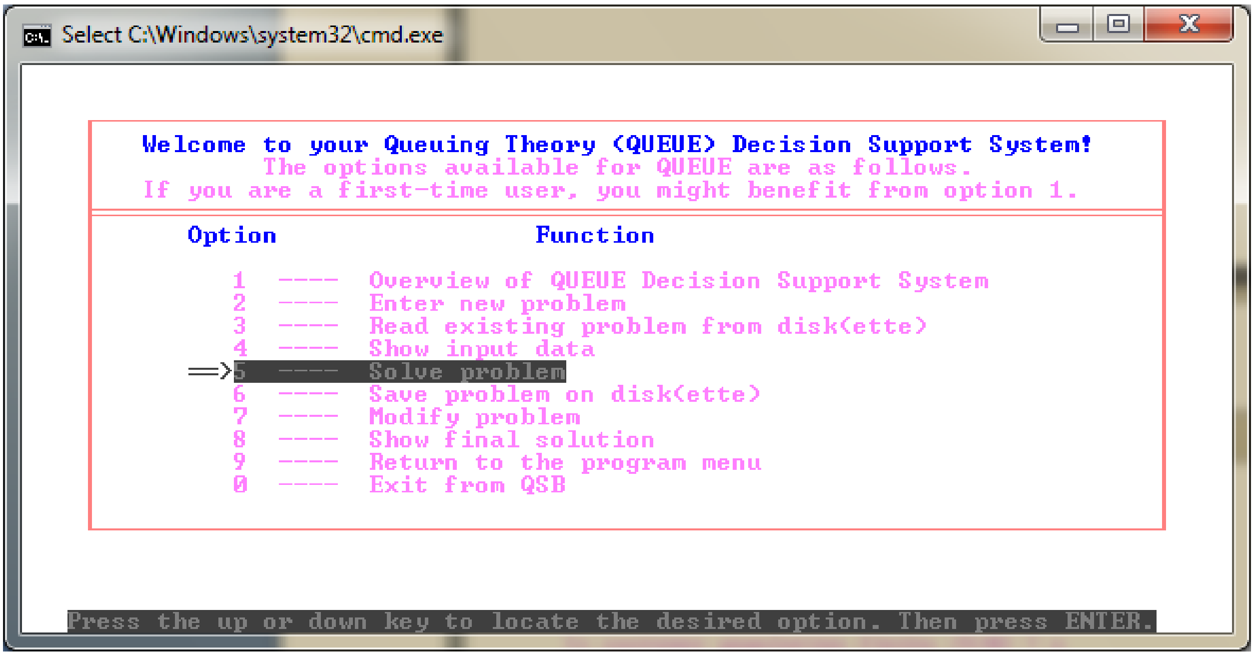


Tekan enter 1 kali dan akan tampil pertanyaan; *is customer population finite <Y/N> ?*

Dan anda isi dengan huruf **'n'. kemudian enter 2 kali**

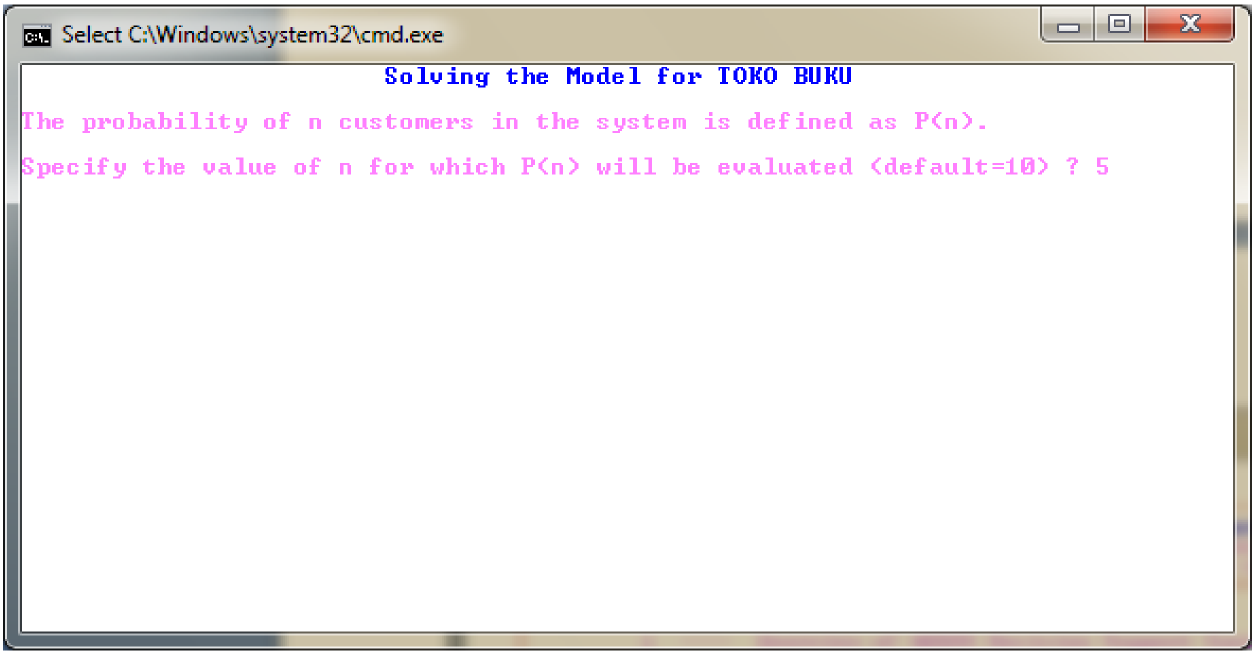


8. Pilih menu; 5 ---- Solve problem lalu tekan enter. Atau tekan angka ‘5’ saja pada keyboard.

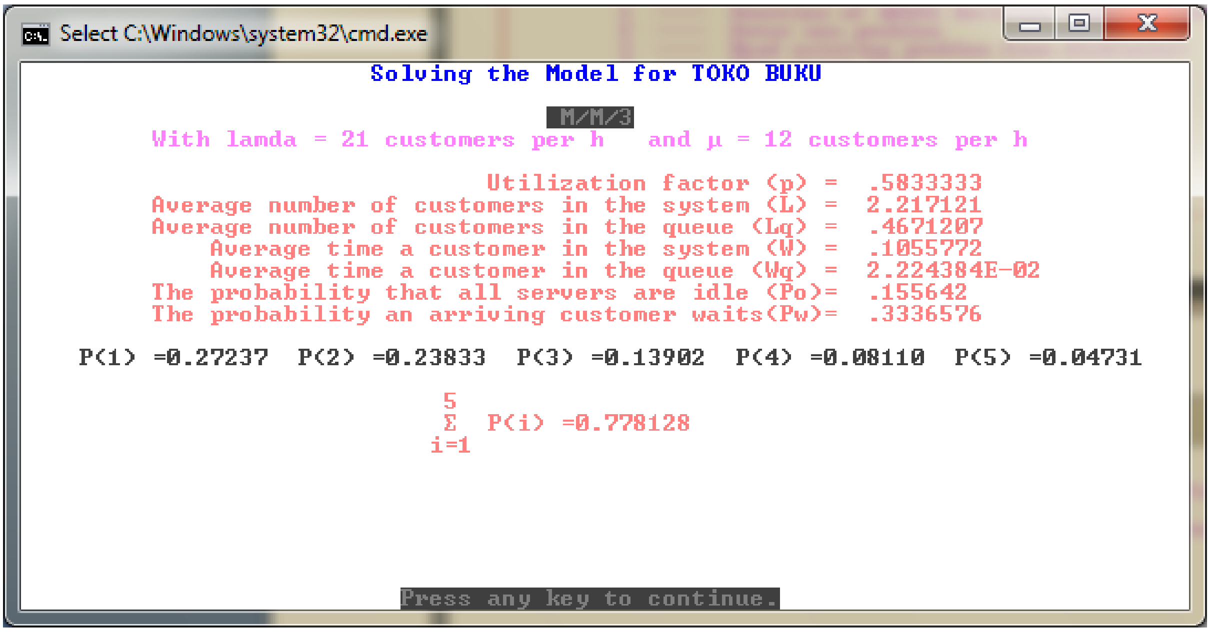


9. Pada langkah ini akan menampilkan pertanyaan; ***specify the value of n for which P<n> will be evaluated <default=10>?***

Pada langkah ini perlu anda lihat pada kasus, lihatlah soal yang menanyakan tentang probabilitas adanya pengantri maupun adanya pengantri ke-.. . Dari dua soal terbebut lihatlah angka yang paling besar dan angkka tersebulah yang akan dimasukkan ke dalam software. Perhatikanlah gambar berikut:



Tekan enter 1 kali maka akan tampil output dari inputan data contoh kasus.



Cocokkan hasil output software dengan hasil perhitungan manual (menngunakan rumus). Apakah berbeda atau sebaliknya?

Berlatihlah kembali menggunakan software QSB agar lebih mudah dalam menjawab soal-soal praktikum.

P2.4 Daftar Pustaka

Bustani, Henry. 2005. *Fundamental Operation Research.* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

Herjanto, Eddy. "*Manajemen Operas*i". Edisi ketiga.Grasindo.Jakarta.2006

Levin, Richard I., et al. (1992). Q*uantitative Approaches to Management*, eight edition, New York, McGraw-Hill International Editions.

Toha, Hamdy A. (1997). *Operations Research: an introduction*, Prentice Hall, NJ.

Pertemuan 3

ANALISIS JARINGAN DENGAN PERT (Program Evaluation and Review Technique) TANPA DUMMY

Objektif:

1. Mengidentifikasi tujuan pokok dari masalah
2. Membuat Jaringan Kerja
3. Menghitung Probabilitas Beta, Varian
4. Membuat Penjadwalan Kerja

P3.1 Analisis Jaringan

Penggunaan jaringan dalam bidang manajemen umumnya yaitu penggunaan teknik jaringan aktivitas atau sering dikenal sebagai teknik jaringan proyek, dimana suatu proyek melibatkan berbagai aktivitas yang saling berhubungan baik langsung maupun tidak langsung. Salah satu model jaringan yang terkenal dan digunakan dalam perencanaan, penjadwalan dan pengawasan adalah **Critical Path Method (CPM)** atau **Program Evaluation And Review Tehnique (PERT). CPM** dan **PERT** pada dasarnya serupa, bedanya **CPM** adalah teknik deterministic sedangkan **PERT** bersifat probabilistik. Pada teknik deterministic, waktu kegiatan diasumsikan diketahui dengan pasti, sehingga merupakan nilai tunggal. Sedangkan pada **PERT** waktu kegiatan merupakan variable random yang memiliki distribusi probabilistik.

Salah satu tujuan dari analisis **CPM/PERT** adalah untuk menentukan waktu terpendek yang diperlukan untuk merampung proyek atau menentukan critical path, yaitu jalur dalam jaringan yang membutuhkan waktu penyelesaian paling lama. Kegiatan-

kegiatan yang dilewati critical path dinamakan kegiatan kritis. Keterlambatan penyelesaian salah satu kegiatan ini akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Untuk riset operasional 2, analisis jaringan yang akan dibahas adalah PERT (Program Evaluation And Review Tehnique).

A. Karakteristik Dasar PERT

PERT merupakan suatu metoda analitik yang dirancang untuk membantu dalam penjadwalan dan pengawasan kompleks yang memerlukan kegiatan tertentu yang harus dijalankan dalam urutan tertentu, dan kegiatan-kegiatan itu mungkin tergantung pada kegiatan-kegiatan lain. Analisa jaringan kerja (network) ini secara umum sangan membantu dalam:

1. Perencanaan suatu proyek yang kompleks.
2. Scheduling pekerjaan-pekerjaan sedemikian rupa dalam urutan yang praktis dan efisien.
3. Mengadakan pembagian kerja dari tenaga kerja dan dana yang tersedia.
4. Scheduling ulangan untuk mengatasi hambatan-hambatan dan keterlambatan-keterlambatan.
5. Menentukan ”trade-off” (kemungkina pertukaran) antara ”waktu” dan ”biaya”.
6. Menentukan probabilitas penyelesaian suatu proyek tertentu.

PERT telah digunakan dengan sukses di bidang-bidang: kegiatan-kegiatan konstruksi, seperti pembangunan rumah dan jembatan; realokasi pekerjaan dalam pabrik; perencanaan produksi produk baru; perencanaan kampanye promosi; penentuan jumlah buruh optimal dalam suatu pabrik; perakitan pesawat terbang; dan bagi pengkoordinasian pemeliharaan dan proyek-proyek instalasi, seperti pemasangan system computer baru, serta ribuan penerapan lainnya.

B. Metodologi Dan Komponen-Komponen PERT

Metodologi dan komponen-komponen PERT mempunyai pengertian-pengertian standar, yang dapat diuraikan sebagai berikut:

- **Kegiatan *(activity)*,** yaitu bagian dari keseluruhan pekerjaan yang dilaksanakan; kegiatan mengkonsumsi waktu dan sumber daya serta mempunyai waktu mulai dan waktu berakhir. Kegiatan suatu proyek disimbolkan dengan garis berpanah. kegiatan menghubungkan dua peristiwa.

- **Peristiwa** ***(event)***, *yaitu* menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Biasanya peristiwa digambarkan dengan suatu lingkaran atau ”nodes” dan juga diberi nomor, dengan nomor-nomor lebih kecil bagi peristiwa yang mendahuluinya.
- **Kegiatan semu** ***(dummy),*** yaitu kegiatan yang tidak nyata. Suatu dummy activity tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu kegiatan dan biaya sama dengan nol. Adapun kegunaannya adalah untuk menunjukkan urutan pekerjaan yang lebih tepat bila suatu kegiatan tidak secara langsung tergantung pada suatu kegiatan lain, menghindari jaringan kerja PERT dimulai atau diakhiri oleh lebih dari satu peristiwa, dan menghindari terjadinya dua kejadian dihubungkan lebih dari satu kegiatan.
- **Persyaratan urutan pengerjaan**. Karena berbagai kegiatan tidak dapat dimulai sebelum kegiatan-kegiatan lain diselesaikan dan mungkin ada kegiatan-kegiatan lainnya yang dapat dilaksanakan secara bersamaan dan/atau tidak saling tergantung, kita harus membuat urutan pelaksanaan pekerjaan; kegiatan mana saja yang harus diselesaikan lebih dahulu sebelum kegiatan selanjutnya dapat mulai dikerjakan.
- **Waktu Kegiatan (*activity time)***

  PERT menggunakan tiga estimasi waktu penyelesaian suatu kegiatan. Estimasi inii diperoleh dari orang-orang yang mempunyai kemampuan tentang pekerjaan yang akan dilaksanakan dan beberapa lama waktu pengerjaannya, ketiga estimasi waktu tersebut adalah:

  1. **Waktu optimistik (*Optimistic time*: (a))**: waktu terpendek untuk menyelesaikan kegiatan atau waktu kegiatan bila semuanya berjalan baik tanpa hambatan-hambatan atau penundaan-penundaan. Probabilitas waktu penyelesaian lebih pendek dan waktu ini sangat kecil.
  2. **Waktu realistik (*Most likely time*: (m)):** waktu yang paling mungkin untuk menyelesaikan kegiatan atau waktu kegiatan yang akan terjadi bila suatu kegiatan dilaksanakan dalam kondisi normal, dengan penundaan-penundaan tertentu yang dapat diterima.
  3. **Waktu pesimistik (*Pessimistic time:* (b)):** waktu terlama untuk menyelesaikan kegiatan atau waktu kegiatan bila terjadi hambatan atau penundaan lebih dari semestinya. Probabilitas waktu penyelesaian lebih panjang dari waktu ini sangat kecil.

PERT "menimbang" ketiga estimasi itu untuk mendapatkan waktu kegiatan yang diharapkan ("expected time") dengan rumus:

$$t_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}$$

$$v_{ij} = \left(\frac{b_{ij} - a_{ij}}{6}\right)^2$$

Catatan : i,j(i= node awal dari suatu kegitan, dan j= node akhir dari suatu kegiatan.

- **Jalur kritis (*critical path*)** adalah *jalur terpanjang* pada network dan waktunya menjadi waktu penyelesaian minimum yang diharapkan untuk masing-masing alternatif.

1. **Earliest Time :** Waktu minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

$$\text{Earliest Time } (ET_j) = \text{Maks } \{ET_i + t_{ij}\}$$

2. **Latest Time :** Waktu terakhir (paling lama) suatu event dapat direalisasikan tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.

$$\text{Latest Time } (LT_i) = \text{Min } \{LT_j + t_{ij}\}$$

3. **Slack Kegiatan :**Waktu dimana suatu kegiatan dapat ditunda tanpa mempengaruhi penyelesaian proyek dengan waktu minimum

$$S_{ij} = LT_j - ET_i - t_{ij}$$

Perlu diketahui bahwa; Jalur kritis bukanlah alur dimana semua aktivitasnya kritis, yang menjadi pertimbangan hanyalah lama waktu, Jalur kritis bisa lebih dari satu jika panjang (lama) dari dua atau lebih jalur sama, Jalur kritis bisa berubah seiring dengan perkembangan proyek.

C. Estimasi Probabilitas Waktu Penyelesaian

untuk melakukan estimasi probabilitas waktu penyelesain suatu proyek, perlu ikuti beberapa langkah penyelesaian berikut ini :

1. Gambarkan jaringan proyeknya dan buat nomor untuk kejadian
2. Hitung t_{ij} setiap aktivitas dan ragamnya (v_{ij})
3. Plot nilai t_{ij} dan v_{ij} menjadi kolom distribusi beta.
4. Tentukan nilai ET dan LT
5. Tentukan jalur kritisnya
6. Hitung ragam umur proyek atau $V_{i,j}$ atau sama dengan $\sum V_{i,j}$ jalur kritis
7. Hitung $Z_T = (X_T - ET_{akhir}) / \surd V_{i,j}$ jalur kritis

   Note: X_T = probabilitas yang diminta
8. Lihat tabel distribusi normal baku untuk hasil $\mathbf{Z_T}$
9. Maka : $P(X \le X_T) = 0{,}5$ + hasil dari langkah ke(8) $\rightarrow$ bila $X_T \ge ET_{akhir}$

   Jika sebaliknya maka

   $P(X \le X_T) = 0{,}5$ - hasil dari langkah ke(8) $\rightarrow$ bila $X_T \le ET_{akhir}$

D. Teknik Untuk Memperpendek Jadwal Proyek

- Memperpendek durasi dari critical task dengan menambah resource atau mengubah ruang lingkup
- *Crashing* tasks yang didapatkan dari jumlah terbesar dari pemampatan untuk kenaikan biaya yg paling sedikit
- *Fast tracking* tasks dengan melakukan secara paralel atau dikerjakan dalam waktu bersamaan (overlap)

P3.2 Contoh Kasus

Berikut ini contoh kasus analisis jaringan dengan PERT tanpa dummy

Bank Swasta terbesar di Jakarta, berencana untuk menginstall system komputerisasi rekening yang baru. Manajemen telah mengidentifikasi rangkaian kegiatan, dan estimasi waktu (minggu) seperti table di bawah ini.

Tabel Rencana Instalasi Sistem Komputerisasi Rekening Bank Swasta

Aktivitas	Aktivitas Sebelumnya	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}
Cek database nasabah	-	5	8	17
Backup data	-	7	10	13
Install computer	Backup data	3	5	7
Regenerasi database	Cek database nasabah	1	3	5
Uji coba sistem	Install computer	4	6	8
Kalkulasi data	Regenerasi database	3	3	3
Penggunaan tetap	Uji coba system dan Kalkulasi data	3	4	5

Tentukan gambar jaringan proyek, distribusi beta, jalur kritis, dan tingkat probabilitas bahwa proyek akan dapat selesai paling lambat 28 minggu!

Latihan

Diketahui :

Tabel Rencana Instalasi Sistem Komputerisasi Rekening Bank Swasta

Aktivitas	Aktivitas Sebelumnya	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}
Backup data	-	5	8	17
Cek database nasabah	-	7	10	13
Install computer	Backup data	3	5	7
Regenerasi database	Cek database nasabah	1	3	5
Uji coba sistem	Install computer	4	6	8
Kalkulasi data	Regenerasi database	3	3	3
Penggunaan tetap	Uji coba system dan Kalkulasi data	3	4	5

Untuk lebih mudah memberikan notasi, buatlah symbol kegiatan seperti di bawah ini:

A = Backup data
B = Cek database nasabah
C = Install computer
D = Regenerasi database
E = Uji coba system
F = Kalkulasi data
G = Penggunaan tetap

Aktivitas	Aktivitas Sebelumnya
A	-
B	-
C	A
D	B
E	C
F	D
G	E dan F

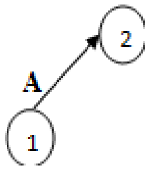
Jawaban:

1. Gambarkan jaringan beserta nomor untuk kejadian

   Perhatikan tabel rencana instalasi sistem komputerisasi rekening Bank Swasta untuk Aktifitas A. aktivitas harus diawali dengan satu kejadian, diakhiri dengan satu kejadian, dan mempertimbangkan pendahulunya.

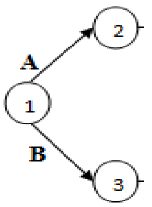
   Aktifitas A

   Aktifitas A tidak ada aktivitas pendahulunya maka gambar jaringan seperti berikut:



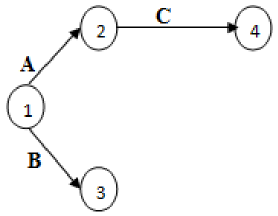
   Aktifitas B

   Aktifitas B tidak ada aktivitas pendahulunya maka gambar jaringan seperti berikut:



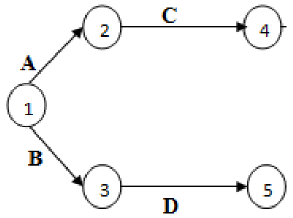
   Aktifitas C

   Aktifitas C, aktivitas pendahulunya adalah aktifitas A maka gambar jaringan seperti berikut:



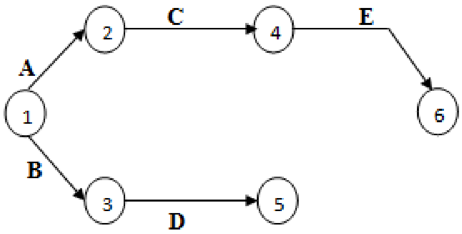
   Aktifitas D

   Aktifitas D, aktivitas pendahulunya adalah aktifitas B maka gambar jaringan seperti berikut:



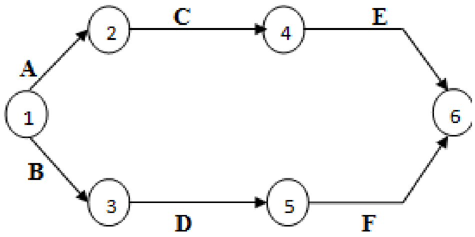
Aktifitas E

Aktifitas E, aktivitas pendahulunya adalah aktifitas C maka gambar jaringan seperti berikut:



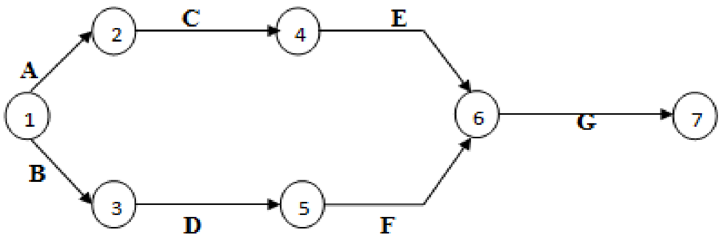
Aktifitas F

Aktifitas F, aktivitas pendahulunya adalah aktifitas D maka gambar jaringan seperti berikut:



Aktifitas G

Aktifitas G, aktivitas pendahulunya adalah aktifitas E dan F maka gambar jaringan seperti berikut:



2. Hitung t_{ij} setiap aktivitas dan ragamnya (v_{ij})

- Kegiatan Backup data (A)

$$t_{1,2} = \frac{5 + 4(8) + 17}{6} = 9$$

$$v_{1,2} = \left(\frac{17 - 5}{6}\right)^2 = 4$$

- Kegiatan Cek database nasabah (B)

$$t_{1,3} = \frac{7 + 4(10) + 13}{6} = 10$$

$$V_{1,3} = \left(\frac{6 - 2}{6}\right)^2 = 1$$

- Kegiatan Install computer (C)

$$t_{2,4} = \frac{3 + 4(5) + 7}{6} = 5$$

$$V_{2,4} = \left(\frac{7 - 3}{6}\right)^2 = 4/9$$

- Kegiatan Regenerasi database (D)

$$t_{3,5} = \frac{1 + 4(3) + 5}{6} = 3$$

$$V_{3,5} = \left(\frac{5 - 1}{6}\right)^2 = 4/9$$

- Kegiatan Uji coba system (E)

$$t_{4,\,6} = \frac{4 + 4(6) + 8}{6} = 6$$

$$V_{4,\,6} = \left(\frac{8 - 4}{6}\right)^2 = 4/9$$

- Kegiatan Kalkulasi data (F)

$$t_{5,6} = \frac{3 + 4(3) + 3}{6} = 3$$

$$V_{4,\,7} = \left(\frac{3 - 3}{6}\right)^2 = 0$$

- Kegiatan Pengkacian tembok (G)

$$t_{6,7} = \frac{3 + 4(4) + 5}{6} = 4$$

$$V_{4,\,5} = \left(\frac{9 - 7}{6}\right)^2 = 1/\,9$$

3. Plot nilai t_{ij} dan v_{ij} menjadi tabel distribusi beta.

Aktivitas	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}	t_{ij}	v_{ij}
Backup data	5	8	17	9	4
Cek database nasabah	7	10	13	10	1
Install computer	3	5	7	5	4/9
Regenerasi database	1	3	5	3	4/9
Uji coba system	4	6	8	6	4/9
Kalkulasi data	3	3	3	3	0
Penggunaan tetap	3	4	5	4	1/9

Ada cara mudah untuk menemukan $t_{i,j}$ dan $v_{i,j}$ dengan memperhatikan pola a_{ij}, m_{ij}, dan b_{ij}. Perhatikan table di bawah ini!

Aktivitas	**a_{ij}**	**m_{ij}**	**b_{ij}**	**t_{ij}**	**v_{ij}**
Backup data	5	8	17	9	4
Cek database nasabah	7	10	13	10	1
Install computer	3	5	7	5	4/9
Regenerasi database	1	3	5	3	4/9
Uji coba system	4	6	8	6	4/9
Kalkulasi data	3	3	3	3	0
Penggunaan tetap	3	4	5	4	1/9

<u>Untuk menemukan $t_{i,j}$ dengan memperhatikan pola a_{ij}, m_{ij}, dan b_{ij}.</u>

Aktifitas Backup data (A) memiliki $a_{ij} = 5$, $m_{ij} = 8$, dan $b_{ij} = 17$.
Selisih dari angka tersebut adalah 3 dan 9. Pola selisih angka berbeda.

Aktifitas Cek database nasabah (B) memiliki $a_{ij} = 7$, $m_{ij} = 10$, dan $b_{ij} = 13$.
Selisih dari angka tersebut adalah 3 dan 3. Pola selisih angka sama.

Jika selisih antara a_{ij}, m_{ij}, dan b_{ij} memiliki pola yang sama, untuk mencari t_{ij} cukup dengan melihat m_{ij}-nya

Jika selisih antara a_{ij}, m_{ij}, dan b_{ij} memiliki pola yang berbeda maka untuk mencari t_{ij} gunakanlah rumus t_{ij}

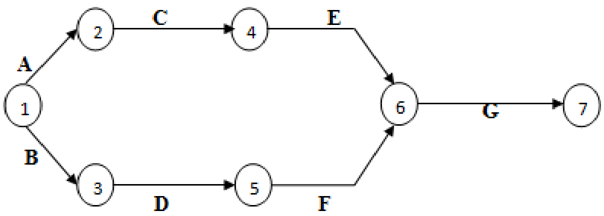
<u>Untuk menemukan $v_{i,j}$ dengan memperhatikan selisih dari a_{ij}, m_{ij}, dan b_{ij} yang sama. Jika tidak sama maka hitunglah dengan menggunakan rumus v_{ij}</u>

selisih	**v_{ij}**
0	0
1	1/9
2	4/9
3	1
4	4/9
Dst.	

4. Tentukan nilai ET dan LT

Bagaimana cara menghitung ET dan LT?
Pada saat kamu ingin menghitung ET dan LT, lihatlah gambar jaringannya.

Mencari nilai ET dimulai dari aktifitas atau kegiatan awal (*earliest time*)

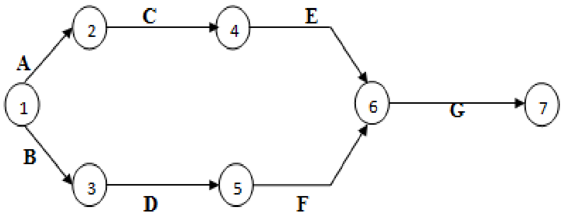


- ET_1 (peristiwa 1) tidak memiliki aktifitas pendahulunya(ET) juga tidak aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) maka nilai ET_1 adalah 0 minggu
- ET_2 (peristiwa 2) memiliki aktifitas pendahulunya(ET) yaitu ET_1 sebesar 0minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $\mathbf{t_{1,2}}$ sebesar 9 minggu. Maka nilai ET_2 adalah 9 minggu
- ET_3 (peristiwa 3) memiliki aktifitas pendahulunya(ET) yaitu ET_1 sebesar 0 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $\mathbf{t_{1,3}}$ sebesar 10 minggu. Maka nilai ET_3 adalah 10 minggu
- ET_4 (peristiwa 4) memiliki aktifitas pendahulunya(ET) yaitu ET_2 sebesar 9 minggu (lihat hasil perhitungan ET-nya) dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $\mathbf{t_{2,4}}$ sebesar 5 minggu. Maka nilai ET_4 adalah 14 minggu
- ET_5 (peristiwa 5) memiliki aktifitas pendahulunya(ET) yaitu ET_3 sebesar 10 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $\mathbf{t_{3,5}}$ sebesar 3 minggu. Maka nilai ET_5 adalah 13 minggu.
- ET_6 (peristiwa 6) memiliki 2 aktifitas pendahulunya(ET) yaitu ET_4 (14 minggu) dan ET_5 (13 minggu). Jika terdapat kasus seperti ini dalam mencari ET yang perlu dilakukan adalah **pilih** diantara 2 aktifitas pendahulu mana yang **lebih besar.**

  $$ET_4 = 14 \text{ minggu}$$
  $$ET_5 = 13 \text{ minggu}$$

  Diketahui bahwa nilai ET yang terbesar adalah $ET_4 = 14$ minggu, maka aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $\mathbf{t_{4,6}}$ sebesar 6 minggu. Maka nilai ET_6 adalah 20 minggu
- ET_7 (peristiwa 7) memiliki aktifitas pendahulunya(ET) yaitu ET_6 sebesar 20 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $\mathbf{t_{6,7}}$ sebesar 4 minggu. Maka nilai ET_7 adalah 24 minggu.

Mencari nilai LT dimulai dari aktifitas atau kegiatan paling akhir (*latest time*)



- LT_7 (peristiwa 7) tidak memiliki aktifitas akhir(LT) juga tidak memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$). Tetapi pada dasarnya nilai LT peristiwa akhir sama dengan nilat ET akhir.

  $$LT_7 = ET_7$$

  Yaitu sebesar 24 minggu.
- LT_6 (peristiwa 6) memiliki aktifitas akhir (LT) yaitu LT_7 sebesar 24 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $t_{7,6}$ **($t_{6,7}$)** sebesar 4 minggu. Maka nilai LT_6 adalah 24 – 4 = 20 minggu.
- LT_5 (peristiwa 5) memiliki aktifitas akhir (LT) yaitu LT_6 sebesar 20 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $t_{6,5}$ **($t_{5,6}$)** sebesar 3 minggu. Maka nilai LT_5 adalah 20-3 = 17 minggu
- LT_4 (peristiwa 4) memiliki aktifitas akhir (LT) yaitu LT_6 sebesar 20 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $t_{6,4}$ **($t_{4,6}$)** sebesar 6 minggu. Maka nilai LT_5 adalah 20-6 = 14 minggu
- LT_3 (peristiwa 3) memiliki aktifitas akhir (LT) yaitu LT_5 sebesar 17 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $t_{5,3}$ **($t_{3,5}$)** sebesar 3 minggu. Maka nilai LT_3 adalah 17 - 3 = 14 minggu
- LT_2 (peristiwa 2) memiliki aktifitas akhir (LT) yaitu LT_4 sebesar 14 minggu dan memiliki aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $t_{4,2}$ **($t_{2,4}$)** sebesar 5 minggu. Maka nilai LT_2 adalah 14 - 5 = 9 minggu
- LT_1 (peristiwa 1) memiliki 2 aktifitas pendahulunya (LT) yaitu LT_2 (9 minggu) dan LT_3 (14 minggu). Jika terdapat kasus seperti ini dalam mencari LT yang perlu dilakukan adalah **pilih** diantara 2 aktifitas pendahulu mana yang **lebih kecil.**

  $$LT_2 = 9 \text{ minggu}$$

  $$LT_3 = 14 \text{ minggu}$$

Diketahui bahwa nilai LT yang terkecil adalah LT_2 = 9 minggu, maka aktifitas awal dan akhir ($t_{i,j}$) yaitu $\mathbf{t_{2,1}}$ **(**$\mathbf{t_{1,2}}$**)** sebesar 9 minggu. Maka nilai LT_1 adalah 0 minggu

Setelah mengetahui nilai ET dan LT dari setiap peristiwa, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai ET dan LT yang memiliki jumlah yang sama.

Pada table dibawah ini, cell yang berwarna *dasty dengan font tebal* adalah nilai ET dan LT yang memiliki jumlah sama. Dan dapat kita temukan jalur kritisnya.

PENENTUAN EARLIEST TIME (ET)	PENENTUAN LATEST TIME (ET)
ET_1 = 0 minggu	**LT_7 = 24 minggu**
$ET_2 = ET_1 + t_{1,2}$ = 0 + 9 = 9 minggu	**$LT_6 = LT_7 – t_{7,6}$ = 24 – 4 = 20 minggu**
$ET_3 = ET_1 + t_{1,3}$ = 0 + 10 = 10 minggu	$LT_5 = LT_6 – t_{6,5}$ = 20 –30 = 17 minggu
$ET_4 = ET_2 + t_{2,4}$ = 9 + 5 = 14 minggu	**$LT_4 = LT_6 – t_{6,4}$ = 20 – 6 = 14 minggu**
$ET_5 = ET_3 + t_{3,5}$ = 10 + 3 = 13 minggu	$LT_3 = LT_5 - t_{3,5}$ = 17 – 3 = 14 minggu
$ET_6 = ET_4 + t_{4,6}$ = 14 + 6 = 20 minggu	**$LT_2 = LT_4 – t_{4,2}$ = 14 – 5 = 9 minggu**
$ET_7 = ET_6 + t_{6,7}$ = 20 + 4 = 24 minggu	**$LT_1 = LT_2 – t_{2,1}$ = 9 – 9 = 0 minggu**

5. Tentukan jalur kritisnya

   Lintasan :1-2-4-6-7 (waktunya = 24 minggu)

   Aktivitas/ kegiatan kritisnya : (1-2), (2-4), (4-6), (6-7) atau A-C-E-G

6. Menghitung ragam umur proyek $\sum V_{i,j}$ jalur kritis

   $V_{i,j} = 4 + 4/9 + 4/9 + 1/9 = 5$ minggu

7. Mengihitung probabilitas : $Z_T = (X_T - ET_{akhir}) / \sqrt{V_{i,j}}$ jalur kritis

   $X_T = 28$ minggu

   ET akhir = 24 minggu

   $Z_T = (28 – 24) / \sqrt{5} = 1{,}79$ (hasil pembulatan)

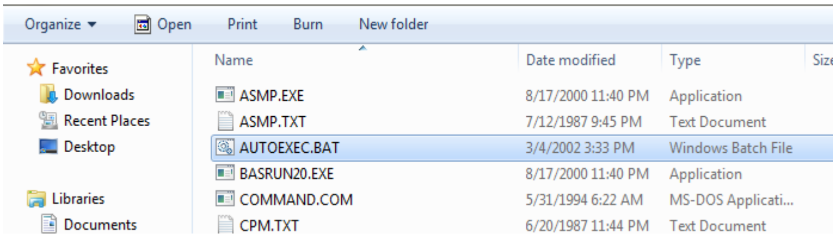
8. Tabel distribusi normal baku untuk hasil **Z_T = 1,79 adalah 0,4633**

9. Karena Bank Swasta menginginkan proyek dapat selesai paling lambat 28 minggu, maka:

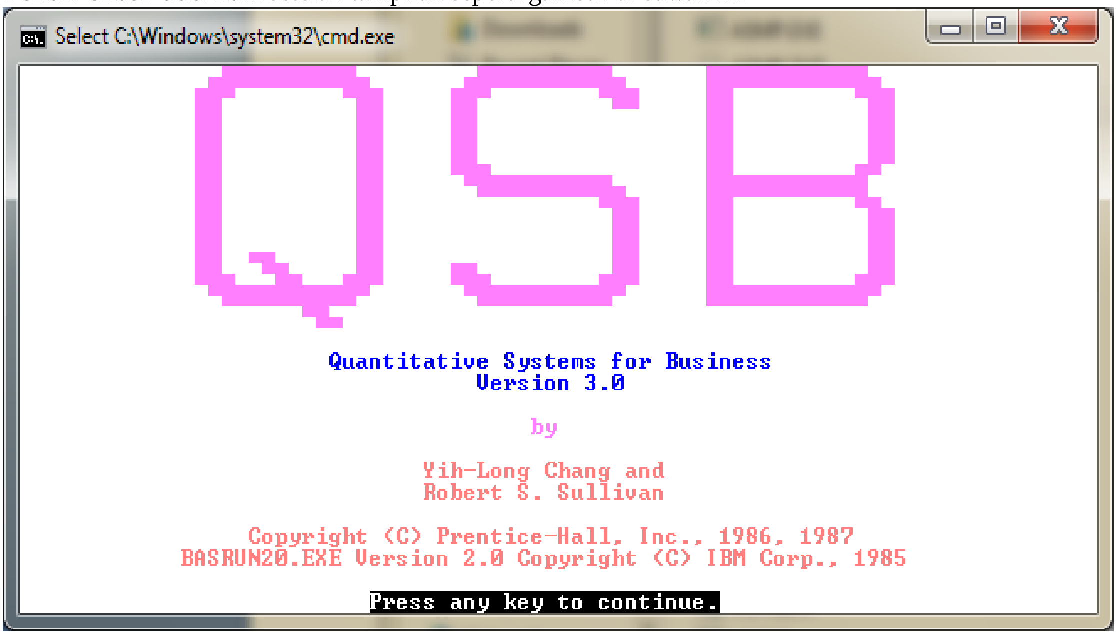
   $P(X \leq 28) = P(Z \leq 1{,}79) = 0{,}5 + 0{,}4633 = 0{,}9633$

P3.3 APLIKASI SOFTWARE

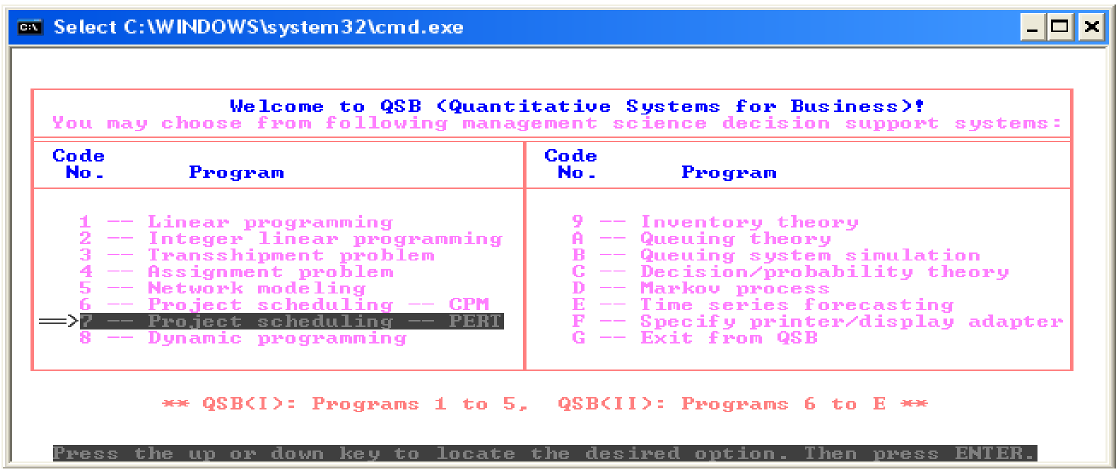
1) Dari menu utama (desktop), buka folder QSB dan klik “AUTOEXE.BAT”.



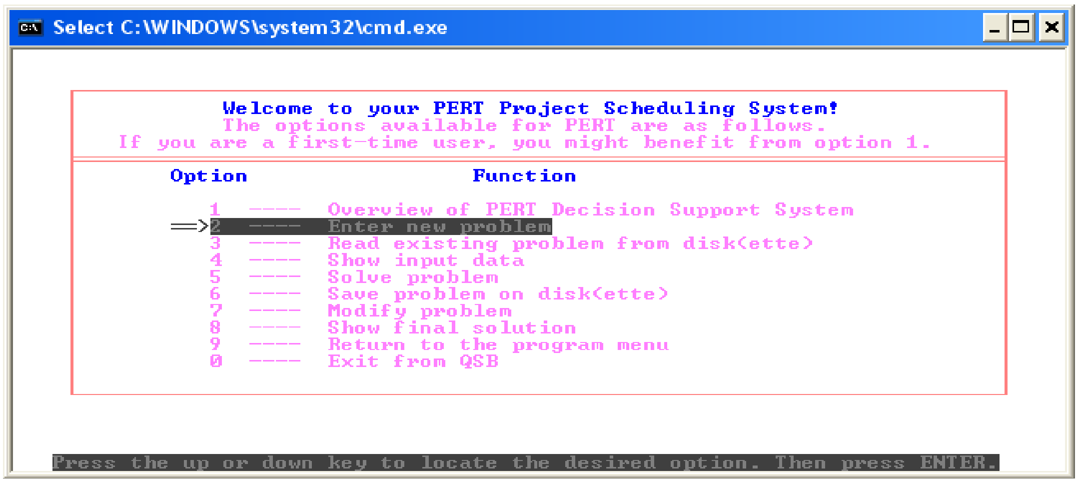
2) Tekan enter dua kali setelah tampilan seperti gambar di bawah ini



3) Pilih 7-Project Scheduling—PERT, kemudian tekan enter atau tekan angka “7” saja pada keyboard.



4) Pilih 2-Enter New Problem, kemudian tekan enter atau tekan angka “2” saja pada keyboard.

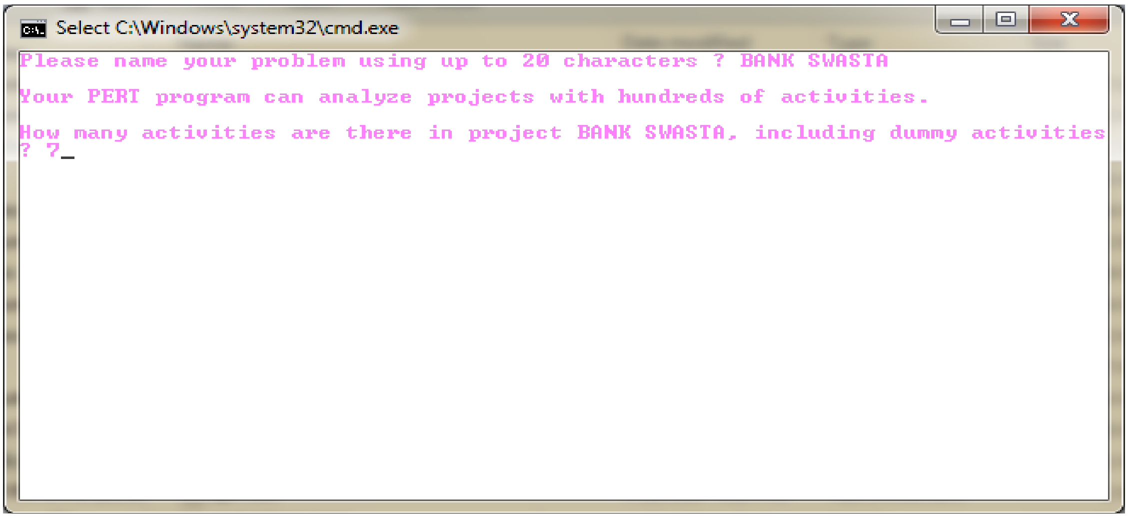

Select C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

Welcome to your PERT Project Scheduling System!
The options available for PERT are as follows.
If you are a first-time user, you might benefit from option 1.

Option	Function
1 -----	Overview of PERT Decision Support System
==>2 -----	Enter new problem
3 -----	Read existing problem from disk(ette)
4 -----	Show input data
5 -----	Solve problem
6 -----	Save problem on disk(ette)
7 -----	Modify problem
8 -----	Show final solution
9 -----	Return to the program menu
0 -----	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.

5) Please Name Your Ploblem using 20 character? Masukan nama Anda. Untuk contoh kasus ini, beri nama BANK SWASTA
6) How many activity are there in project include dummy activity? 7
   Isi dengan banyaknya jumlah kegiatan. Dalam kasus kegiattan terdiri dari A sampai G kegiatan/aktifitas.
   Kemudian enter 2x.

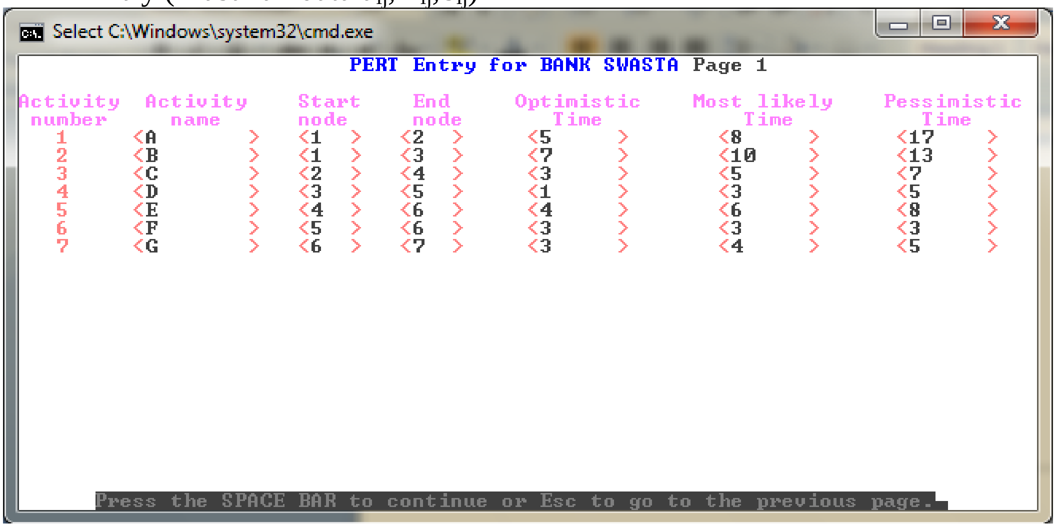

Select C:\Windows\system32\cmd.exe

Please name your problem using up to 20 characters ? BANK SWASTA

Your PERT program can analyze projects with hundreds of activities.

How many activities are there in project BANK SWASTA, including dummy activities
? 7_

7) PERT Entry (Masukan data a_{ij},m_{ij},b_{ij})

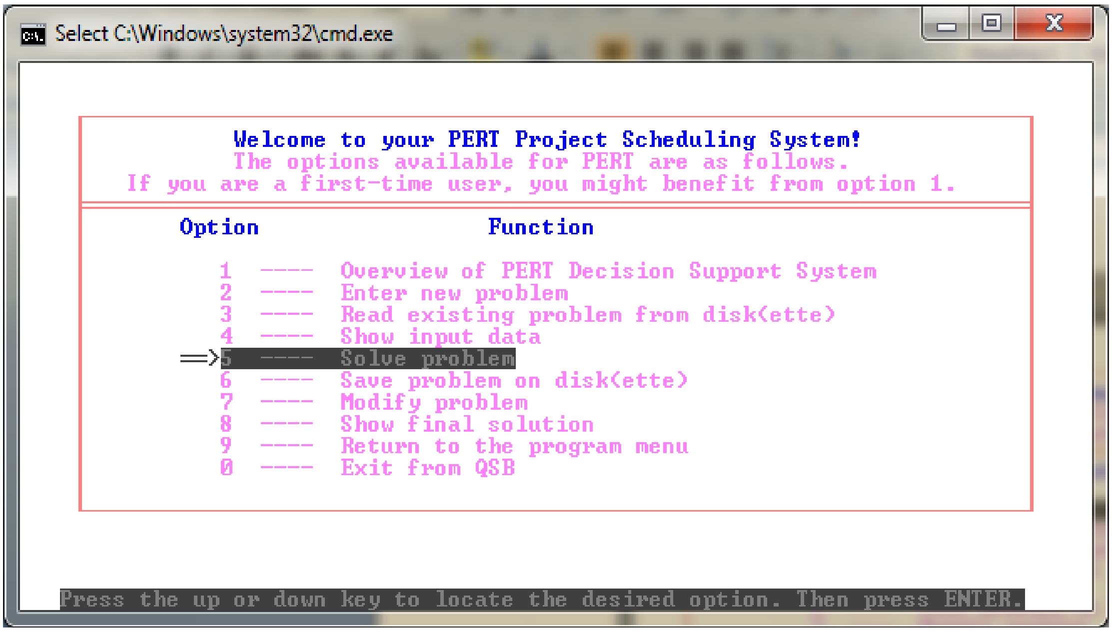

Select C:\Windows\system32\cmd.exe

PERT Entry for BANK SWASTA Page 1

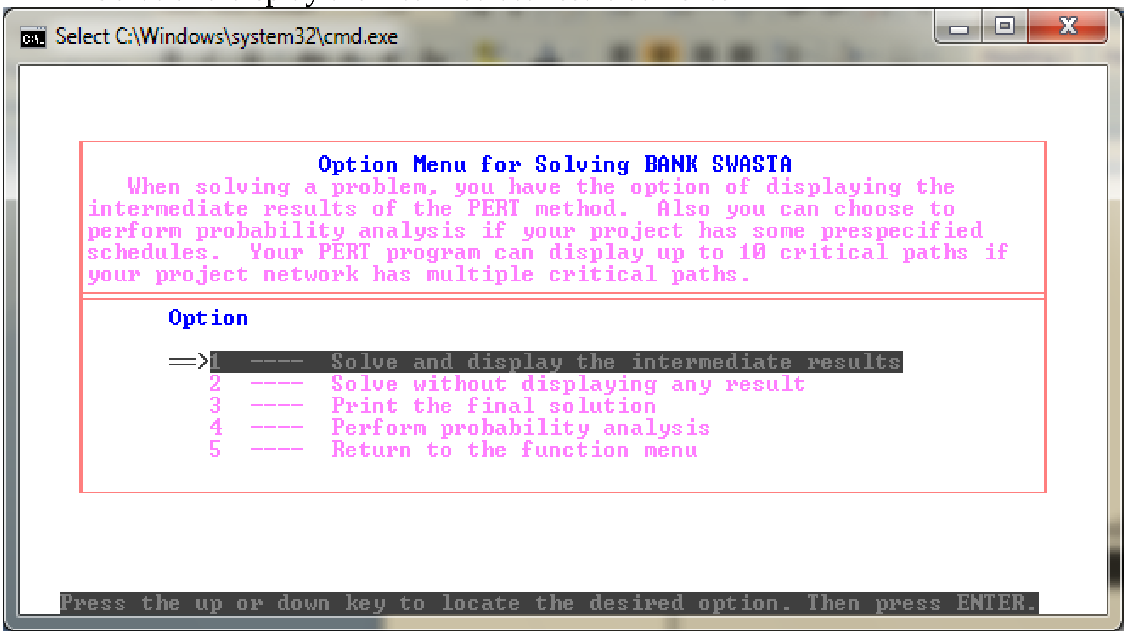
Activity number	Activity name	Start node	End node	Optimistic Time	Most likely Time	Pessimistic Time
1	A	1	2	5	8	17
2	B	1	3	7	10	13
3	C	2	4	3	5	7
4	D	3	5	1	3	5
5	E	4	6	4	6	8
6	F	5	6	3	3	3
7	G	6	7	3	4	5

Press the SPACE BAR to continue or Esc to go to the previous page.

8) Pilih 5-Solve Problem



9) Pilih 1-Solve and display the intermediate result dan enter



Select C:\Windows\system32\cmd.exe

PERT Analysis for BANK SWASTA Page 1

Activity No.	Name	Activity Exp.Tm.	Var.	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	A	9.0000	4.0000	0	0	9.0000	9.0000	Critical
2	B	10.000	1.0000	0	4.0000	10.000	14.000	4.0000
3	C	5.0000	0.4444	9.0000	9.0000	14.000	14.000	Critical
4	D	3.0000	0.4444	10.000	14.000	13.000	17.000	4.0000
5	E	6.0000	0.4444	14.000	14.000	20.000	20.000	Critical
6	F	3.0000	0	13.000	17.000	16.000	20.000	4.0000
7	G	4.0000	0.1111	20.000	20.000	24.000	24.000	Critical

Expected completion time = 24

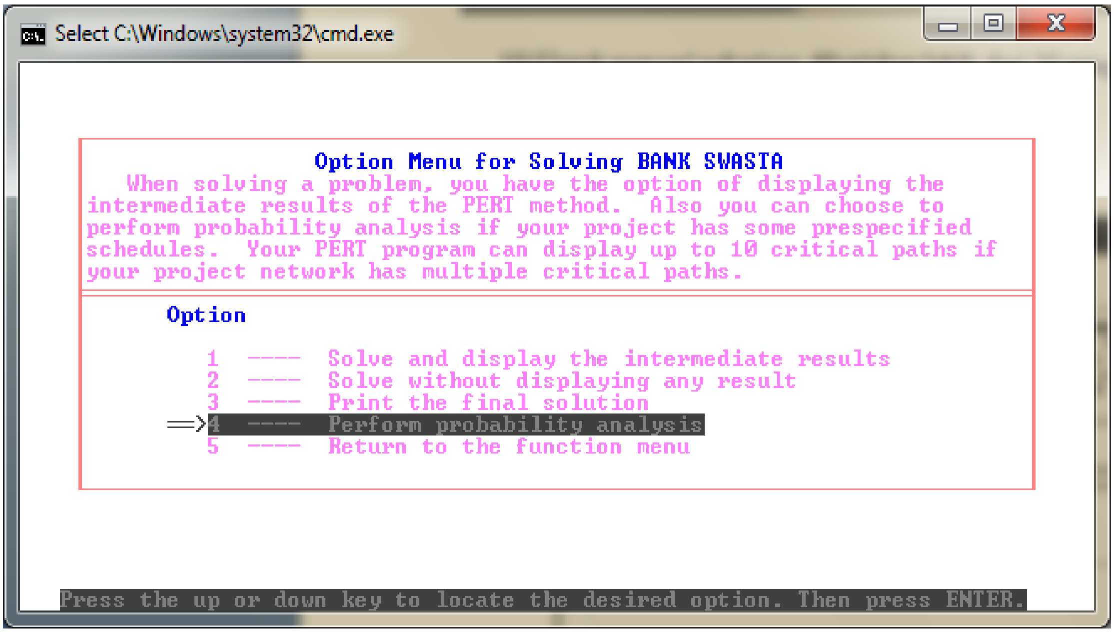
Press any key to continue.

Select C:\Windows\system32\cmd.exe

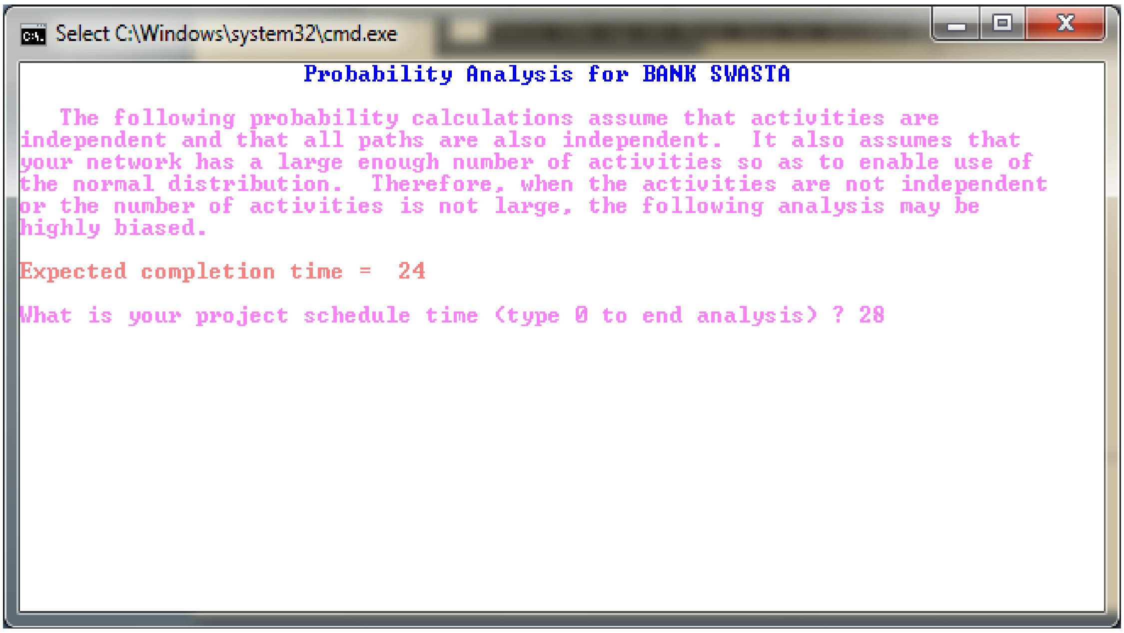
```
Critical paths for BANK SWASTA  with completion time =  24

CP # 1    : (with variance = 5.000001 )
     A           C           E            G
  1========>  2========>  4========>  6========>  7
```

Press any key to continue.

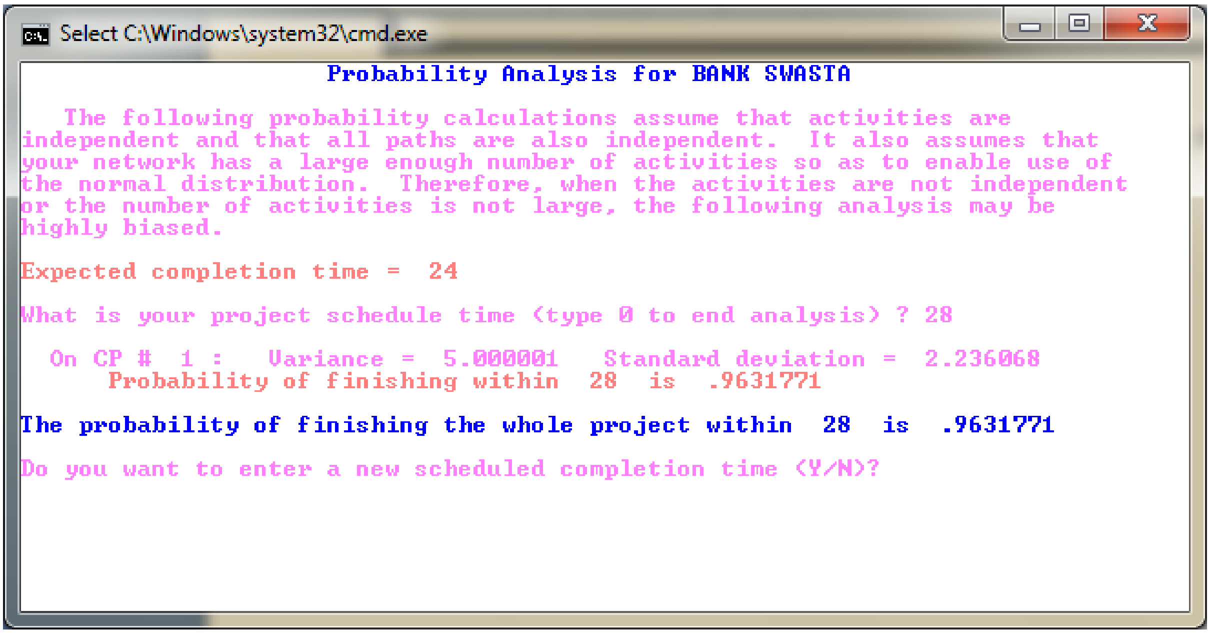
10) Untuk mencari PROBABILITAS PROYEK akan dapat selesai paling lambat 28 minggu yaitu, pada *option menu* pilih *perform probability analysis* kenudian tekan enter



11) Masukkan angka 28 (karena probabilitas proyek dapat selesai paling lambat 28 minggu)



12) Dari hasil yang didapat pada software perhitungannya 0,9631771



P3.4 Daftar Pustaka

Bustani, Henry. 2005. *Fundamental Operation Research*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

Toha, Hamdy A. (1997). *Operations Research: an introduction*, Prentice Hall, NJ.

JR Sitinjak, Tumpal. 2006. *RISET OPERASI untuk Pengambilan Keputusan Manajerial dengan Aplikasi Excel*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Hani T, Handoko. 2000. *DASAR-DASAR MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI*. Edisi pertama. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.

Pertemuan 4

ANALISIS JARINGAN DENGAN PERT (Program Evaluation and Review Technique) DENGAN DUMMY

Objektif:

1. Mengidentifikasi tujuan pokok dari masalah
2. Membuat Jaringan Kerja Dengan Kegiatan Semu
3. Menghitung Probabilitas Beta, Varian
4. Membuat Penjadwalan Kerja

P4.1 Identifikasi Analisis Jaringan PERT dengan Dummy

Seperti yang telah diberitahukan sebelumnya bahwa dalam analisis jaringan ini yang kita bahas adalah PERT. Pert dikembangkan oleh Angkatan Laut Amerika dalam pengelolaan Program peluru kendali Polaris, yang dirancang untuk membantu scheduling (pendjawalan) agar perencanaan dan pengawasan semua kegiatan dapat dilakukan secara sistematis sehingga efisiensi kerja tercapai

Dengan mengambarkan jaringan (diagram network) kegiatan proses produksi, pihak manajemen akan memperoleh manfaat, antara lain :

1. Memperoleh logika ketergantungan atau logika kegiatan proses produksi.
2. Dapat menmgetahui bahaya akan keterlambatan dari proses produksi.
3. Dapat dilihat kemungkinan perubahan jalur kegiatan produksi yang lebih baik atau lebih ekonomis.
4. Dapat dipelajari kemungkinan percepatan dari salah satu atau beberapa jalur kegiatan.
5. Dapat diketahui batas waktu penyelesaian keseluruhan proses produksi.

Beberapa simbol yang digunakan adalah :

→ **Anak Panah**, menunjukan sebuah **kegiatan (activity)** yang harus dilaksanakan dimana penyelesaian memerlukan waktu, biaya dan fasilitas tertentu.

○ **Lingkaran**, menunjukkan peristiwa atau kejadian (event) baik atas dimulainya suatu kegiatan, maupun kejadiaan atas berakhirnya/selesaianya suatu kegiatan

- - - -► **Anak Panah Terputus**, menunjukkan kegiatan semu (Dummy Activity)atau garis semu.

Beberapa Hal yang Perlu Diperhatikan Dalam Analisis Jaringan

1. Sebelum suatu kegiatan dimulai, semua kegiatan yang mendahuluinya harus sudah diselesaikan. Gambar anak panah hanya sekedar menunjukan ururtan-urutan didalam mengerjakan pekerjaan. Panjang atau pendeknya anak panah dan arahnya tidak menunjukkan lama atau singkatnya, serta letak dari pekerjaan.
2. Lingkaran (nodes) yang menunjukan kegiatan diberi nomor sedemikian rupa sehingga tidak terdapat lingkaran yang mempunyai nomor yang sama.
3. Dua buah kejadiaan (event) hanya dapat dihubungkan oleh satu kegiatan (anak panah).
4. Network (jaringan) hanya dimulai dari satu kejadian (initial event) dan diakhiri oleh satu kejadian akhir saja (Terminal Event).

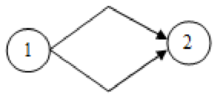
Namun demikian, seringkali suatu kasus jaringan dihadapkan pada kondisi dimana point 3 dan4 tidak dapat dihindari, sehingga untuk mengatasinya harus dibuatkan atau dibantu dengan sebuah aktivitas DUMMY.

Dummy Activities

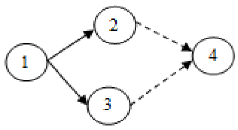
Dummy Activities atau kegiatan semu adalah kegiatan yang memakan waktu reletif sangat singkat dengan biaya serta fasilitas yang sedikit bila dibandingkan dengan kegiatan-kegiatan lainnya, sehingga kegiatan semu dianggap bukan sebagai kegiatan biasa. Sifat-sifat kegiatan semu yaitu, waktu relatif sangat pendek dibandingkan dengan kegiatan lainnya, sehingga tidak memerlukan waktu, menentukan boleh tidaknya kegiatan selanjutnya dilakukan, dan dapat merubah jalur kritis dan waktu kritis.

Manfaat atau kegunaan kegiatan semu, antara lain :

1. Untuk menghindari dua kejadian (event) dihubungkan lebih dari satu kegiatan (activity).



Dengan adanya aktivitas dummy akan menjadi seperti:



2. Apabila ada dua kegiatan pada awal atau akhir kejadian, maka diperlukan adanya penambahan suatu kegiatan semu pada suatu kegiatan lainnya.
3. Untuk menunjukkan urutan kejadian atau kejadian yang sebenarnya.

Ingatlah langkah penyelesaian kasus analisis jaringan.

1. Gambarkan jaringan proyeknya dan buat nomor untuk kejadian

2. Hitung t_{ij} setiap aktivitas dan ragamnya (v_{ij})

3. Plot nilai t_{ij} dan v_{ij} menjadi kolom distribusi beta.

4. Tentukan nilai ET dan LT

5. Tentukan jalur kritisnya

6. Hitung ragam umur proyek atau $V_{i,j}$ atau sama dengan $\sum V_{i,j}$ jalur kritis

7. Hitung $Z_T = (X_T - ET_{akhir}) / \sqrt{V_{i,j}}$ jalur kritisNote: X_T = probabilitas yang diminta

8. Lihat tabel distribusi normal baku untuk hasil $\mathbf{Z_T}$

9. Maka : $P(X \leq X_T) = 0{,}5$ + hasil dari langkah ke(8) → bila $X_T \geq ET_{akhir}$

   Jika sebaliknya maka

   $P(X \leq X_T) = 0{,}5$ - hasil dari langkah ke(8) → bila $X_T \leq ET_{akhir}$

P4.2 Contoh Kasus

Di bawah ini tabel perkiraan waktu membangun sebuah rumah

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}
Desain gambar bangunan	-	1	3	5
Pembelian bahan baku	-	2	4	6
Merancang kerangka	Pembelian bahan baku	3	6	9
Pembuatan adukan semen	Desain gambar bangunan	4	5	6
Pengecoran	Merancang kerangka, Pembuatan adukan semen	5	7	9
Memasang keramik lantai	Merancang kerangka, Pembuatan adukan semen	6	6	6
Pengkacian tembok	Merancang kerangka, Pembuatan adukan semen	7	8	9
Mengecat tembok	Pengecoran, Memasang keramik lantai, Pengkacian tembok	8	8	8

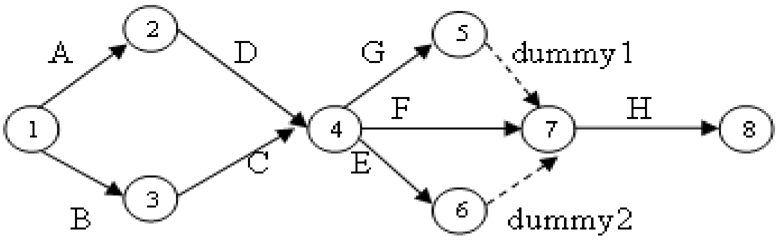
Kegiatan di atas dapat disimbolkan untuk mempermudah menggambar jaringan

A = Desain gambar bangunan
B = Pembelian bahan baku
C = Merancang kerangka
D = Pembuatan adukan semen
E = Pengecoran
F = Memasang keramik lantai
G = Pengkacian tembok
H = Mengecat tembok

Berdasarkan data diatas gambarkan jaringan dari perakitan di atas, distribusi beta, jalur kritis, dan peluang proyek dikerjakan diatas 30 minggu.

Latihan

1. Buat Gambar Jaringan



2. Menghitung t_{ij} setiap aktivitas dan ragamnya (v_{ij})

- Kegiatan Desain gambar bangunan (A)

$$t_{1,2} = \frac{1 + 4(3) + 5}{6} = 3$$

$$v_{1,2} = \left(\frac{5 - 1}{6}\right)^2 = 4 / 9$$

- Kegiatan Pembelian bahan baku (B)

$$t_{1,3} = \frac{2 + 4(4) + 6}{6} = 4$$

$$V_{1,3} = \left(\frac{6 - 2}{6}\right)^2 = 4 / 9$$

- Kegiatan Merancang kerangka (C)

$$t_{3,4} = \frac{3 + 4(6) + 9}{6} = 6$$

$$V_{3,4} = \left(\frac{9 - 3}{6}\right)^2 = 1$$

- Kegiatan Pembuatan adukan semen (D)

$$t_{2,4} = \frac{4 + 4(5) + 6}{6} = 5$$

$$V_{2,4} = \left(\frac{6-4}{6}\right)^2 = 1/9$$

- Kegiatan Pengecoran (E)

$$t_{4,6} = \frac{5 + 4(7) + 9}{6} = 7$$

$$V_{4,6} = \left(\frac{9-5}{6}\right)^2 = 4/9$$

- Kegiatan Memasang keramik lantai (F)

$$t_{4,7} = \frac{36 + 4(6) + 6}{6} = 6$$

$$V_{4,7} = \left(\frac{6-6}{6}\right)^2 = 0$$

- Kegiatan Pengkacian tembok (G)

$$t_{4,5} = \frac{7 + 4(8) + 9}{6} = 8$$

$$V_{4,5} = \left(\frac{9-7}{6}\right)^2 = 1/9$$

- Kegiatan Mengecat tembok (H)

$$t_{7,8} = \frac{8 + 4(8) + 8}{6} = 8$$

$$V_{7,8} = \left(\frac{8-8}{6}\right)^2 = 1$$

- Kegiatan Dummy1

$$t_{5,7} = \frac{0+0(0)0}{6} = 0$$

$$V_{5,7} = \left(\frac{0-0}{0}\right)^2 = 0$$

- Kegiatan Dummy2

$$t_{6,7} = \frac{0+0(0)0}{6} = 0$$

$$V_{6,7} = \left(\frac{0-0}{0}\right)^2 = 0$$

3. Memplot nilai t_{ij} dan v_{ij} menjadi kolom distribusi beta

Tabel Perkiraan Waktu Kegiatan

Kegiatan	t_{ij}	v_{ij}
Desain gambar bangunan	3	4/9
Pembelian bahan baku	4	4/9
Merancang kerangka	6	1
Pembuatan adukan semen	5	1/9
Pengecoran	7	4/9
Memasang keramik lantai	6	0
Pengkacian tembok	8	1/9
Mengecat tembok	8	0
Dummy 1	0	0
Dummy 2	0	0

4. Menghitung nilai ET dan LT

Penentuan Earliest Time (ET)	Penentuan Latest Time (LT)
$ET_1 = 0$ minggu	$LT_8 = 26$ minggu
$ET_2 = ET_1 + t_{12}$	$LT_7 = LT_8 - t_{78}$
$= 0 + 3 = 3$ minggu	$= 26 - 8 = 18$ minggu
$ET_3 = ET_1 + t_{13}$	$LT_6 = LT_7 - t_{76}$
$= 0 + 4 = 4$ minggu	$= 18 - 0 = 18$ minggu
$ET_4 = ET_3 + t_{34}$	$LT_5 = LT_7 - t_{75}$
$= 4 + 6 = 10$ minggu	$= 18 - 0 = 18$ minggu
$ET_5 = ET_4 + t_{45}$	$LT_4 = LT_{75} - t_{76}$
$= 10 + 8 = 18$ minggu	$= 18 - 8 = 10$ minggu
$ET_6 = ET_4 + t_{46}$	$LT_3 = LT_4 - t_{34}$
$= 10 + 7 = 17$ minggu	$= 10 - 6 = 4$ minggu
$ET_7 = ET_5 + t_{57}$	$LT_2 = LT_4 - t_{42}$
$= 18 + 0 = 18$ minggu	$= 10 - 5 = 5$ minggu
$ET_8 = ET_4 + t_{78}$	$LT_1 = LT_3 - t_{13}$
$= 18 + 8 = 26$ minggu	$= 4 - 4 = 0$ minggu

5. Tentukan Jalur Kritis

Jalur kritis pada perakitan sepeda motor adalah

1 – 3 – 4 – 5 – 7 – 8 (kegiatan B – C – G – Dummy$_1$ – H)

6. Hitung ragam umur proyek atau $V_{i,j}$ atau sama dengan $\sum V_{i,j}$ jalur kritis

$\mu = t_{13} + t_{34} + t_{45} + t_{57} + t_{78}$

$= 4 + 6 + 8 + 0 + 8 = 26$ minggu

$\sigma^2 = v_{13} + v_{34} + v_{45} + v_{57} + v_{78}$

$= 4/9 + 9/9 + 1/9 + 0 + 1 = 25/9$ minggu

7. Hitung $Z_T = (X_T - ET_{akhir}) / \sqrt{V_{i,j}}$ jalur kritisNote: X_T = probabilitas yang diminta

X_T = 30 minggu

ET akhir = 26 minggu

8. $Z_T = (30 - 26) / \sqrt{25/9} = 2,503$ (2,5 hasil pembulatan)

9. Lihat tabel distribusi normal baku untuk hasil $\mathbf{Z_T = 0,4937}$

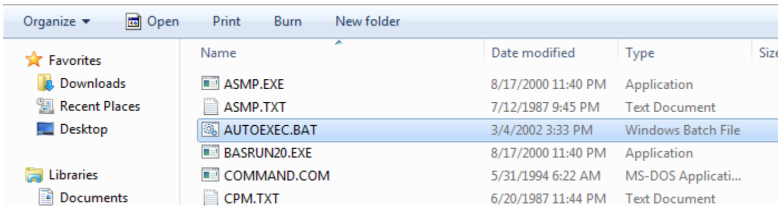
Maka : $P(X \leq X_T) = 0,5 - 0,4937 = 0,0063$

Note :

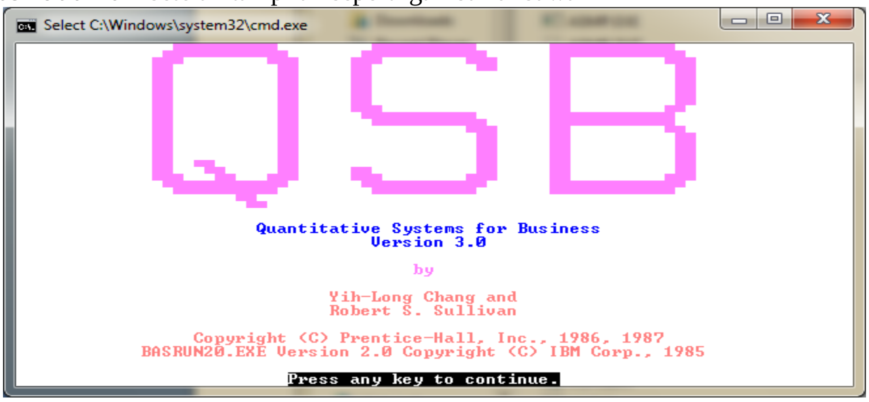
Jika menggunakan software QSB hasilnya adalah $P(t_{ij} \leq 30)$ maka untuk mendapatkan jawaban $P(t_{ij} \geq 30)$ = **1 – (hasil hitung QSB)**

P4.3 APLIKASI SOFTWARE

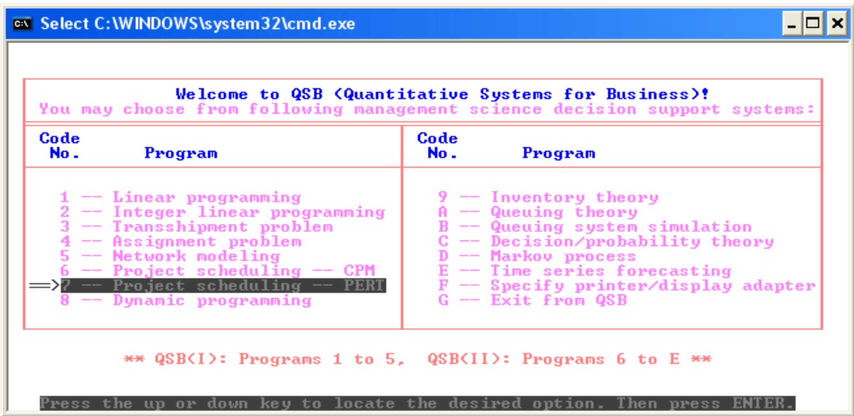
1) Dari menu utama (desktop), buka folder QSB dan klik "AUTOEXE.BAT".



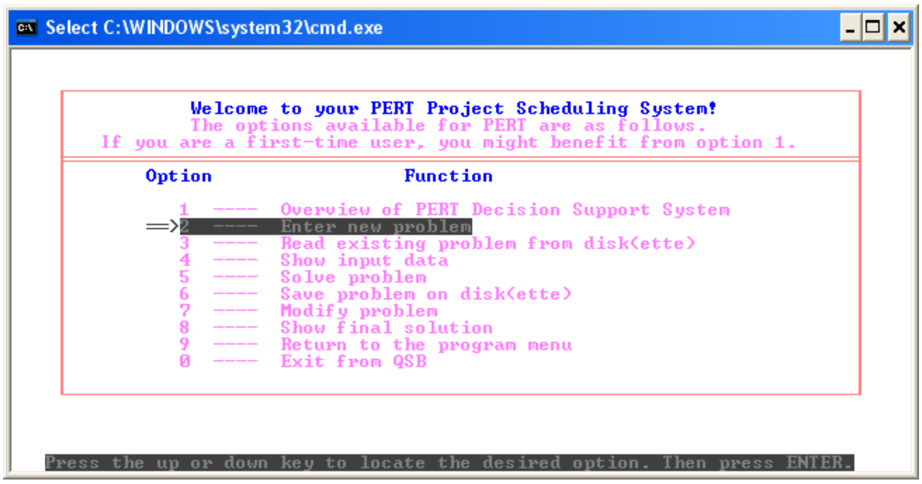
2) Tekan enter dua kali setelah tampilan seperti gambar di bawah ini



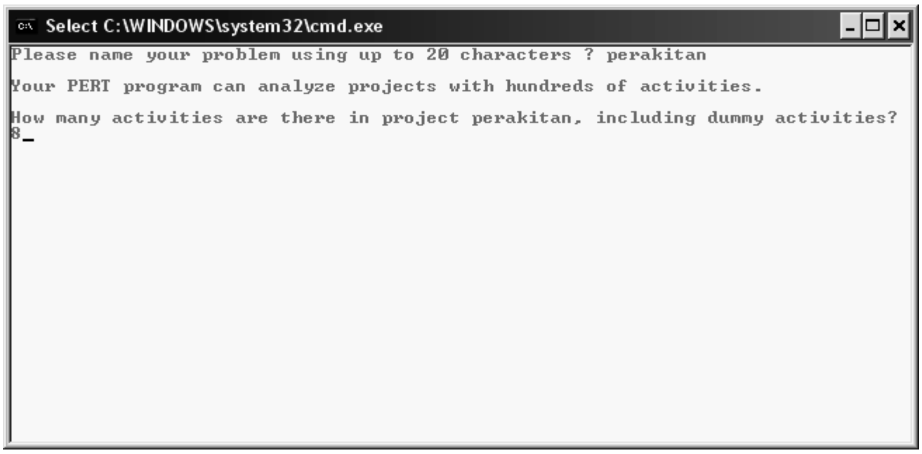
3) Pilih 7-Project Scheduling—PERT



4) Pilih 2-Enter New Problem

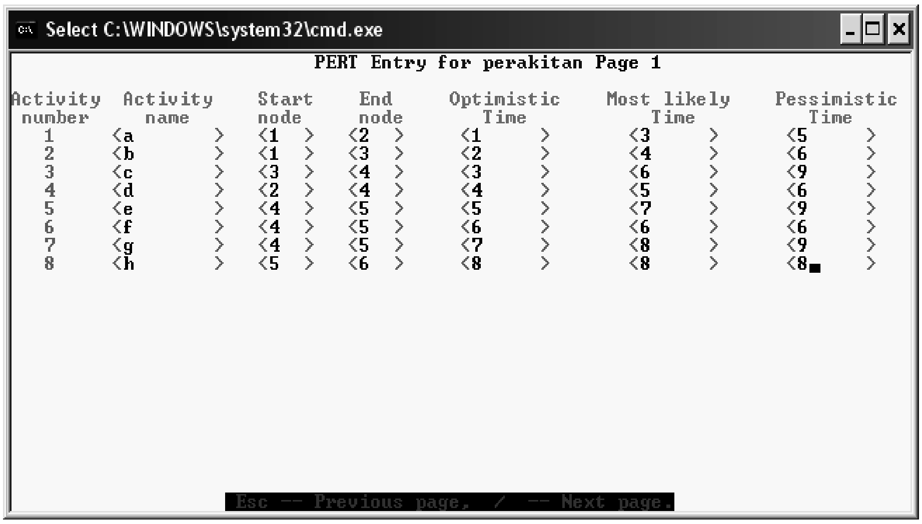


5) Please Name Your Ploblem using 20 character? Masukan nama
6) How many activity are there in project include dummy activity? 8



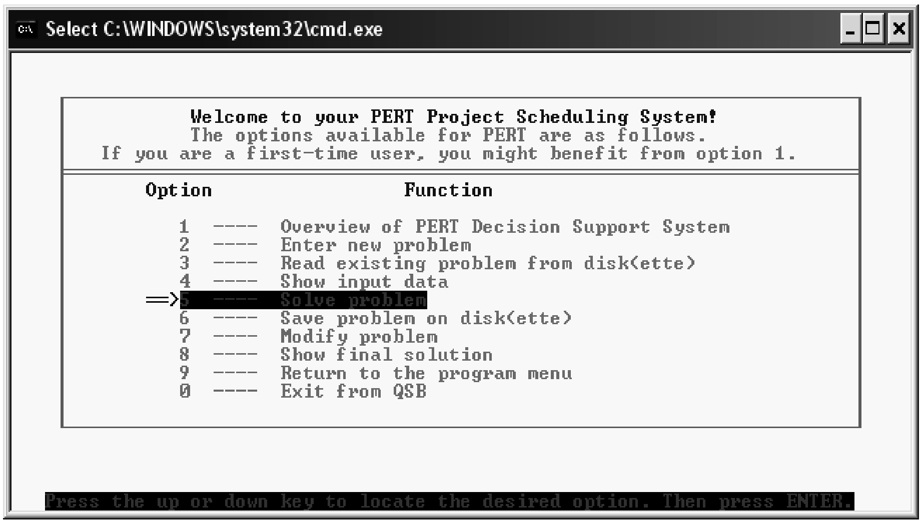
```
Select C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Please name your problem using up to 20 characters ? perakitan

Your PERT program can analyze projects with hundreds of activities.

How many activities are there in project perakitan, including dummy activities?
8_
```

7) PERT Entry (Masukan data a_{ij},m_{ij},b_{ij})



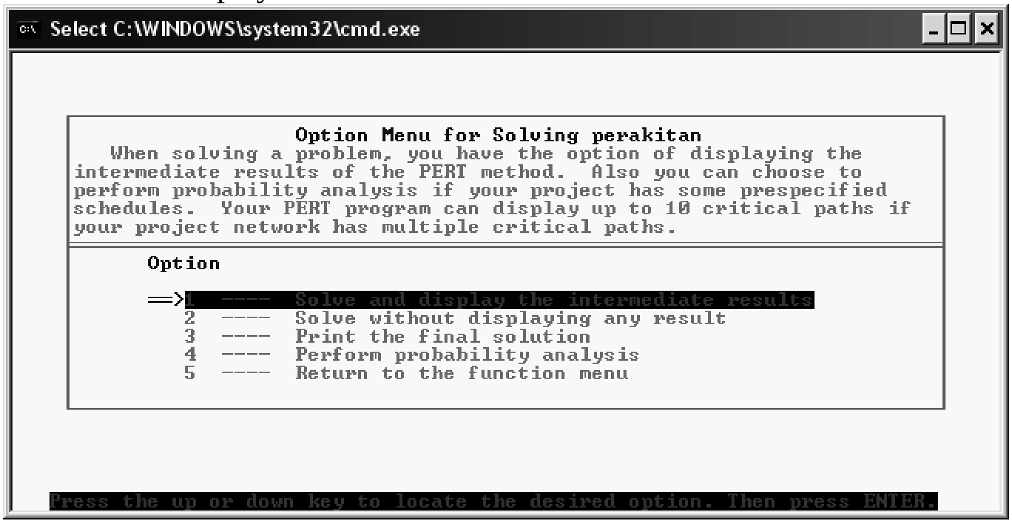
```
Select C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
                          PERT Entry for perakitan Page 1

Activity  Activity    Start    End     Optimistic    Most likely    Pessimistic
 number     name      node     node       Time           Time           Time
   1      <a       >  <1  >   <2  >    <1      >     <3      >     <5      >
   2      <b       >  <1  >   <3  >    <2      >     <4      >     <6      >
   3      <c       >  <3  >   <4  >    <3      >     <6      >     <9      >
   4      <d       >  <2  >   <4  >    <4      >     <5      >     <6      >
   5      <e       >  <4  >   <5  >    <5      >     <7      >     <9      >
   6      <f       >  <4  >   <5  >    <6      >     <6      >     <6      >
   7      <g       >  <4  >   <5  >    <7      >     <8      >     <9      >
   8      <h       >  <5  >   <6  >    <8      >     <8      >     <8      >

                  Esc -- Previous page,  /  -- Next page.
```

8) Pilih 5-Solve Problem



```
Select C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

           Welcome to your PERT Project Scheduling System!
           The options available for PERT are as follows.
   If you are a first-time user, you might benefit from option 1.

       Option                  Function

          1   ----   Overview of PERT Decision Support System
          2   ----   Enter new problem
          3   ----   Read existing problem from disk(ette)
          4   ----   Show input data
       ==>5   ----   Solve problem
          6   ----   Save problem on disk(ette)
          7   ----   Modify problem
          8   ----   Show final solution
          9   ----   Return to the program menu
          0   ----   Exit from QSB

   Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.
```

9) Pilih 1-Solve and display the intermediate result dan enter



Select C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

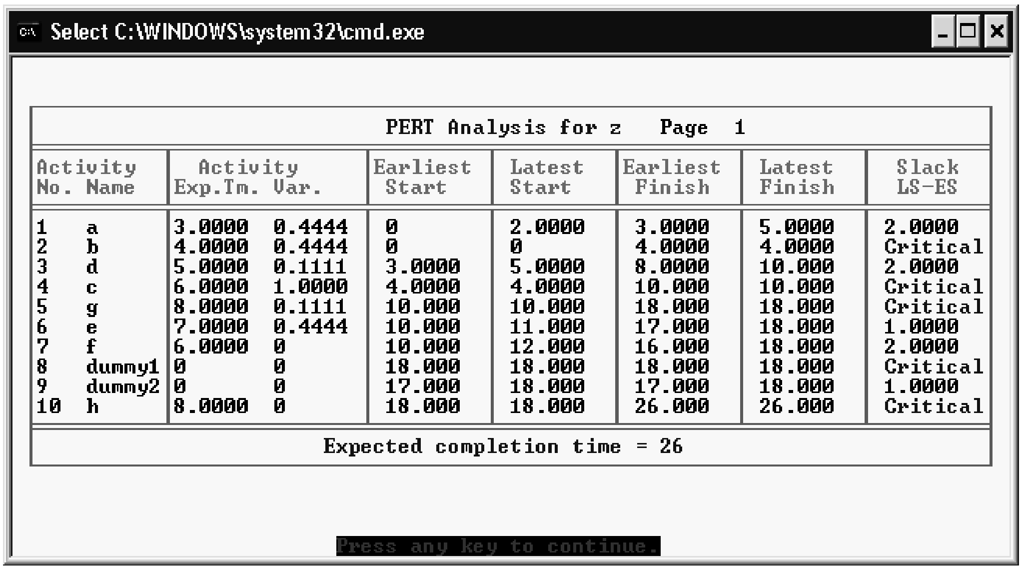
Option Menu for Solving perakitan

When solving a problem, you have the option of displaying the intermediate results of the PERT method. Also you can choose to perform probability analysis if your project has some prespecified schedules. Your PERT program can display up to 10 critical paths if your project network has multiple critical paths.

Option

==>1 ---- Solve and display the intermediate results
2 ---- Solve without displaying any result
3 ---- Print the final solution
4 ---- Perform probability analysis
5 ---- Return to the function menu

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.



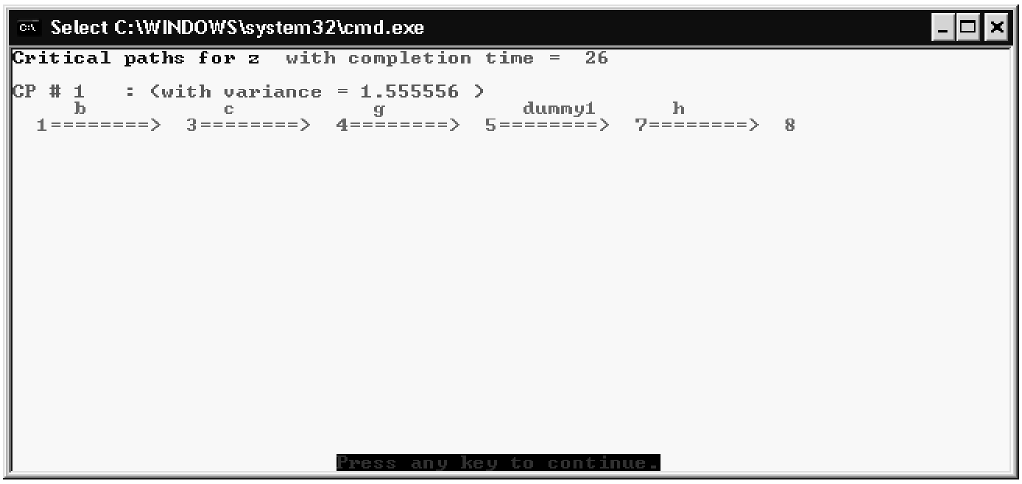
Select C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

PERT Analysis for z Page 1

Activity No.	Activity Name	Activity Exp.Tm.	Activity Var.	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	a	3.0000	0.4444	0	2.0000	3.0000	5.0000	2.0000
2	b	4.0000	0.4444	0	0	4.0000	4.0000	Critical
3	d	5.0000	0.1111	3.0000	5.0000	8.0000	10.000	2.0000
4	c	6.0000	1.0000	4.0000	4.0000	10.000	10.000	Critical
5	g	8.0000	0.1111	10.000	10.000	18.000	18.000	Critical
6	e	7.0000	0.4444	10.000	11.000	17.000	18.000	1.0000
7	f	6.0000	0	10.000	12.000	16.000	18.000	2.0000
8	dummy1	0	0	18.000	18.000	18.000	18.000	Critical
9	dummy2	0	0	17.000	18.000	17.000	18.000	1.0000
10	h	8.0000	0	18.000	18.000	26.000	26.000	Critical

Expected completion time = 26

Press any key to continue.



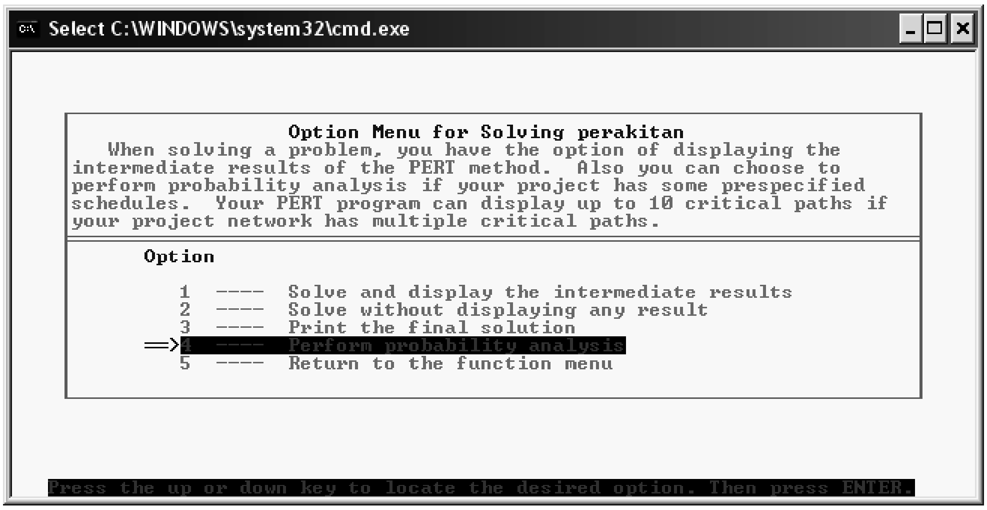
Select C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

```
Critical paths for z  with completion time =  26

CP # 1    : <with variance = 1.555556 >
     b           c           g           dummy1       h
  1========>  3========>  4========>  5========>  7========>  8
```

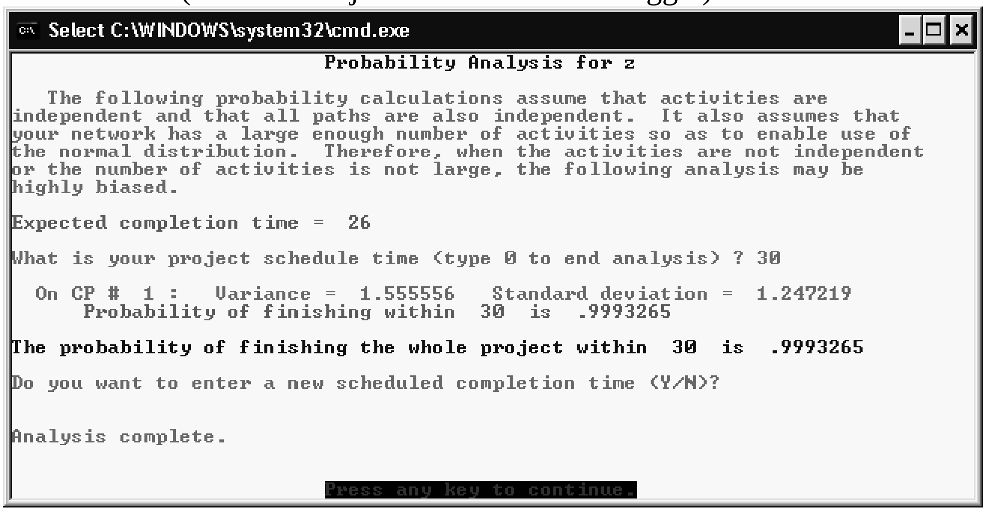
Press any key to continue.

10) Untuk mencari pekerjaan dikerjakan lebih dari 30 minggu tekan enter

11) Pilih perform probability analysis



12) Masukkan 30 (karena dikerjakan lebih dari 30 minggu)



13) Dari hasil yang didapat pada software perhitungannya =1 - 0.9993265 = 0.0006735 (dibulatkan menjadi 0.0007)

P4.3 Daftar Pustaka

Bustani, Henry. 2005. *Fundamental Operation Research.* Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

Toha, Hamdy A. (1997). *Operations Research: an introduction*, Prentice Hall, NJ.

JR Sitinjak, Tumpal. 2006. *RISET OPERASI untuk Pengambilan Keputusan Manajerial dengan Aplikasi Excel.* Yogyakarta: Graha Ilmu

Hani T, Handoko. 2000. *DASAR-DASAR MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI.* Edisi pertama. Yogyakarta: BPFE-Yogyakarta.

Pertemuan 5

ANALISIS RANTAI MARKOV

Objektif:

1. Mahasiswa dapat merumuskan masalah dalam analisis rantai markov
2. Mahasiswa dapat mencari penyelesaian masalah dalam prorses perhitungan probabilitas dengan menggunakan Matriks
3. Mahasiswa dapat menyusun probabilitas transisi dan probabilitas tree

P5.1 Pendahuluan

A. Pengertian Analisis Markov

Beberapa penjelasan mengenai pengertian analisis markov :

1. Analisa Rantai Markov adalah suatu metode yang mempelajari sifat-sifat suatu variabel pada masa sekarang yang didasarkan pada sifat-sifatnya di masa lalu dalam usaha menaksir sifat-sifat variabel tersebut dimasa yang akan datang.
2. Analisis Markov adalah suatu teknik matematik untuk peramalan perubahan pada variable-variabel tertentu berdasarkan pengetahuan dari perubahan sebelumnya.

Model Rantai Markov dikembangkan oleh seorang ahli Rusia A.A. Markov pada tahun 1896. Dalam analisis markov yang dihasilkan adalah suatu informasi probabilistik yang dapat digunakan untuk membantu pembuatan keputusan, jadi analisis ini bukan suatu teknik optimisasi melainkan suatu teknik deskriptif . Analisis Markov merupakan suatu bentuk khusus dari model probabilistik yang lebih umum yang dikenal sebagai proses Stokastik (*Stochastic process*).

Kata stokastik (*stochastics*) merupakan jargon untuk keacakan. Oxford Dictionary menakrifkan **proses stokastik** sebagai suatu barisan kejadian yang memenuhi hukum-hukum peluang. Hull menyatakan bahwa setiap nilai yang berubah terhadap waktu dengan cara yang tidak tertentu (dalam ketidakpastian) dikatakan mengikuti proses stokastik. Dengan demikian, jika dari pengalaman yang lalu keadaan yang akan datang suatu barisan kejadian dapat diramalkan secara pasti, maka barisan kejadian itu dinamakan deterministik. Sebaliknya jika pengalaman yang lalu hanya dapat menyajikan struktur peluang keadaan yang akan datang, maka barisan kejadian yang demikian disebut stokastik.

Konsep dasar analisis markov adalah *state* dari sistem atau *state* transisi, sifat dari proses ini adalah apabila diketahui proses berada dalam suatu keadaan tertentu, maka peluang berkembangnya proses di masa mendatang hanya tergantung pada keadaan saat ini dan tidak tergantung pada keadaan sebelumnya, atau dengan kata lain rantai Markov adalah rangkaian proses kejadian dimana peluang bersyarat kejadian yang akan datang tergantung pada kejadian sekarang.

Analisis Markov ini sangat sering digunakan untuk membantu pembuatan keputusan dalam bisnis dan industri, misalnya dalam masalah ganti merek, masalah hutang-piutang, masalah operasi mesin, analisis pengawasan dan lain-lain. **Informasi yang dihasilkan tidak mutlak menjadi suatu keputusan, karena sifatnya yang hanya memberikan bantuan dalam proses pengambilan keputusan.**

B. Probabilitas Transisi dan Contoh Kasus

Probabilitas Transisi adalah perubahan dari satu status ke status yang lain pada periode (waktu) berikutnya dan merupakan suatu proses random yang dinyatakan dalam probabilitas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 : Matriks kemungkinan transisi

Dari keadaan	Pindah ke keadaan ke :					
Ke :	1	2	. .	j	. .	n
1	p11	p12	. .	p1j	. .	p1
2	p21	p22	. .	p2j	. .	n
.	.	.	. .	.	. .	p2n
i	pi1	pi2	. .	pij	. .	.
	.	.	. .	.	. .	pin
.	pn1	pn2	. .	pnj	. .	.

n adalah jumlah keadaan dalam proses dan p_{ij} adalah kemungkinan transisi dari keadaan saat i ke keadaan j. Jika saat ini berada pada keadaan i maka baris i dari tabel di atas berisi angka-angka pi1, pi2, , pin merupakan kemungkinan berubah ke keadaan berikutnya. Oleh karena angka tersebut melambangkan kemungkinan, maka semuanya melupakan bilangan non negatif dan tidak lebih dari satu. Secara matematis :

$0 < p_{ij} < 1 \qquad i = 1, 2, ..., n$

$\Sigma\, p_{ij} = 1 \qquad i = 1, 2, ..., n$

Contoh :

Pada suatu kota kecil terdapat dua pasar swalayan W dan L. Diasumsikan setiap pembeli di kota tersebut melakukan kunjungan belanja satu kali per minggu. Dalam sembarang minggu seorang pembeli hanya berbelanja di W atau di L saja, dan tidak di keduanya. Kunjungan belanja disebut percobaan (trial) dari proses dan toko yang dipilih disebut keadaan dari proses. Suatu sampel 100 pembeli diambil dalam periode 10 minggu, kemudian data dikompilasikan.

Dalam menganalisis data, terlihat bahwa dari seluruh pembeli yang berbelanja di W dalam suatu minggu, 90 persen tetap berbelanja di toko W pada minggu berikutnya, sedangkan sisanya berpindah belanja pada toko L. 80 persen dari yang berbelanja di toko L dalam suatu minggu tetap berbelanja di toko L sedangkan 20 persen berpindah belanja pada toko W. Informasi tersebut disusun pada tabel 2 berikut :

Pilihan pada suatu minggu	**Pilihan minggu berikutnya**	
	W	**L**
W	90	10
L	20	80

Tabel 2 : Matriks kemungkinan transisi

Pada kedua baris berjumlah 100, tetapi jumlah kolom tidak. Informasi ini digunakan untuk membuat matriks kemungkinan perpindahan keadaan / transisi.

Didefinisikan :

Keadaan 1 : Pembeli berbelanja di

W Keadaan 2 : Pembeli berbelanja

di L

Dengan demikian matriks kemungkinan transisinya adalah :

Pilihan pada suatu minggu	Pilihan minggu berikutnya	
	W	**L**
W	90/100 = 0.9	10/100 = 0.1
L	20/100 = 0.2	80/100 = 0.2

Tabel 3 : Probabilitas Transisi

Terlihat bahwa kemungkinan dari setiap baris berjumlah satu.

C. Syarat-Syarat Dalam Analisa Markov

Untuk mendapatkan analisa rantai markov ke dalam suatu kasus, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, adalah sebagai berikut:

1. Jumlah probabilitas transisi untuk suatu keadaan awal dari sistem sama dengan 1.
2. Probabilitas-probabilitas tersebut berlaku untuk semua partisipan dalam sistem.
3. Probabilitas transisi konstan sepanjang waktu.
4. Kondisi merupakan kondisi yang independen sepanjang waktu.

Penerapan analisa markov bisa dibilang cukup terbatas karena sulit menemukan masalah yang memenuhi semua sifat yang diperlukan untuk analisa markov, terutama persyaratan bahwa probabilitas transisi harus konstan sepanjang waktu (probabilitas transisi adalah probabilitas yang terjadi dalam pergerakan perpindahan kondisi dalam sistem).

D. Probabilitas Tree dan Contoh Kasus

Probabilitas Tree merupakan **cara yang mudah untuk menggambarkan sejumlah terbatas transisi dari suatu proses Markov**.

Agar lebih jelas kita masih akan mengambil contoh kasus seperti di bawah ini :

Sebuah perusahaan transportasi mempunyai 220 unit mobil. Namun tidak semua mobil dapat beroperasi dikarenakan mesin rusak. Data mobil yang sedang beroperasi(narik) dan rusak(mogok) adalah sebagai berikut :

Status saat ini	Banyaknya mobil	
	Hari 1	Hari 2
Narik	120	144
Mogok	100	76
Jumlah	220	220

Dalam waktu dua hari ini terdapat perubahan, mobil yang beroperasi ternyata mengalami kerusakan, dan sebaliknya. Untuk mengetahui perubahan yang terjadi dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Hari I	Hari II		Jumlah
	Narik	Mogok	
Narik	70	50	120
Mogok	74	26	100
Jumlah	144	76	220

Dari data tersebut hitunglah :

a. Probabilitas transisi
b. Probabilitas hari ke-3 narik jika hari ke-1 narik
c. Probabilitas hari ke-3 mogok jika hari ke-1 narik
d. Probabilitas hari ke-3 narik jika hari ke-1 mogok
e. Probabilitas hari ke-3 mogok jika hari ke-1 mogok

Jawaban :

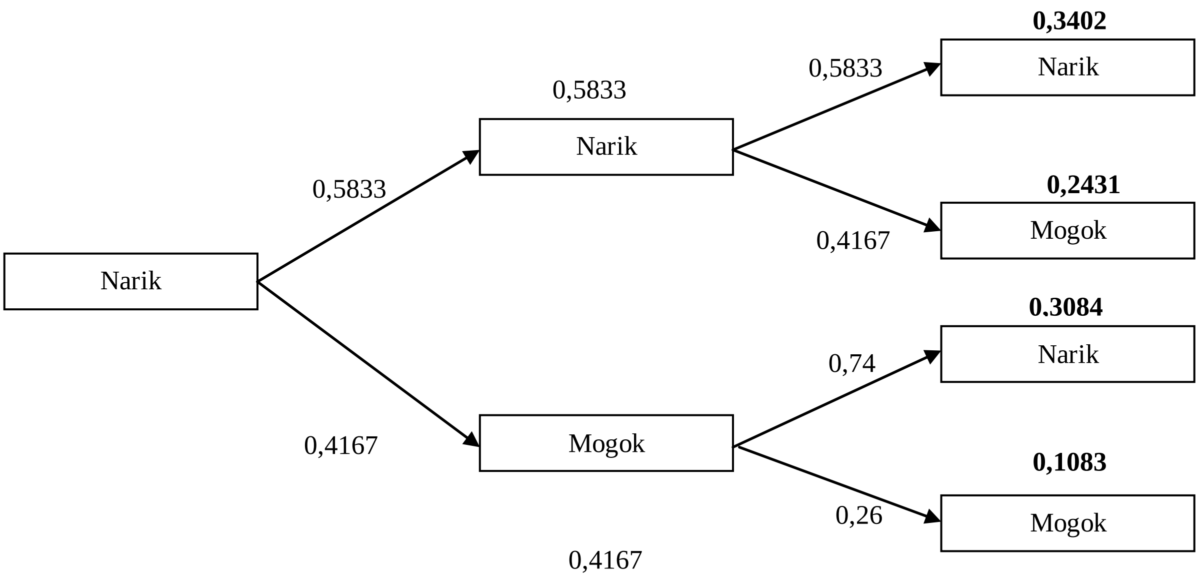
a. Probabilitas Transisi

Hari I	**Hari II**	
	Narik	**Mogok**
Narik	70/120= **0,5833**	50/120 = **0,4167**
Mogok	74/100 = **0,74**	26/100 = **0,26**

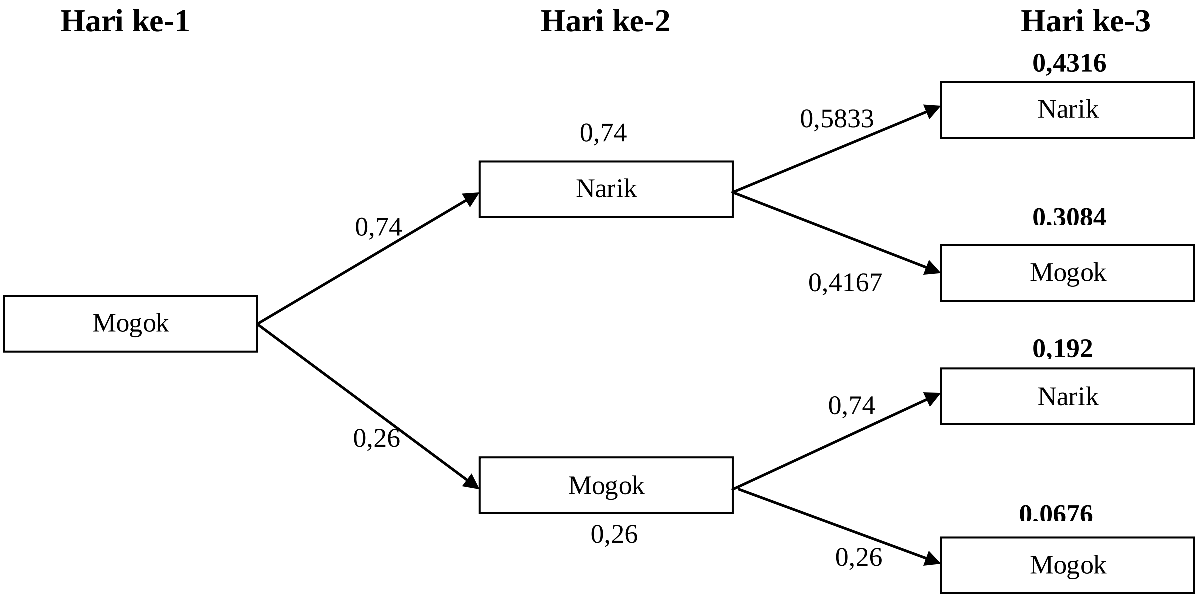
(Untuk jawaban b-e lihat diagram pohon di bawah ini)

Jika Hari ke 1 NARIK :

Hari ke-1 **Hari ke-2** **Hari ke-3**



Probabilitas Tree jika hari ke-1 NARIK



Probabilitas Tree jika hari ke-1 MOGOK

Dari 2 gambar tersebut, kita bias menjawab jawab soal di atas, sehingga :

b. Probabilitas hari ke-3 narik, jika hari ke-1 narik = 0,3402 + 0,3084 = **0,6486**

c. Probabilitas hari ke-3 mogok jika hari ke-1 narik = 0,2431 + 0,1083 = **0,3514**

d. Probabilitas hari ke-3 narik, jika hari ke-1 mogok = 0,4316 + 0,1924 = **0,624**

e. Probabilitas hari ke-3 mogok jika hari ke-1 mogok = 0,3084 + 0,0676 = **0,376**

E. Pendekatan Matriks dan Contoh Kasus

Ada kalanya kita harus mencari probabilitas pada periode yang sangat besar, misalkan periode hari ke-9, ke-10 dan seterusnya, akan sangat menyulitkan dan membutuhkan media penyajian yang khusus jika kita menggunakan Probabilitas Tree. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan metode Pendekatan Matriks Probabilitas.

Adapun Matriks Probabilitas dari contoh kasus di atas adalah sebagai berikut:

$$\begin{vmatrix} 0{,}5833 & 0{,}4167 \\ 0{,}74 & 0{,}26 \end{vmatrix}$$

Probabilitas kendaraan narik pada periode ke-i jika pada periode ke-1 narik, dilambangkan dengan:

Probabilitas Narik → **Nn(i)** ← **Periode ke-i**

↑

Status Awal Narik

Probabilitas kendaraan mogok pada periode ke-3 jika pada periode ke-1 mogok, dilambangkan dengan:

Probabilitas Mogok → **Mm(3)** ← **Periode ke-3**

↑

Status Awal Mogok

Jika kendaraan pada hari ke-1 narik maka berlaku probabilitas sebagai berikut:

Nn(l) = 1 sedangkan Mm(l) = 0

Jika probabilitas di atas disusun ke dalam vektor baris, maka kita dapatkan:

(**Nn(l)   Mm(l)) = (l   0)**

Adapun rumus untuk mencari probabilitas periode berikutnya (i+1) adalah:

(Nn(i+1)   Mn(i+1)) = (Nn(i)   Mn(i)) x Matriks Probabilitas Transisi

Bila rumus di atas kita gunakan untuk mencari probabilitas hari ke-2, maka:

$$\textbf{(Nn(2)} \quad \textbf{Mn(2))} = \textbf{(Nn(1)} \quad \textbf{Mn(1))} \begin{vmatrix} 0{,}5833 & 0{,}4167 \\ 0{,}74 & 0{,}26 \end{vmatrix}$$

$$= (1 \quad 0) \times \begin{vmatrix} 0{,}5833 & 0{,}4167 \\ 0{,}74 & 0{,}26 \end{vmatrix}$$

$$= (0{,}5833 \quad 0{,}4167)$$

Terlihat bahwa hasilnya sama dengan yang diperoleh dengan menggunakan metode Probabilities Tree. Dengan menggunakan cara yang sama kita akan dapatkan status untuk periode-periode berikutnya sebagai berikut:

(Nn(3)   Mn(3)) = (0,6486   0,3514)

(Nn(4)   Mn(4)) = (0,6384   0,3616)

(Nn(5)   Mn(5)) = (0,6400   0,3400)

(Nn(6) Mn(6)) = (0,6397 0,3603)

(Nn(7) Mn(7)) = (0,6398 0,3602)

(Nn(8) Mn(8)) = (0,6398 0,3602)

Terlihat bahwa perubahan probabilitas semakin lama semakin mengecil sampai akhirnya tidak tampak adanya perubahan. Probabilitas tersebut tercapai mulai dari periode ke-7, dengan probabilitas status:

(Nn(7) Mn(7)) = (0,6398 0,3602)

Ini berarti pemilik kendaraan dapat menarik kesimpulan bahwa jika awalnya kendaraan berstatus narik, setelah beberapa periode di masa depan probabilitasnya narik adalah sebesar 0,6398 dan probabilitasnya mogok adalah sebesar 0,3602.

Untuk perhitungan probabilitas status hari pertama mogok dapat kita cari dengan metode yang sama dan akan kita dapatkan probabilitas yang akan sama untuk periode selanjutnya, mulai dari periode ke-8. Adapun probabilitas pada periode ke-8 adalah:

(Nm(8) Mm(8)) = (0,6398 0,3602)

F. Probabilitas Steady State dan Contoh Kasus

Dalam banyak kasus, proses markov akan menuju pada Steady State (keseimbangan) artinya setelah proses berjalan selama beberapa periode, probabilitas yang dihasilkan akan bernilai tetap, dan probabilitas ini dinamakan Probabilitas Steady State. Dari contoh di atas Probabilitas Steady Statenya adalah probabilitas narik sebesar 0,6398 dan probabilitas mogok sebesar 0,3602.

Untuk mencari Probabilitas Steady State dari suatu Matriks Transisi, maka kita dapat menggunakan rumus:

(Nn(i+1) Mn(i+1)) = (Nn(i) Mn(i)) x Matriks Probabilitas Transisi

Karena Steady State akan menghasilkan probabilitas yang sama pada periode ke depan maka rumus tersebut akan berubah menjadi:

(Nn(i) Mn(i)) = (Nn(i) Mn(i)) x Matriks Probabilitas Transisi

Dari contoh kasus di atas dengan status hari ke-1 narik, maka kita dapatkan:

$$\begin{vmatrix} 0{,}5833 & 0{,}4167 \\ 0{,}74 & 0{,}26 \end{vmatrix}$$

Untuk mengurangi keruwetan, periode (i) dapat kita hilangkan, karena pada saat Steady State tercapai periode tidak akan mempengaruhi perhitungan. Sehingga perhitungan di atas akan menjadi:

$$\mathbf{(Nn \quad Mn) = (Nn \quad Mn) \times \begin{vmatrix} 0{,}5833 & 0{,}4167 \\ 0{,}74 & 0{,}26 \end{vmatrix}}$$

Dari perhitungan di atas akan menghasilkan persamaan berikut:

Nn = 0,5833Nn + 0,74Mn .... (1)

Mn = 0,4167Nn + 0,26Mn .... (2)

Karena salah satu ciri proses markov adalah:

Nn(i) + Mn(i) = 1, maka:

Nn + Mn = 1 $\Leftrightarrow$ Mn = 1 - Nn

Dengan menstubstitusikan Mn = 1 -Nn ke persamaan (1) didapatkan:

Nn = 0,5833Nn + 0,74(l-Nn)

Nn = 0,5833Nn + 0,74 - 0,74Nn

l,1567Nn = 0,74

Nn = 0,6398

Lalu kita masukkan nilai Nn = 0,6398 ke dalam persamaan (2) didapatkan:

Mn = 0,3602

Penggunaan Probabilitas Steady State

Dari contoh kasus kita ketahui bahwa Pemilik Kendaraan memiliki 220 kendaraan. Dengan menggunakan Probabilitas Steady State yang sudah kita dapatkan, Pemilik dapat mengharapkan jumlah kendaraan setiap harinya narik atau mogok sebanyak:

Narik : Nn x 220 = 0,6398 x 220= 140,756 atau sebanyak 141 kendaraan

Mogok : Mn x 220 = 0,3602 x 220= 79,244 atau sebanyak 79 kendaraan

Misalkan Pemilik kurang puas dengan tingkat operasi yang ada dan ingin meningkatkannya, sehingga Pemilik mengambil kebijakan untuk menggunakan suku cadang asli dalam setiap perawatan armada. Kebijakan ini membuat Matriks Probabilitas Transisi berubah menjadi:

$$\begin{vmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,74 & 0,26 \end{vmatrix}$$

Artinya kebijakan ini membuat Probabilitas saat ini narik, lalu hari berikutnya mogok menurun dari 0,4 menjadi 0,3. Probabilitas Steady State yang baru adalah:

$$(Nn \quad Mn) = (Nn \quad Mn) \times \begin{vmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,74 & 0,26 \end{vmatrix}$$

Sehingga kita adpatkan persamaan berikut:

Nn = 0,7Nn + 0,74Mn……………………….(1)

Mn = 0,3Nn + 0,26Mn……………………(2)

Substitusikan Nn = 1 - Mn ke persamaan (2), sehingga kita dapatkan:

Mn = 0,2885 dan Nn = 0,7116

Artinya setiap harinya Pemilik dapat mengharapkan kendaraan yang narik atau mogok sebanyak:

Narik : Nn x 220 = 0,7116 x 220 = 156,55 atau sebanyak 157 kendaraan

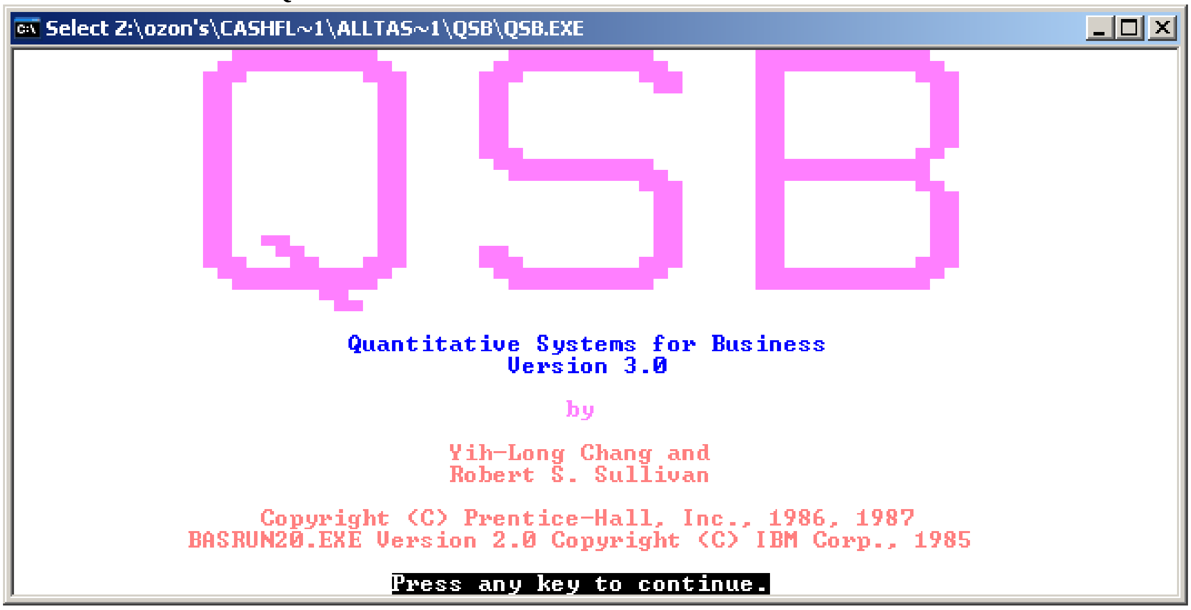
Mogok : Mn x 220 = 0,2885 x 220 = 63,47 atau sebanyak 63 kendaraan

Kebijakan tersebut menghasilkan kenaikan operasional dari 141 kendaraan perhari menjadi 157 kendaraan perhari. Dalam hal ini Pemilik harus mengevaluasi kebijakan ini, apakah kenaikan pendapatan operasional dapat menutupi kenaikan biaya operasional karena kebijakan ini. Misalkan karena kebijakan ini terjadi kenaikan biaya perawatan kendaraan sebesar Rp. 1.000.000,- setiap harinya. Jadi bila kenaikan pendapatan operasional lebih besar dari Rp. 1.000.000,- maka kebijakan tersebut layak untuk dijalankan.

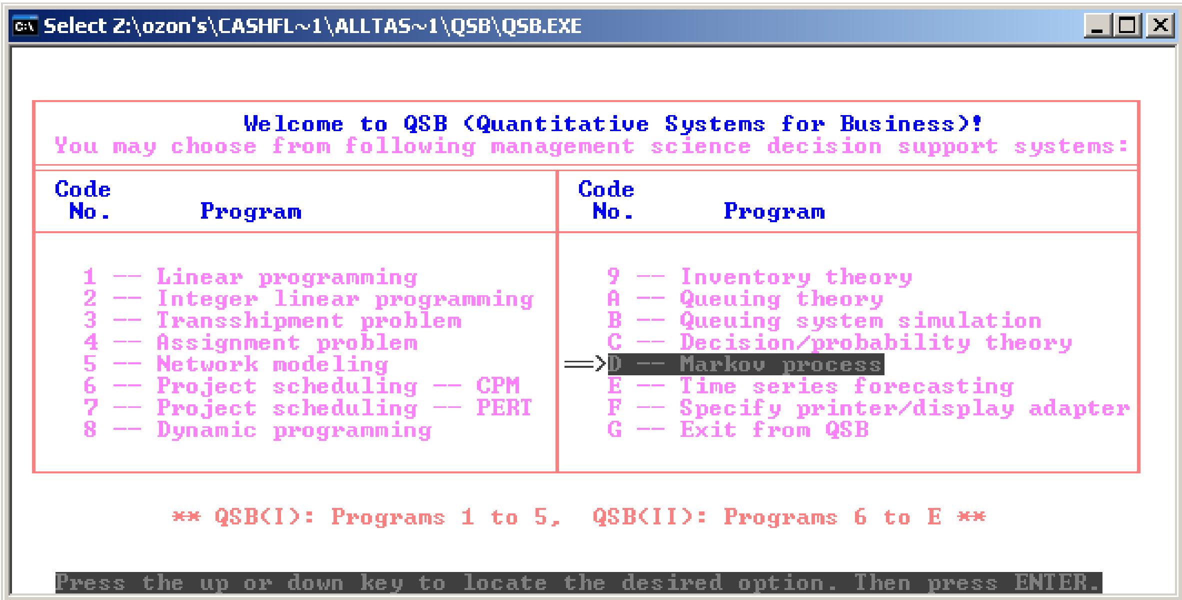
Dari contoh ini menunjukkan bahwa Analisis Markov tidak memberikan solusi atau keputusan, namun analisis tersebut memberikan informasi yang dapat membantu pembuatan keputusan.

P5.2 Aplikasi Software QSB

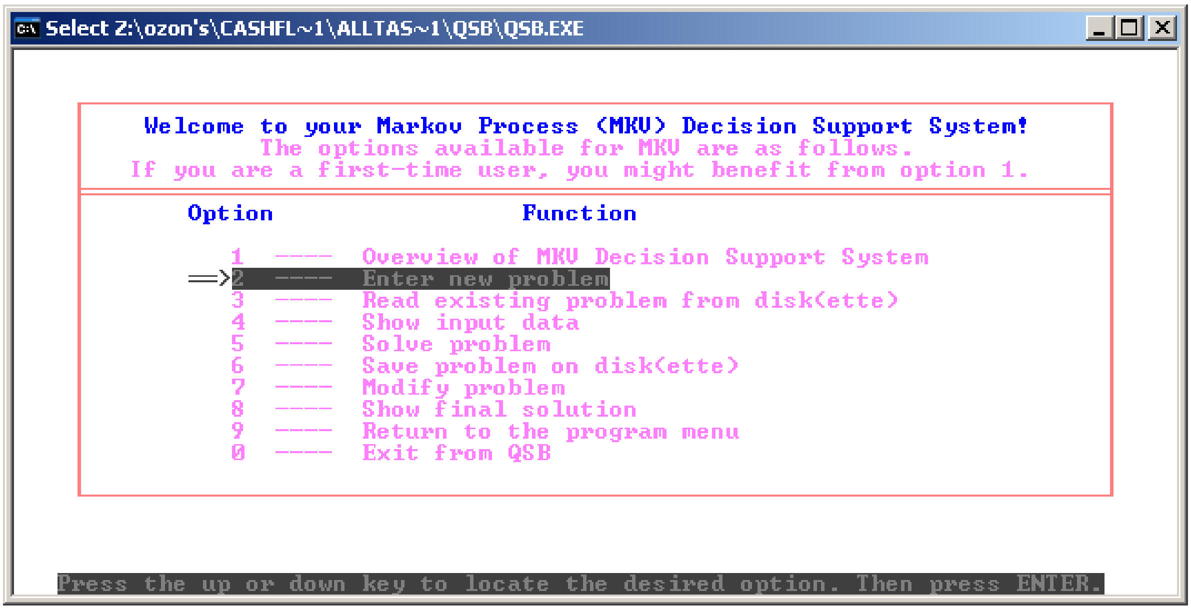
1. Buka software QSB



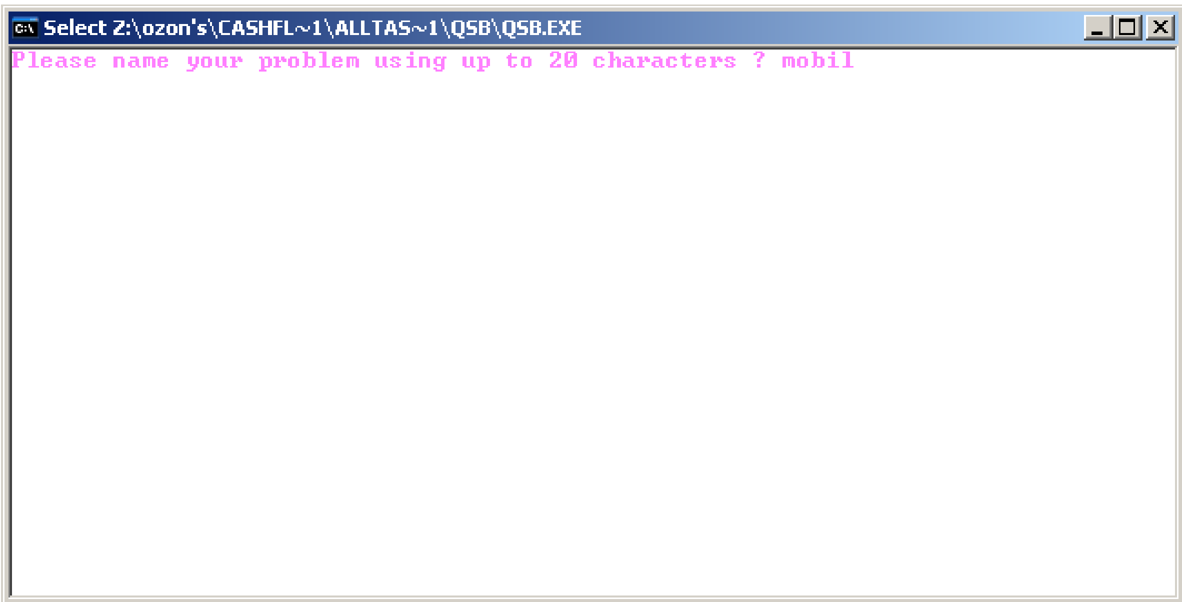
2. Di Enter sampai ke menu utama, lalu pilih Markov Process (bisa dengan mengklik huruf D satu kali)



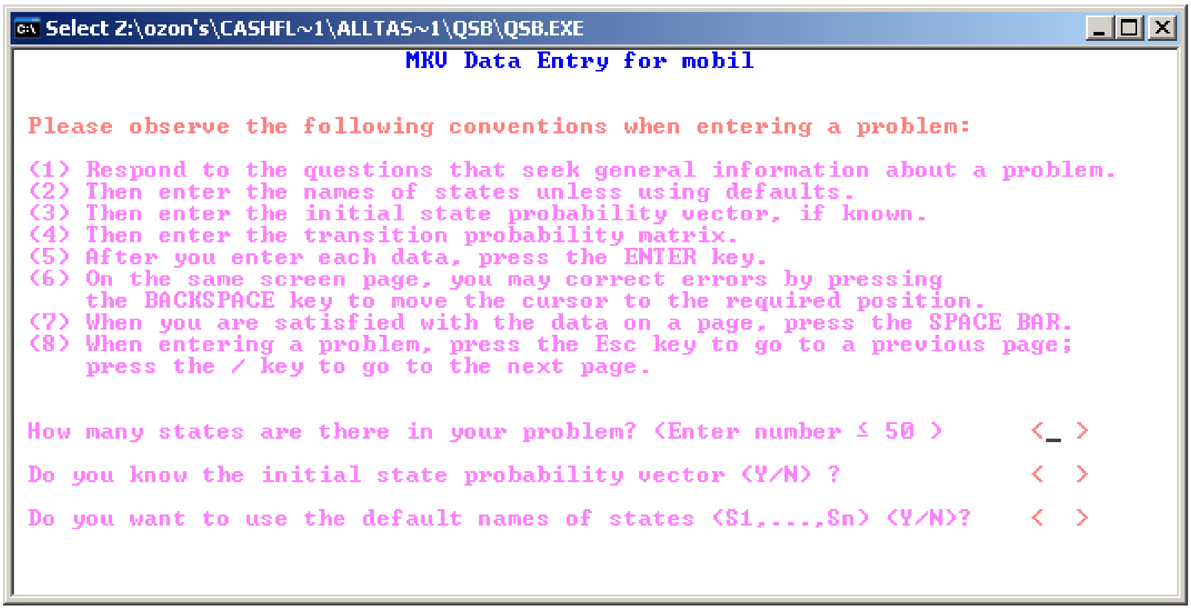
3. Lalu akan masuk ke pilihan menu, pilih Enter New Problem (masukan nama suatu masalah yang ingin di selesaikan, sembarang nama pun taka apa)



Misal namanya adalah ‘mobil’, lalu enter

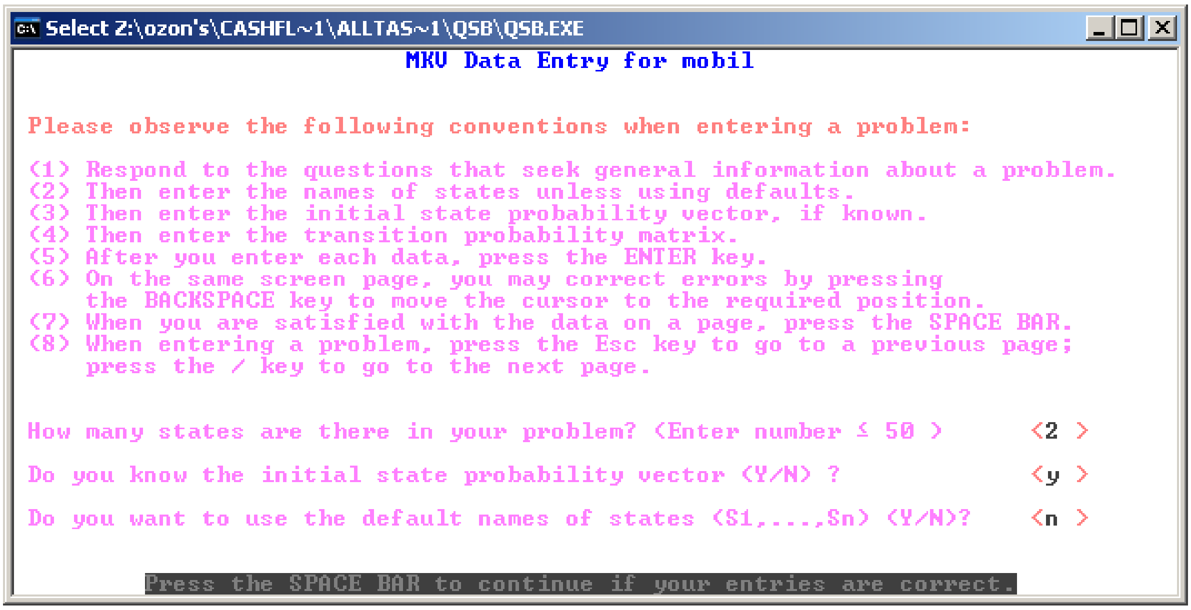


. Maka akan muncul tampilan seperti ini

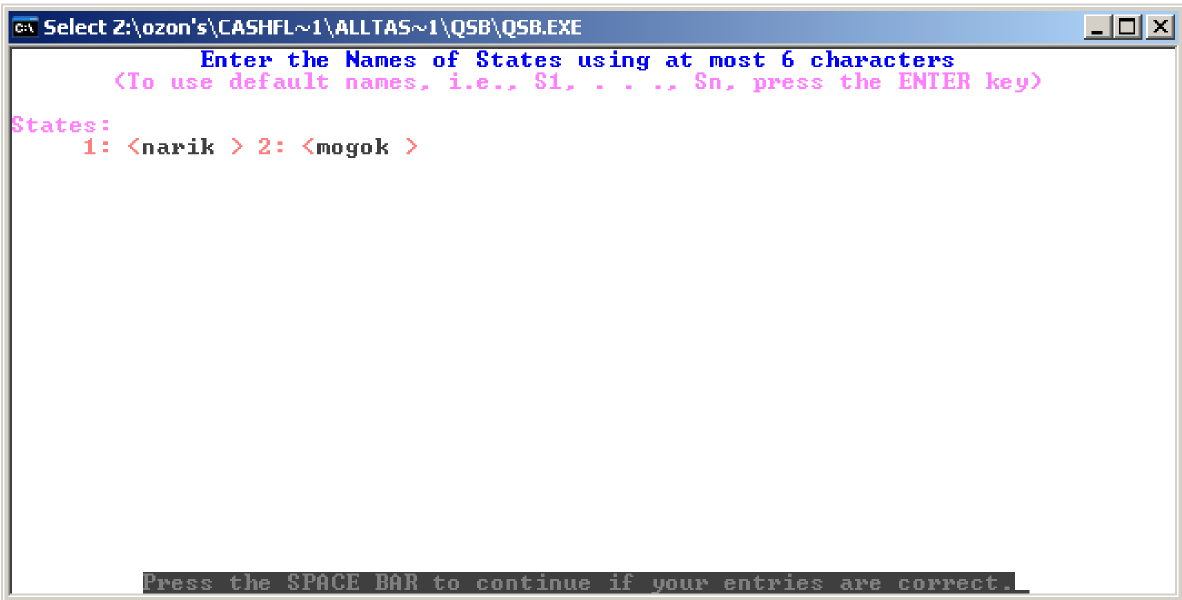


Keterangan untuk pengisian

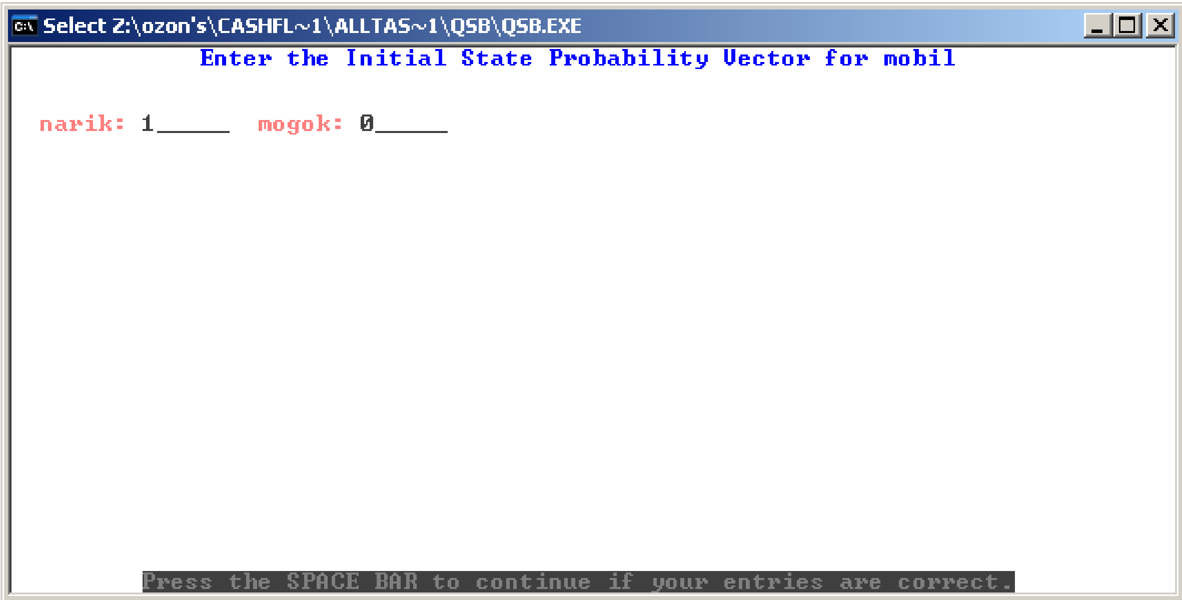
- Untuk pertanyaan ‘how many states….’ Tuliskan ada berapa kondisi yang di alami.(dalam contoh ada 2, yaitu narik dan mogok)
- Untuk pertanyaan ‘do yo know…’, di tulis huruf ‘Y’ yang berarti ya. Ini menunjukkan keadaan di awal, nanti akan di isi angka 1 dan 0. Untuk lebih jelasnya akan di jelaskan pada langkah ke 6.
- Untuk pertnyaan ‘do you want…’, pilih ‘Y’ jika ingin menggunakan nama default, atow ‘N’ untuk di tulis ulang. Disini akan digunakan huruf ‘N’. lalu tekan space bar.



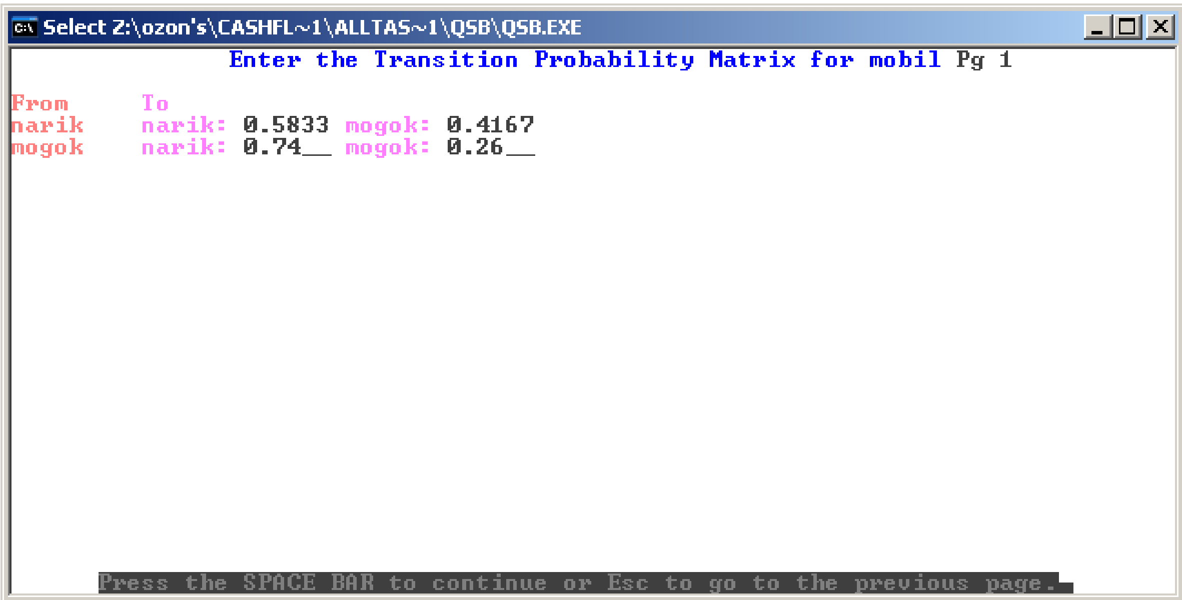
5. Karena memilih ‘N’ pada langkah sebelumnya, maka kit harus menulis ulang statenya. Lalu tekan space bar.



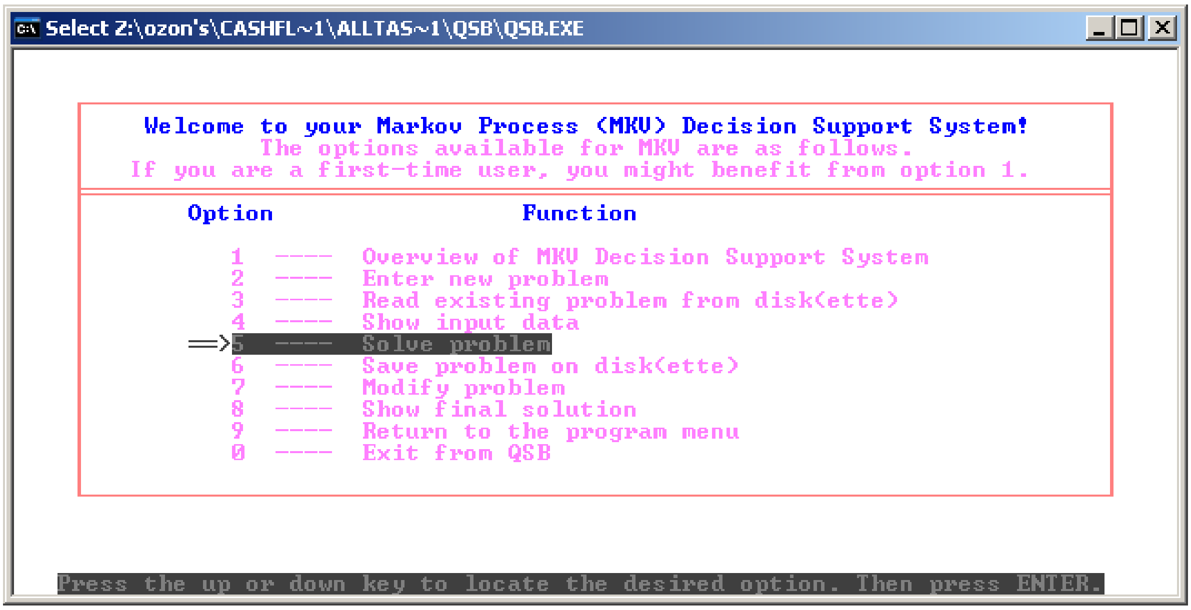
6. Inilah penjelasan untuk langkah ke 4. Kita harus mengisikan probabilitas vector pada kolom ini(jumlah probabilitas harus 1), yaitu keadaan di waktu paling awal. Jika mengisikan seperti di bawah ini, maka artinya keadaan mobil di hari pertama adalah narik(untuk menjawab pertanyaan b dan c). Jika sebaliknya yaitu narik 0 dan mogok 1, maka artinya keadaan mobil di hari pertama adalah mogok (untuk menjawab pertanyaan d dan e). Disini akan dimulai dengan keadaan hari pertama mobil adalah narik.



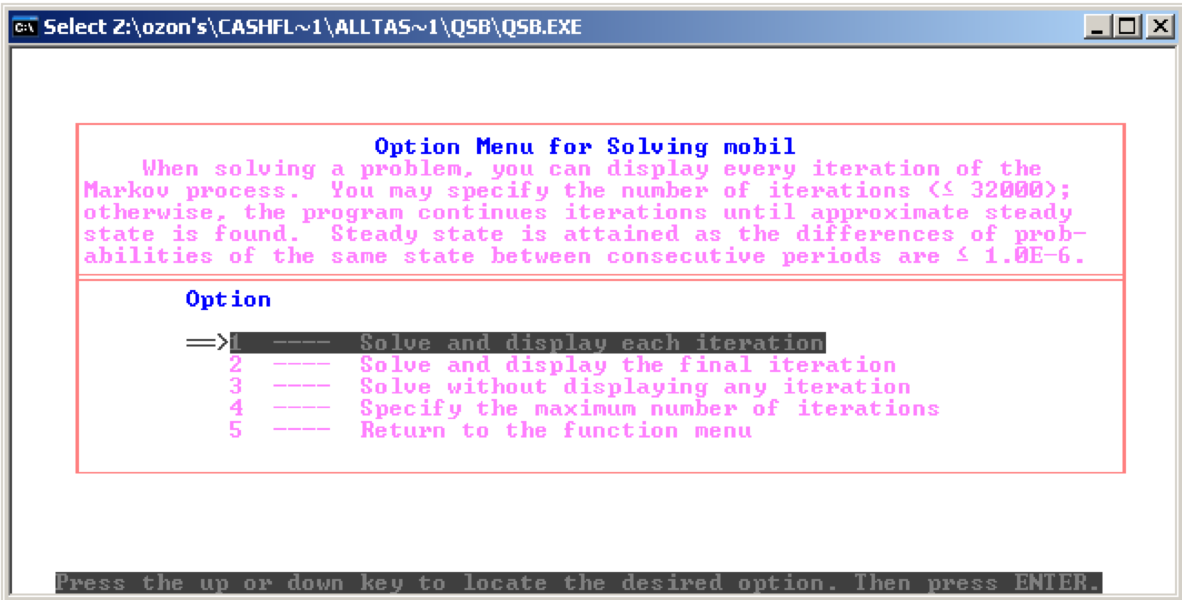
7. Isikan probabilitas transisinya (jangan sampai terbalik). Lalu tekan space bar.



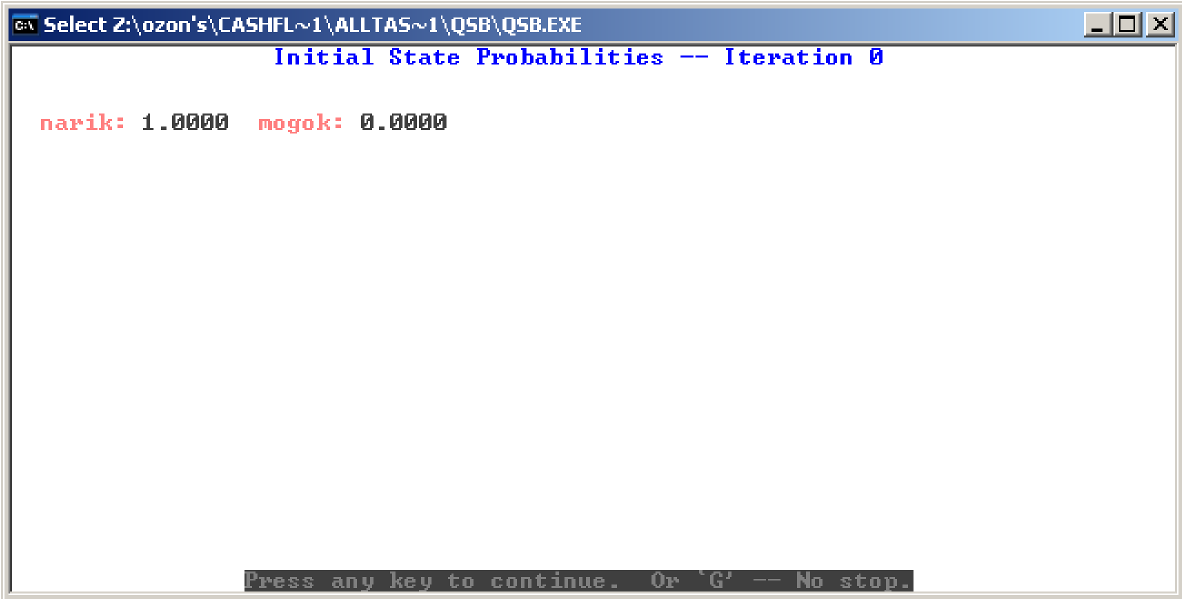
8. Setelah itu akan kembali ke menu function. Pilih solve problem untuk mengetahui jawaban, tekan enter.



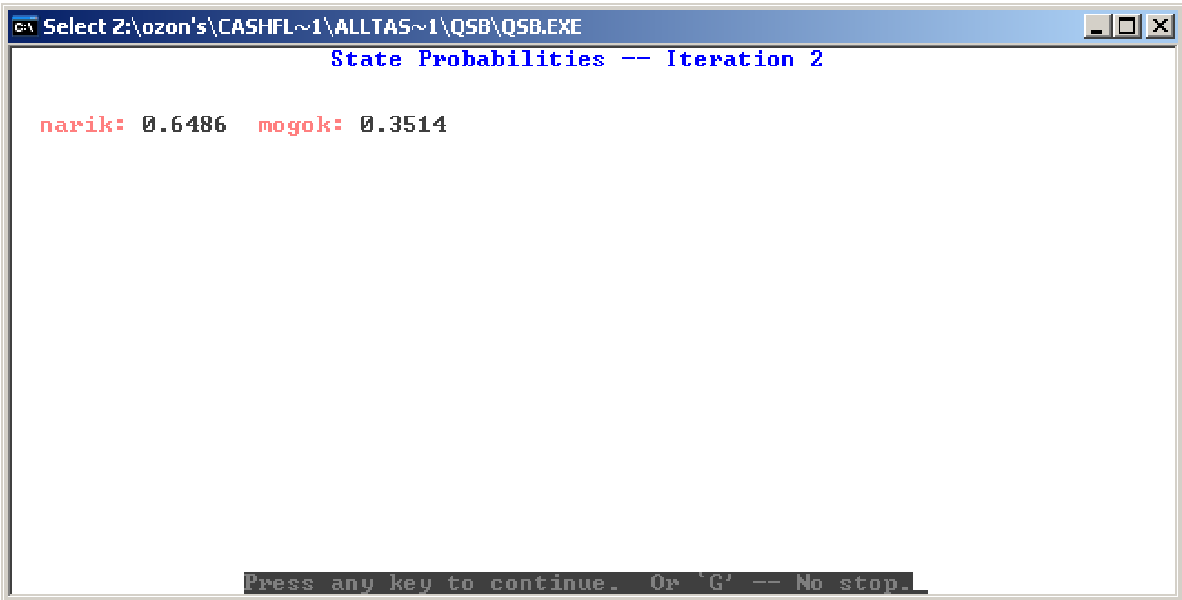
9. Lalu akan muncul tampilan menu option. Pilih option no. 1, lalu enter.



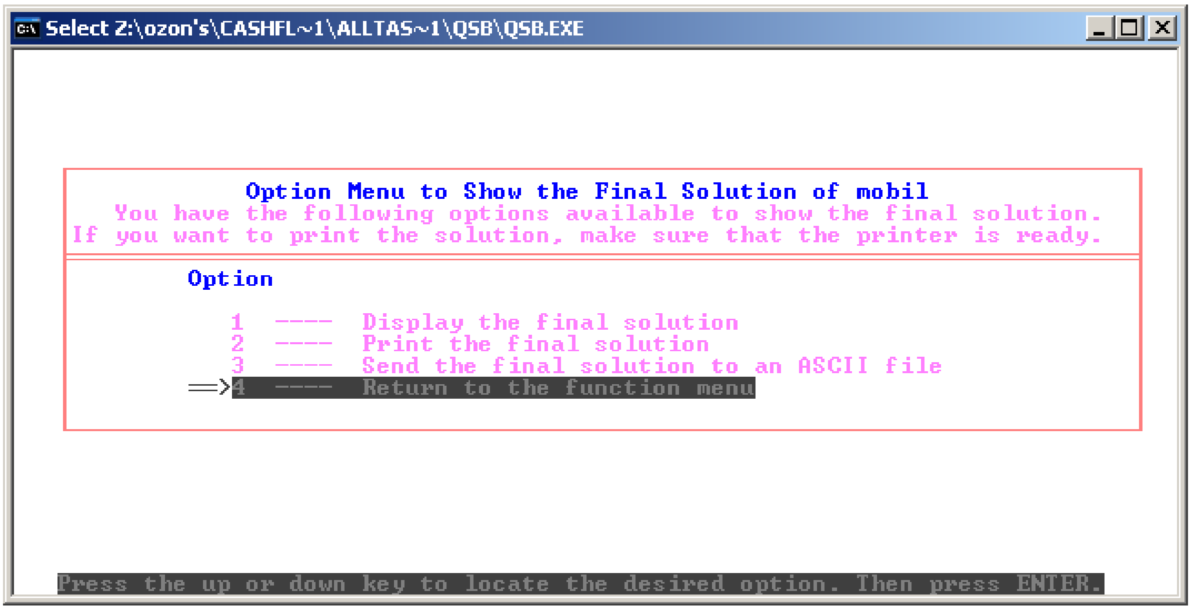
Maka akan muncul hasilnya. Untuk tampilan pertama, itu adalah probabilitas keadaan mobil pada hari pertama jika hari pertama narik. Bila di tekan enter lagi, maka akan diketahui probabilitas hari selanjutnya jika hari pertama naik.



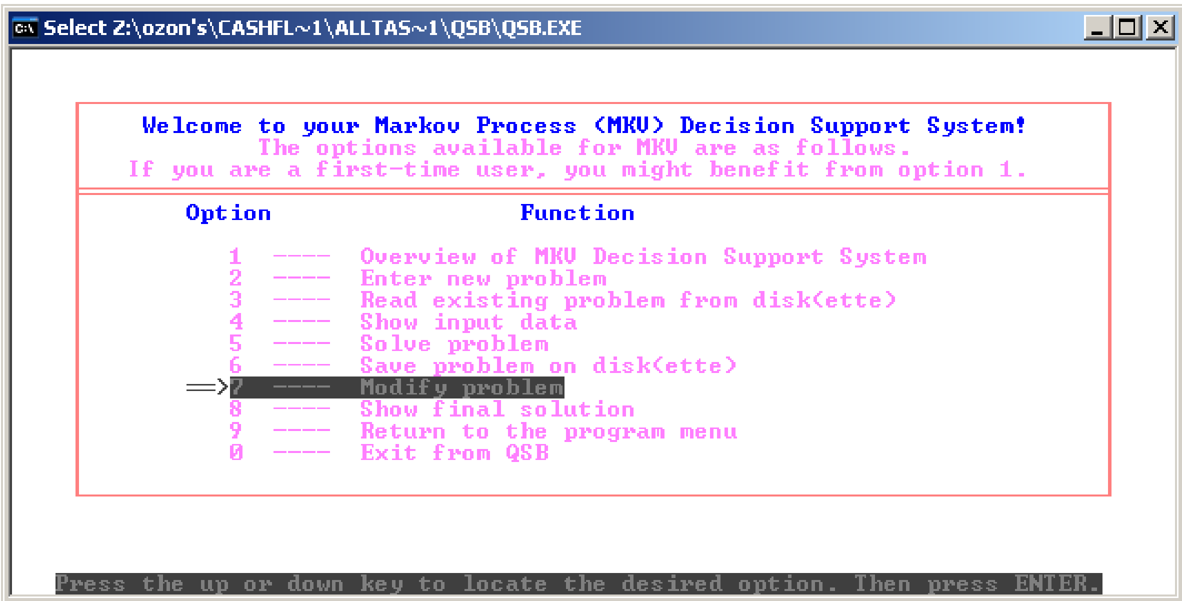
11. Ini adalah probabilitas hari ke 3 jika hari pertama narik. (jawaban b dan c).



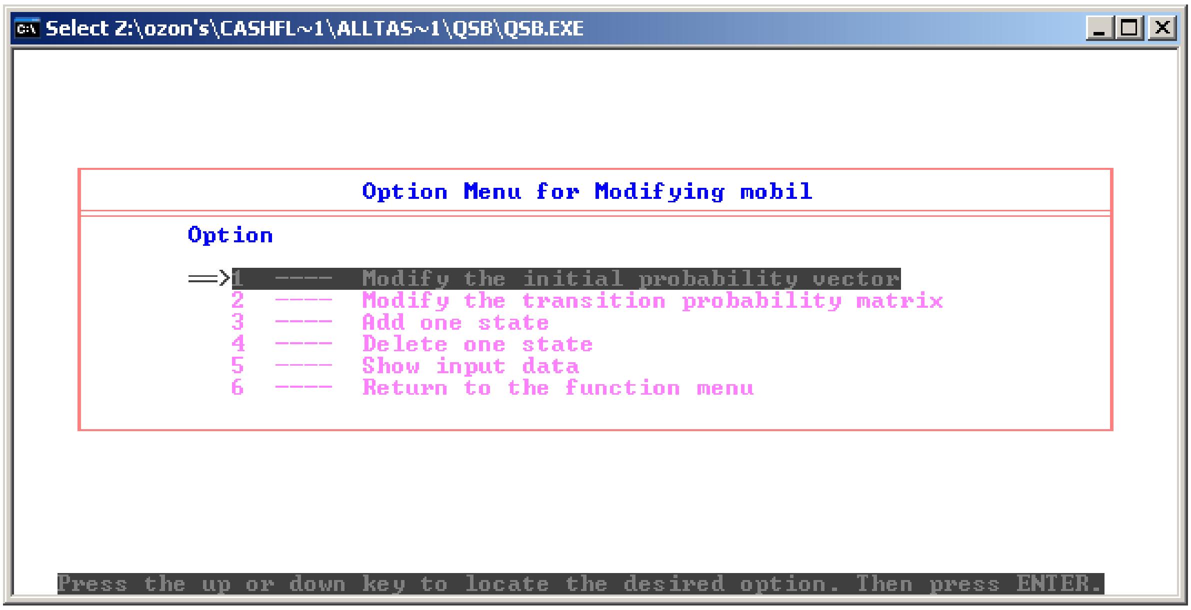
Untuk menjawab pertanyaan d dan e, harus memodifikasi inputan data probabilitas vektornya. Caranya setelah langkah ke 11, enter terus sampai muncul tampilan seperti di bawah ini. Lalu pilih no.4, enter.



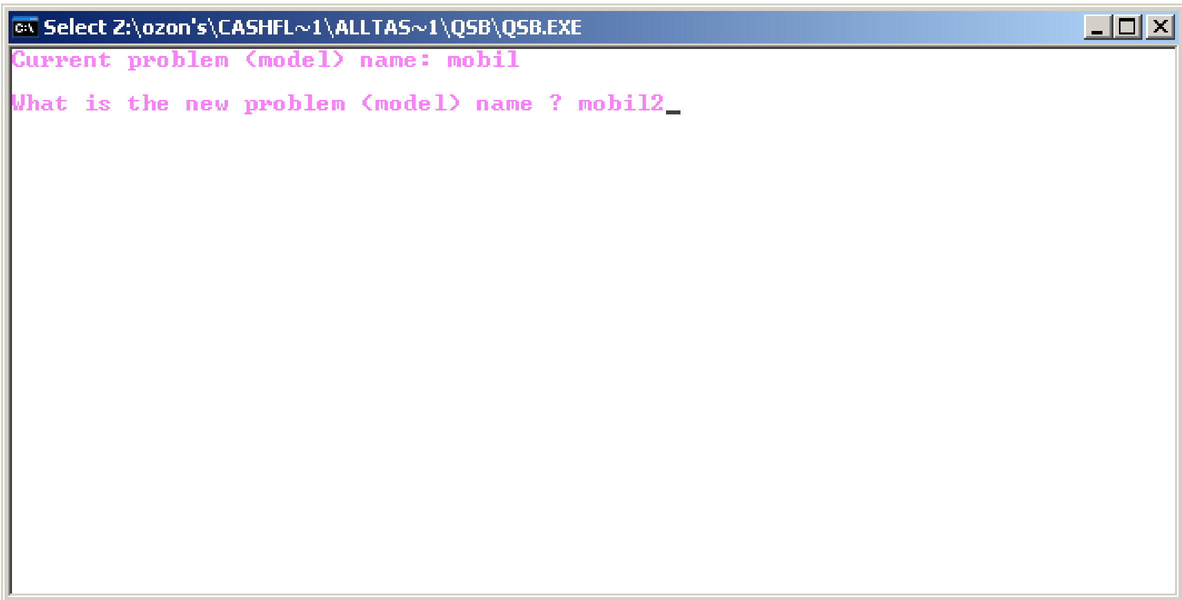
13. Akan kembali ke tampilan function. Kita pilih no.7, enter.



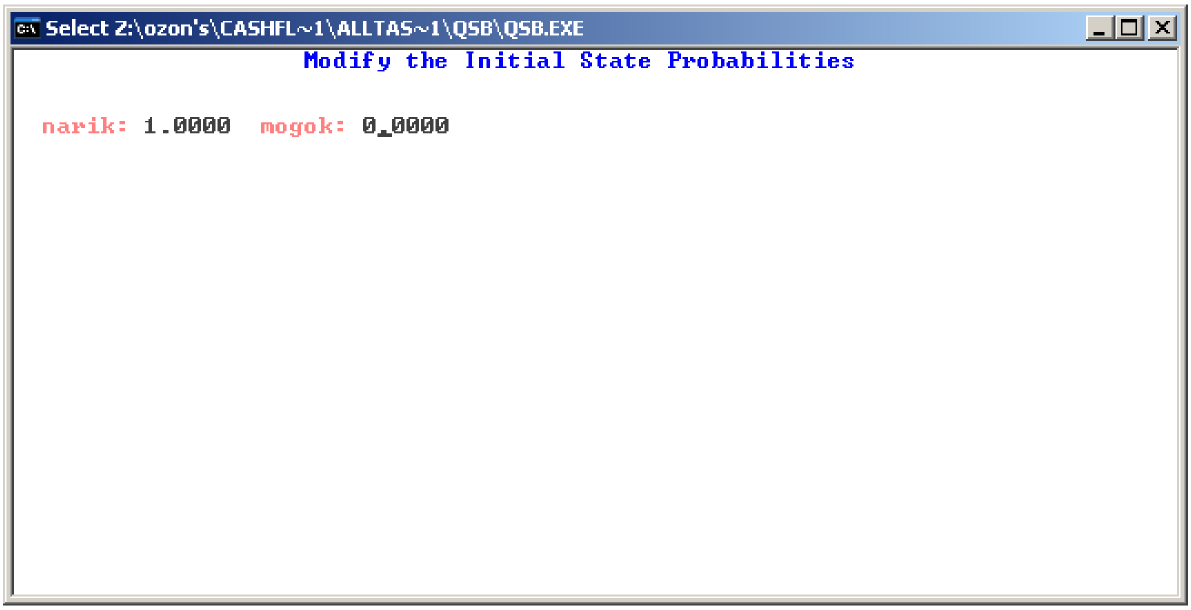
Lalu pilih no.1, enter.



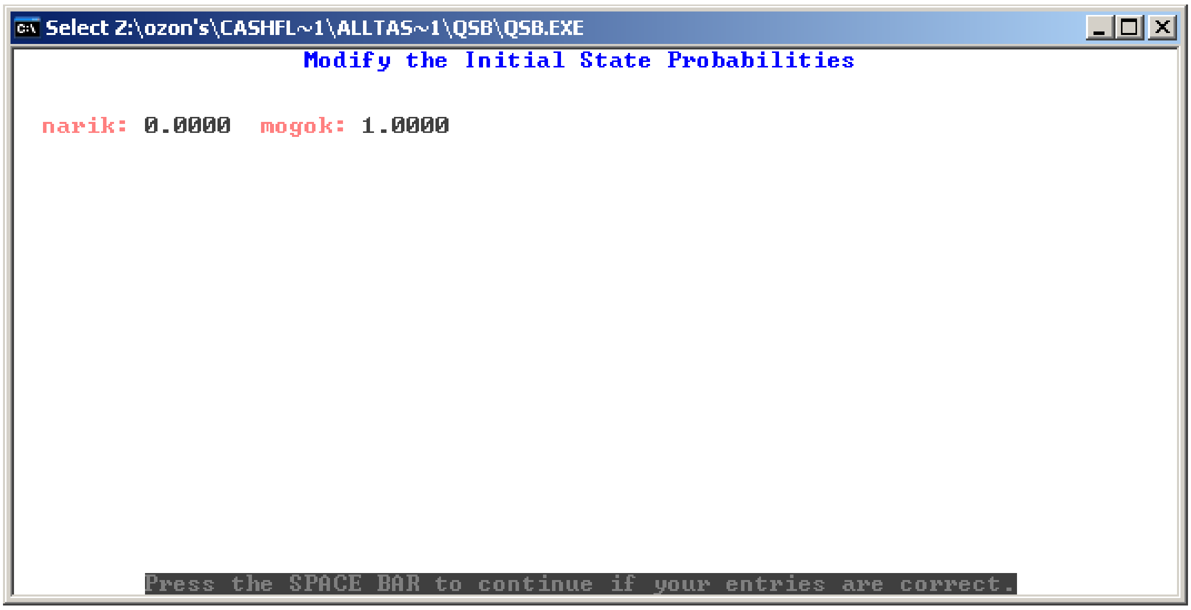
15. Disini anda diminta untuk memasukkan nama baru untuk masalahnya, tekan enter. (bias di isi bebas)



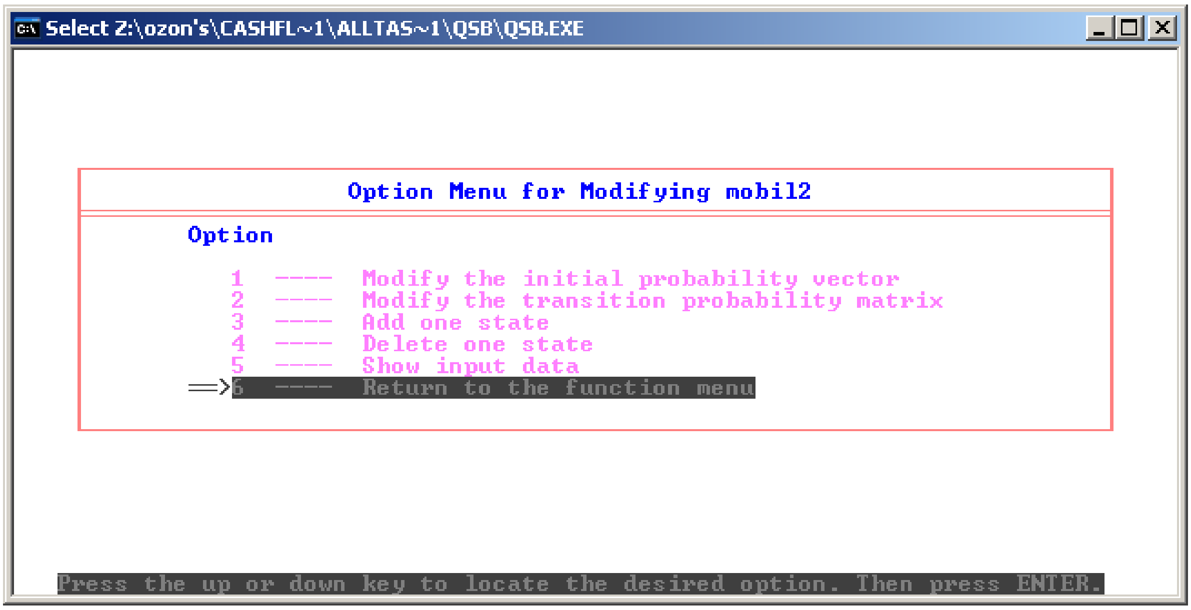
16. Akan muncul tampilan seperti di bawah. Ini adalah probabilitas vector jika hari pertama narik.



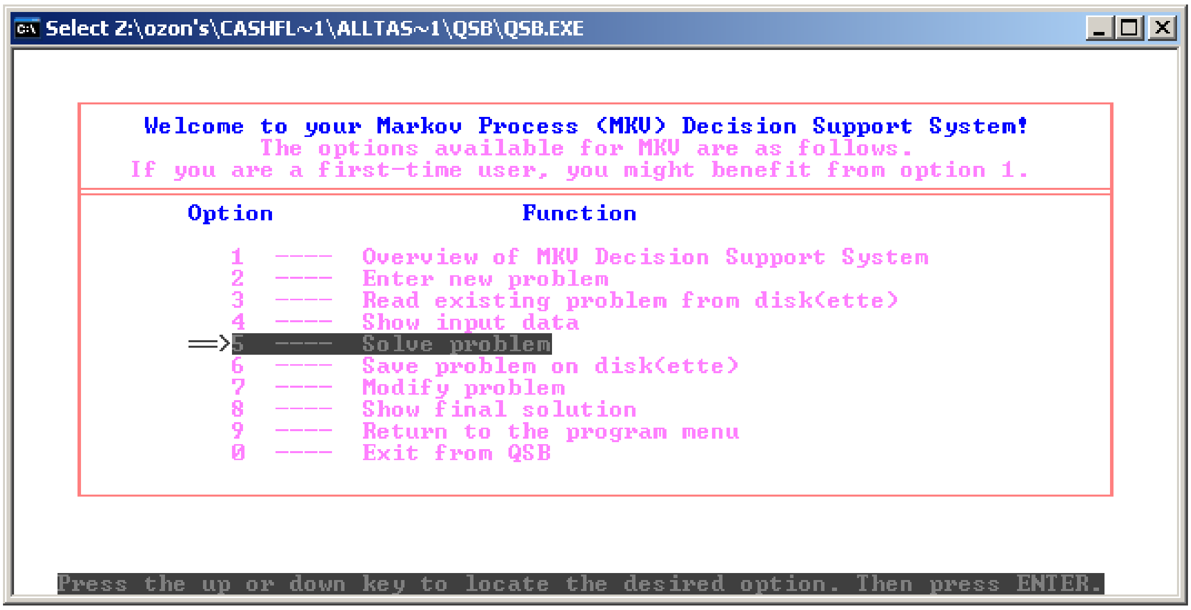
17. Karena kita ingin mengganti dengan probabilitas jika hari pertama mogok, maka harus di ganti menjadi seperti di bawah ini.



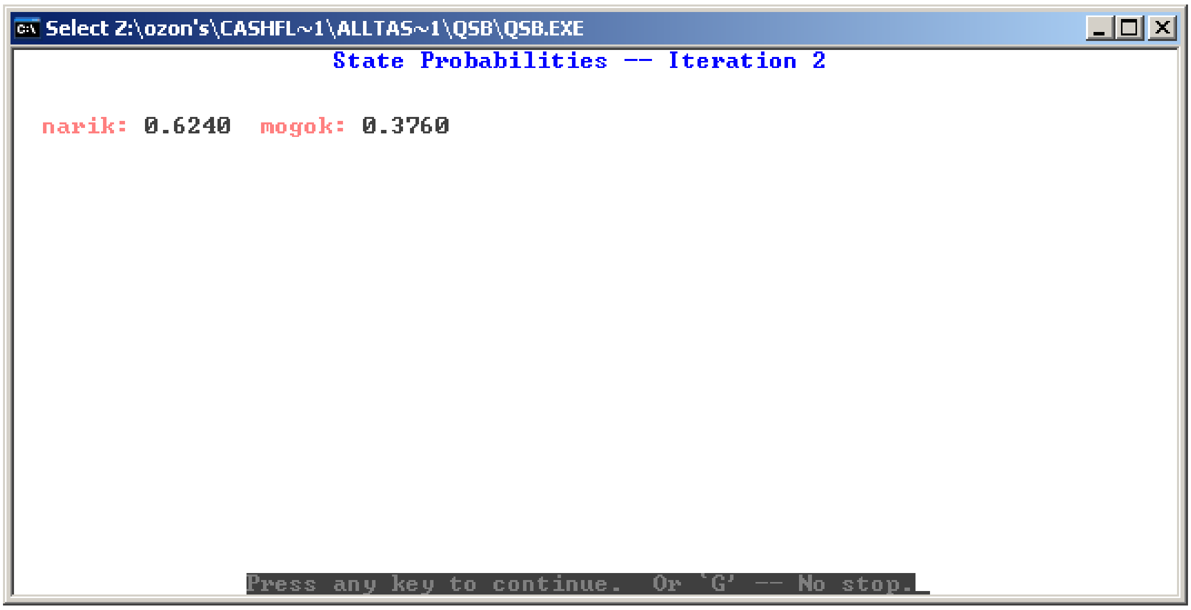
Setelah itu, kembali ke function menu dengan memilih no. 6, tekan enter.



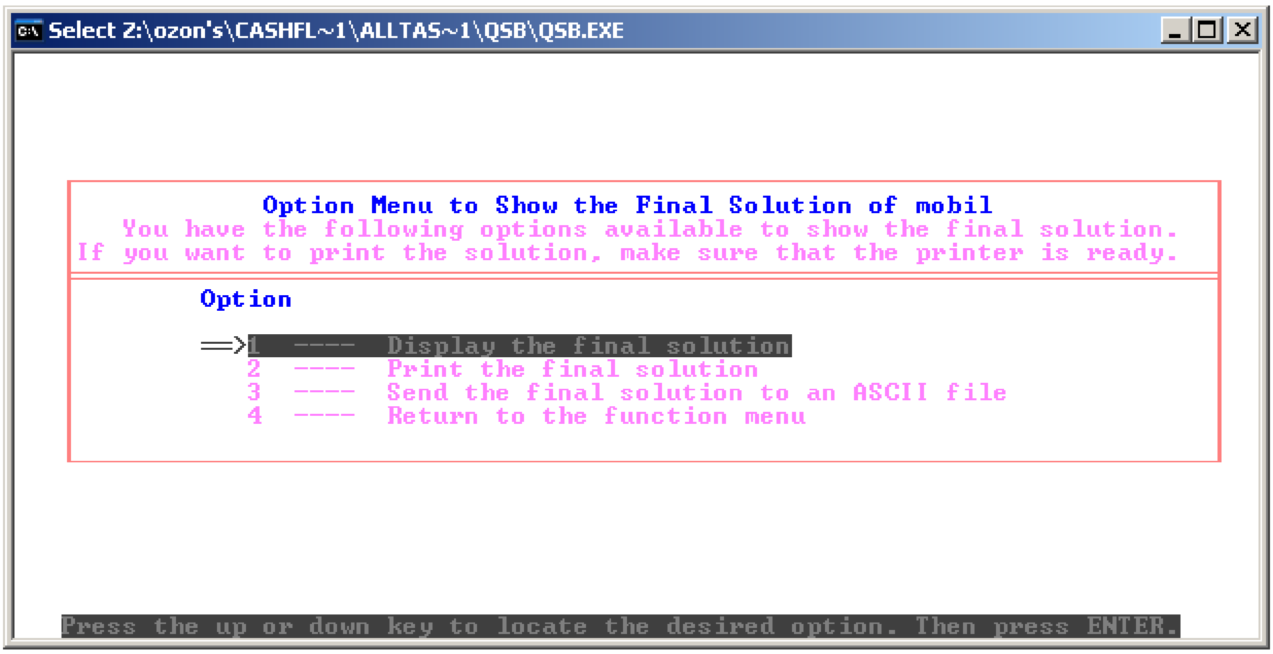
19. Ulangi langkah 8 dan 9.



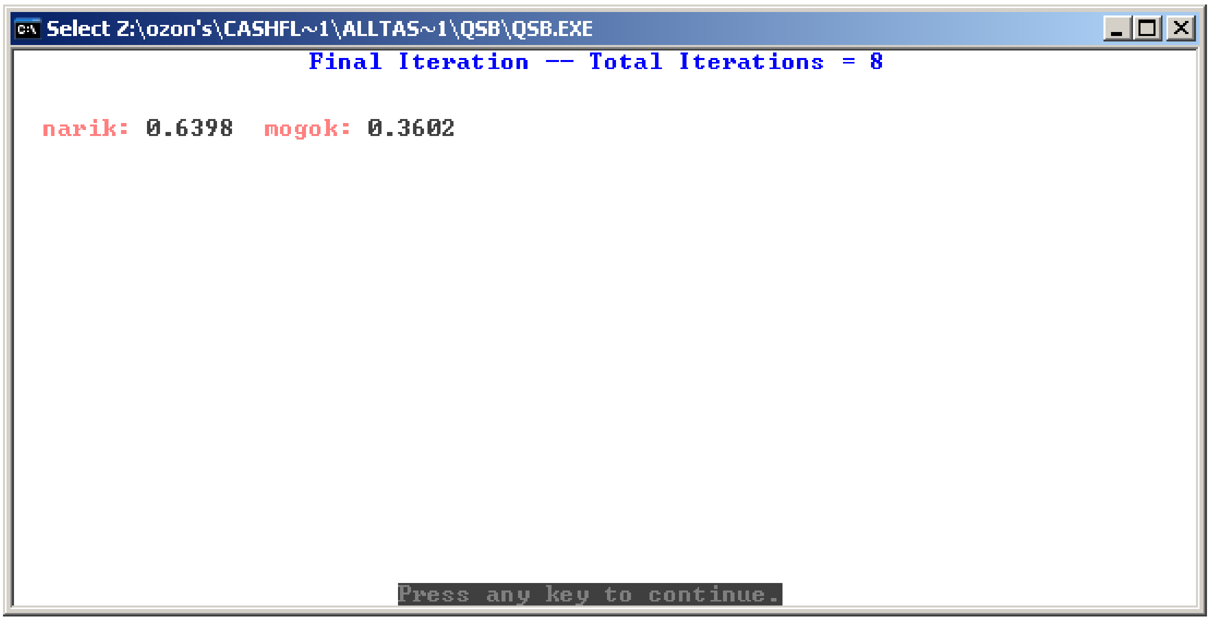
. Ulangi langkah 10 dan 11. (ini adalah jawaban d dan e)



21. Jika ingin melihat probabilitas stedy state, di enter terus sampai muncul tampilan seperti ini. Lalu pilih no. 1 dan tekan enter



22. Maka akan terlihat probabilitas ketika keadaan stedy state



P5.3 Daftar Pustaka

Abdurachman Edi, Konsep Dasar Markov Chain serta kemungkinan penerapannya di Bidang Pertanian, *Journal Inform atika Pertanian Volume 8*, Desember 1999

Djan, Ismulyana. dan Ruvendi, Ramlan. 2006. Prediksi perpindahan merek handphone di kalangan mahasiswa. Jurnal Ilmiah Binaniaga. Vol. 2 (1)

http://fajarbax89.blogspot.com/2009/10/sejarah-penggunan-markov-chain.html. Diakses tanggal 23 Februari 2012.

http://rachmadresmi.blogspot.com/2009/12/proses-stokastik.html. Diakses tanggal 23 Februari 2012.

Rambe, A. Jabbar M. 2005. Teknik Analisa Rantai Markov dalam Analisa Posisi dan Perpindahan Fungsi Produk Sejenis. Jurnal Sistem Teknik Industri. Vol. 6 (5): hal. 1-4.

Pertemuan 6

TEORI PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Objektif:

1. Mahasiswa dapat mencari penyelesaian masalah dengan model keputusan dalam kepastian
2. Mahasiswa dapat mencari penyelesaian masalah dengan model keputusan dengan resiko

P6.1 Pengantar

Dalam Dunia bisnis para manajer sering dipaksa untuk mengambil berbagai keputusan tanpa tersedianya informasi yang sempurna, keakurasian dan varibilitas informasi yang diterima oleh para manajer pada hakikatnya di klasifikasikan menjadi tiga, yaitu : Kepastian, Resiko, dan Ketidakpastian.

Model keputusan dalam kepastian **(certainty)** menggambarkan informasi yang menunjukkan bahwa setiap rangkaian (kegiatan) mempunyai suatu hasil (pay off) tertentu tunggal. Dalam hal ini tidak ada keacakan pada hasil keputusan-keputusan dengan kondisi kepastian atau dengan kata lain semua informasi dianggap pasti. Misalnya kita akan menyelesaikan masalah kombinasi dengan linear programming, maka besarnya kontribusi marginal tiap produk serta tersedianya sumber daya yang dibutuhkan untuk memproduksi produk tersebut dapat diketahui dengan pasti. Model seperti ini disebut model deterministik.

Model keputusan dengan resiko menggambarkan informasi yang mengidentifikasi bahwa setiap rangkaian keputusan mempunyai sejumlah kemungkinan hasil dan probabilitas terjadinya. Model resiko seperti ini disebut model stokastik.

Model keputusan ketidakpastian menggambarkan informasi yang menunjukkan, semua atau beberapa hasil dari berbagai keputusan yang berbeda, tetapi probabilitas terjadinya tersebut tidak dapat ditentukan.

A. Pengertian Pengambilan Keputusan

- Secara umum pengambilan keputusan adalah upaya untuk menyelesaikan masalah dengan memilih alternatif solusi yang ada.
- Sebagai seni, pengambilan keputusan adalah proses mengambil keputusan pada situasi dan kondisi yang berbeda (karena adanya keragaman yang bersifat unik).
- Sebagai ilmu, pengambilan keputusan adalah suatu aktivitas yang memiliki metode, cara, dan pendekatan tertentu secara sistematis, teratur dan terarah.

Inti pengambilan keputusan:

- Berarti memilih alternatif, yaitu alternatif yang terbaik (*the best alternative*).
- Terletak dalam perumusan berbagai alternatif tindakan sesuai dengan yang sedang dalam perhatian & dalam pemilihan alternatif yang tepat, setelah suatu evaluasi / penilaian mengenai efektifitasnya dalam mencapai tujuan yg dikehendaki pengambil keputusan.

B. Tipe Keputusan

Ada 2 tipe pengambilan keputusan, yaitu :

1. **Programmed Decision**

   Prosedur khusus yang dikembangkan menangani untuk masalah yang rutin dan berulang-ulang. Contoh sistem gaji karyawan dan pemesanan persediaan.

2. **Nonprogrammed Decision**

   Keputusan yang bersifat baru dan tidak terstruktur, diperlukan pada situasi permasalahan yang unik dan komplek. Contoh diversifikasi produk dan pembangunan fasilitas baru.

Perbedaan antara 2 tipe keputusan tersebut :

TERSTRUKTUR :	TIDAK TERSTRUKTUR:
❑ Karakteristik rutinitas, berulang ulang ❑ Korelasi antar variabel terlihat jelas ❑ Teknik pengambilan keputusan berdasarkan kebiasaan , tradisi, rutinitas ❑ Tingkat resiko rendah ❑ Sifat peristiwa mudah diramalkan ❑ Nilai keputusan mendekati akurat ❑ Pandangan yang dianut rational ❑ Ada SOP	❑ Baru, tidak berulang, jarang terjadi ❑ Sulit dicari hubungannya ❑ Kreativitas, inovasi, intuisi ❑ Resiko tinggi,besar ❑ Sulit diramalkan ❑ Sulit dinilai dengan pasti ❑ Cenderung bounded rationality ❑ Tidak ada SOP

C. Konsep - konsep Dasar TPK

1. Keadaan dasar, sekumpulan peristiwa atau kejadian acak yang mungkin mempengaruhi hasil keputusan.
2. Probabilitas, suatu probabilitas yang berkaitan dengan keadaan dasar
3. Keputusan, sekumpulan kegiatan yang mungkin diambil oleh pengambil keputusan
4. Payoff, sekumpulan laba atau biaya yang mungkin dihasilkan akibat dari kombinasi keputusan dan keadaan pasar yang acak.

<u>Keputusan Dalam Uncertainty (Ketidakpastian)</u>

Pengambilan keputusan dalam ketidakpastian menunjukkan suasana keputusan dimana probabilitas hasil-hasil potensial tidak diketahui (tak diperkirakan). Dalam suasana ketidakpastian pengambil keputusan sadar akan hasil-hasil alternatif dalam bermacam-macam peristiwa, namun pengambil keputusan tidak dapat menetapkan probabilitas peristiwa.

Kriteria-kriteria yang digunakan dalam kondisi ini adalah:

1. Kriteria MAXIMIN / WALD (Abraham Wald)

Kriteria untuk memilih keputusan yang mencerminkan nilai maksimum dari hasil yang minimum.

Asumsi: pengambil keputusan adalah pesimistik /konservatif/risk avoider tentang masa depan

Kelemahan: tidak memanfaatkan seluruh informasi yang ada, yang merupakan ciri pengambil keputusan modern

2. **Kriteria MAXIMAX (Vs MAXIMIN)**

   Krietria untuk memilih alternatif yang merupakan nilai maksimum dari pay off yang maksimum

   Asumsi: pengambil keputusan adalah optimistic, cocok bagi investor yang risk taker

   Kelemahan: mengabaikan banyak informasi yang tersedia

3. **Kriteria MINIMAX REGRET / PENYESALAN (L.J. Savage)**

   Kriteria untuk menghindari penyesalan yang timbul setelah memilih keputusan yang meminimumkan maksimum penyesalan/keputusan yang menghindari kekecewaan terbesar, atau memilih nilai minimum dari regret maksimum, dimana:

Jumlah regret/opportunity loss = Pay off max – pay off alternatif pada peristiwa tertentu

4. **Kriteria LAPLACE / BOBOT YANG SAMA (Equal Likelihood)**

   Asumsi: semua peristiwa mempunyai kemungkinan yang sama untuk terjadi .

   Kriteria untuk memilih keputusan yang mencerminkan nilai maksimum dari hasil yang minimum.

   Asumsi: pengambil keputusan adalah pesimistik /konservatif/risk avoider tentang masa depan

   Kelemahan: tidak memanfaatkan seluruh informasi yang ada, yang merupakan ciri pengambil keputusan modern

<u>Keputusan Dalam Suasana Resiko (Dengan Probabilita)</u>

Tahap-tahap:

1. Diawali dengan mengidentifikasikan bermacam-macam tindakan yang tersedia dan layak.
2. Peristiwa-peristiwa yang mungkin dan probabilitas terjadinya harus dapat diduga.
3. Pay off untuk suatu tindakan dan peristiwa tertentu ditentukan.

Teknik yang digunakan:

a. **Expected Value (Nilai Ekspektasi)**

b. **Expected Regret**

Untuk meminimumkan kerugian yang disebabkan karena pemilihan alternatif keputusan tertentu. Keputusan yang direkomendasikan criteria expected value dan expected regret adalah sama, dan ini bukan suatu kebetulan karena kedua metode ini selalu memberikan hasil yang sama, sehingga cukup salah satu yang dipakai, tergantung tujuannya. Hanya criteria ini sangat tergantung pada perkiraan probabilita yang akurat.

P6.2 Contoh Kasus

Sebuah perusahaan mempunyai dana 200 milyar yang akan digunakan untuk membuka cabang baru yaitu : Jalan A, Jalan B, Jalan C

Dari masalah di atas diasumsikan bahwa pengambil keputusan bersedia menginvestasikan semua dana pada salah satu rencana. Payoff dari ketiga investasi tersebut di dasarkan pada tiga kondisi ekonomi potensial yaitu: Ramai, Biasa, dan Sepi. Berikut adalah matriks payoff pada masalah di atas.

Matriks payoff hasil investasi (dalam jutaan)

Alternative Investasi	**Prospek Ekonomi**		
	Ramai	**Biasa**	**Sepi**
Jalan A	230	180	150
Jalan B	190	200	210
Jalan C	200	200	200

Pertanyaan:

1. Berdasarkan criteria maximin, maximax, minimax dan laplace, investasi mana yang sebaiknya dilakukan.
2. Apabila probabilitas pada kondisi perekonomian itu diketahui yaitu sebesar 0,5 pada kondisi Ramai, 0,3 pada kondisi biasa, dan 0,2 pada kondisi sepi. Berapakah Expected value, dan Expected regret

Jawab :

- **Kriteria Maximin**

  Kita buat matrik payoff minimum terlebih dahulu

Matriks payoff minimum

Alternative Investasi	Payoff terkecil (minimum)
Jalan A	150
Jalan B	190
Jalan C	200

Kriteria maximin adalah memilih keuntungan maksimal dari keuntungan yang minimal, maka dari keuntungan di atas kita memilih Jalan C karena memiliki keuntungan yang paling besar yaitu sebesar 200 juta.

- **Kriteria Maximax**

  Kita buat matriks payoff maksimum terlebih dahulu.

Matriks payoff maksimum

Alternative Investasi	Payoff terbesar (maksimum)
Jalan A	230
Jalan B	
Jalan C	200

Kriteria maximax adalah memilih keuntungan maksimal dari keuntungan yang maksimal, maka dari keuntungan di atas kita memilih Jalan A, karena memiliki keuntungan yang paling maksimal yaitu sebesar 230 juta.

- **Kriteria Minimax (regret):**

  Kita buat matrix regretnya terlebih dahulu.

Matriks Regret

Alternatif Investasi	Prospek Ekonomi		
	Ramai	Biasa	Sepi
Jalan A	0	20	60
Jalan B	40	0	0
Jalan C	30	40	10

Matriks regret tersebut diperoleh dari mengurangkan antara keuntungan yang paling maksimum yang terdapat di dalam kolom matriks payoff dengan keuntungan yang lain, misal pada kolom Ramai 230 - 230 maka akan menghasilkan 0 ; 230 - 190 maka akan menghasilkan 40 ; dan 230 - 200 akan menghasilkan 30. Langkah selanjutnya sama seperti pada kolom Ramai. Pada kolom Biasa dan Sepi pilih keuntungan yang paling maksimum dan kurangkan dengan keuntungan yang lain yang terdapat pada kolom tersebut.

Matriks regret maksimum

Alternative investasi	Regret maksimum
Jalan A	60
Jalan B	40
Jalan C	30

Kriteria minimax atau regret adalah memilih kerugian atau tingkat penyesalan yang minimum dari kerugian atau penyesalan yang maksimum, maka dari hasil regret maksimum diatas kita memilih Jalan C yaitu sebesar 30 juta karena memiliki kerugian yang paling minimum.

- **Kriteria Laplace**

  Pada criteria ini diasumsikan bahwa probabilitas tidak diketahui oleh karena itu probabilitas untuk setiap keuntungan dalam kondisi perekonomian dianggap sama.

  Jalan A : 1/3 (230) + 1/3 (180) + 1/3 (150) = 186.67

  Jalan B : 1/3 (190) + 1/3 (200) + 1/3 (210) = 200

  Jalan C : 1/3 (200) + 1/3 (200) + 1/3 (200) = 200.01

  Dari criteria laplace ini dipilih keuntungan yang paling besar yaitu Jalan C sebesar 200,01 juta.

- **Konsep Keputusan Nilai yang Diharapkan (Expected Value)**

  Pada konsep ini nilai yang diharapkan diperoleh dari penjumlahan dari keuntungan yang sebelumnya dikalikan terlebih dahulu dengan probabilitas dari setiap kondisi.

Rumusnya adalah : $\mathbf{E(x) = \sum_{I=1}^{n} Pi}$

Persamaan matematisnya adalah EPj $= \sum_{I=1}^{n} \mathbf{P(x_i)\ f}\ (x_i, d_j)$

Jawab:

E (Jalan A) = 230 (0,5) + 180 (0,3) + 150 (0,2) = 199

E (Jalan B) = 190 (0,5) + 200 (0,3) + 210 (0,2) = 197

E (Jalan C) = 200 (0,5) + 200 (0,3) + 200 (0,2) = 200

Dari hasil diatas maka pengambil keputusan sebaiknya memilih investasi pada Jalan C karena memiliki expected value yang paling besar yaitu sebesar **200**

- **Konsep Expected Regret**

  Pada konsep ini diperoleh hasil dengan menjumlahkan hasil perkalian antara matriks regret dengan probabilitas yang ada pada kondisi suatu masalah

  Ex. regret Jalan A = 0 (0,5) + 20 (0,3) + 60 (0,2) = 18

  Ex. regret Jalan B = 40 (0,5) + 0 (0,3) + 0 (0,2) = 20

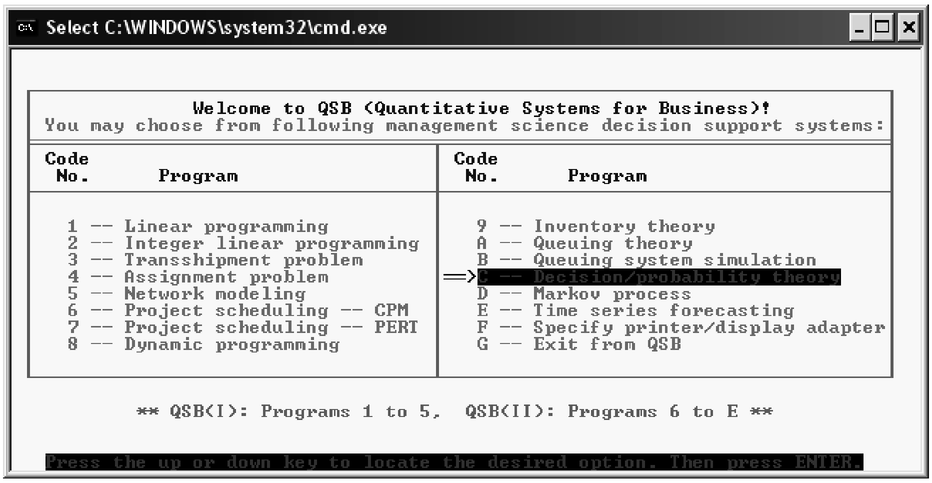
  Ex. regret Jalan C = 30 (0,5) + 0 (0,3) + 10 (0,2) = 17

  Dari hasil diatas maka pengambil keputusan sebaiknya memilih investasi pada Jalan C karena memiliki expected regret yang paling kecil yaitu 17.

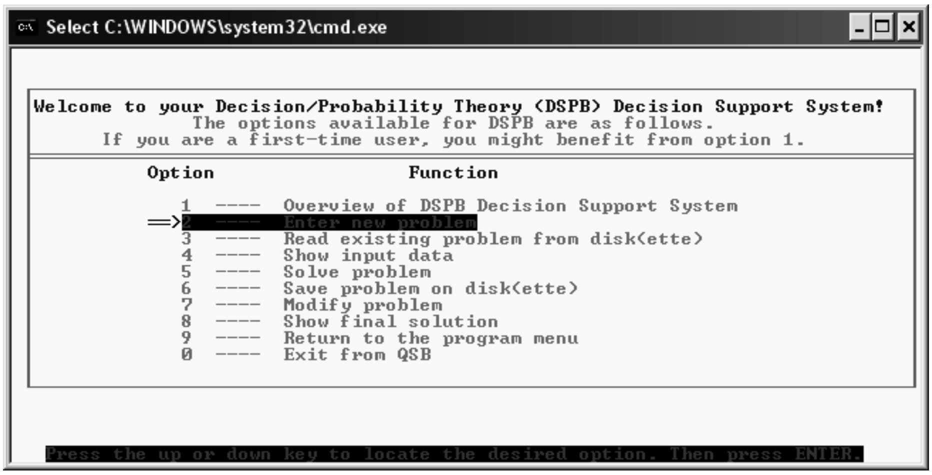
Catatan yang perlu diingat bahwa expected value dan expected regret menghasilkan kesimpulan atau keputusan yang sama.

P 6. 3 Aplikasi Software QSB

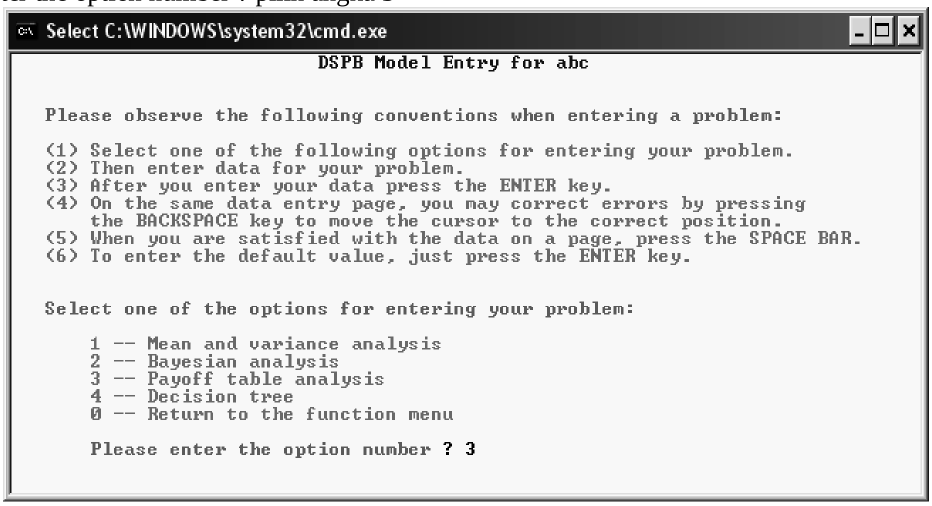
1. Pilih decision / probability theory



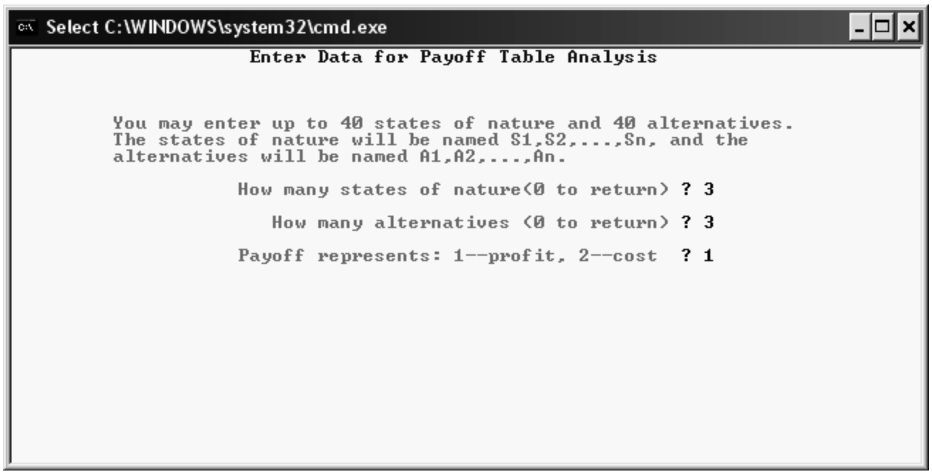
2. Enter new problem, masukan nama
3. Tekan enter



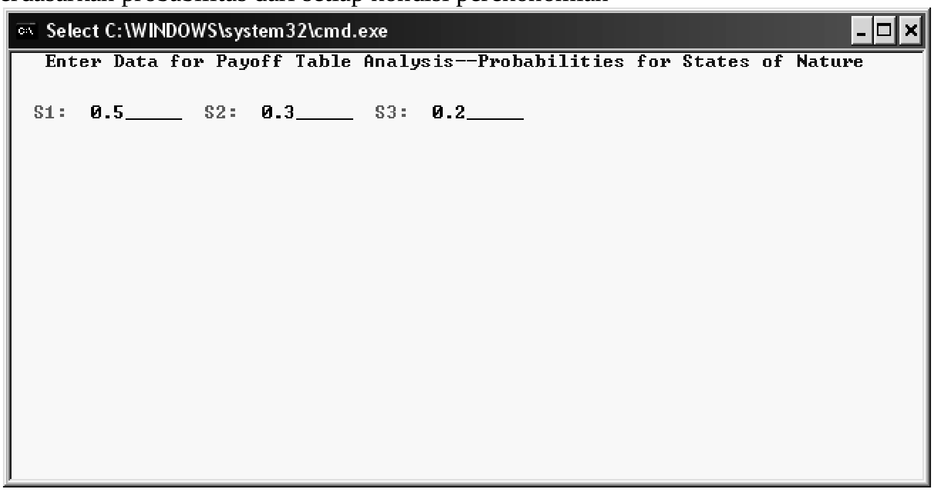
4. Please enter the option number ? pilih angka 3



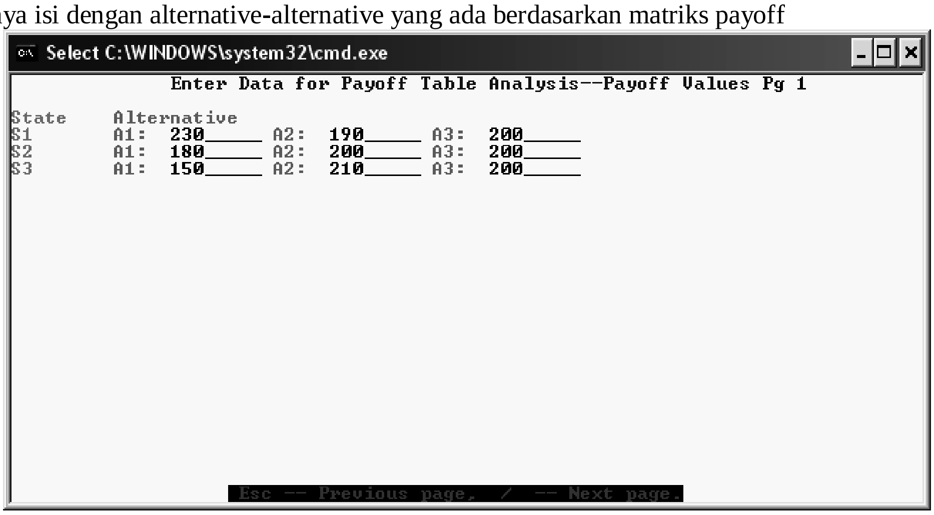
5. How many states of nature (berdasarkan prospek ekonomi yang ada) = 3
6. How many alternatives (berdasarkan alternative investasi) = 3
7. Payoff represents = pilih profit



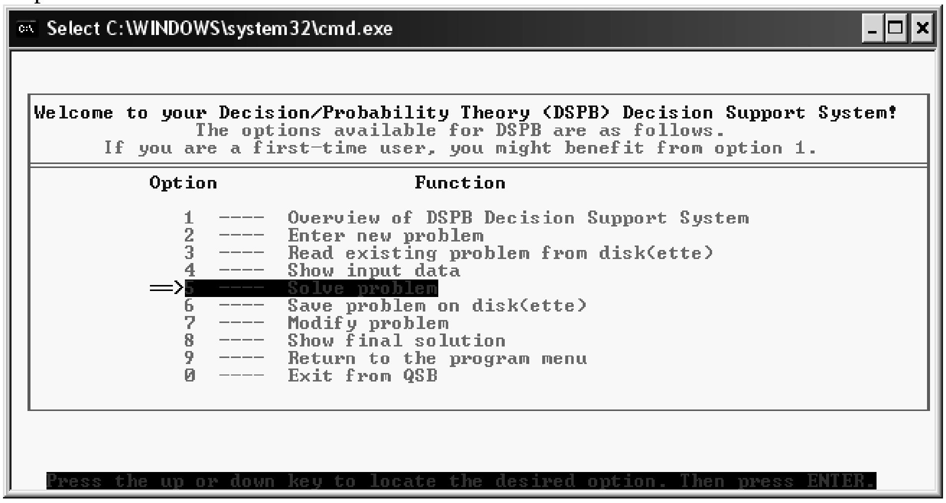
8. Isi data berdasarkan probabilitas dari setiap kondisi perekonomian



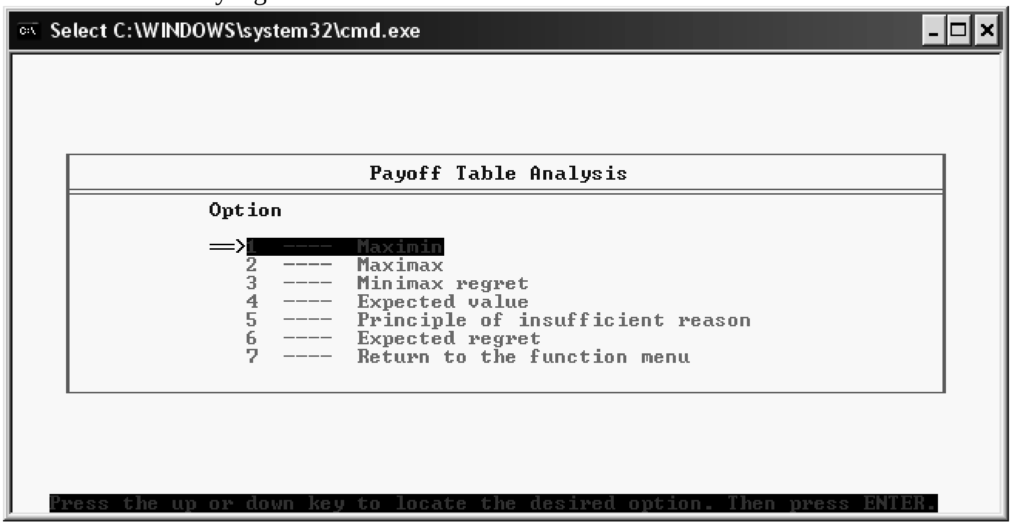
9. Selanjutnya isi dengan alternative-alternative yang ada berdasarkan matriks payoff



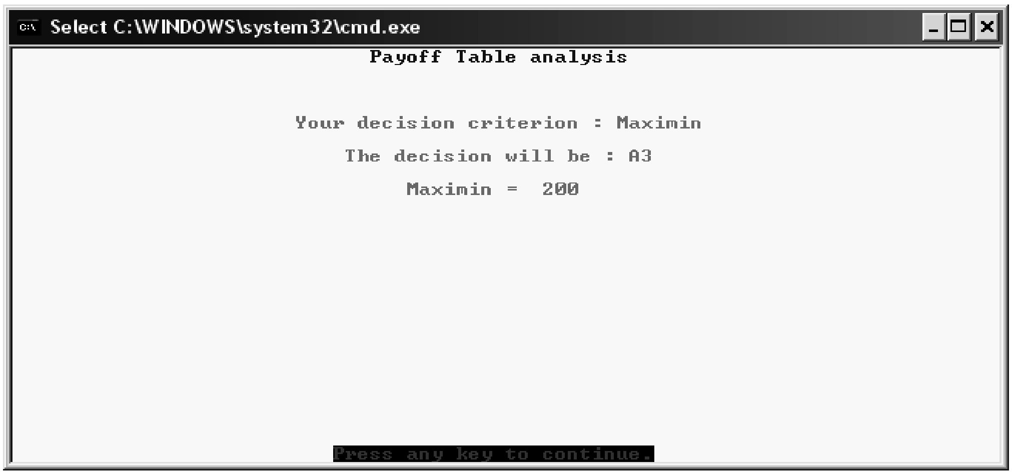
10. Pilih solve problem



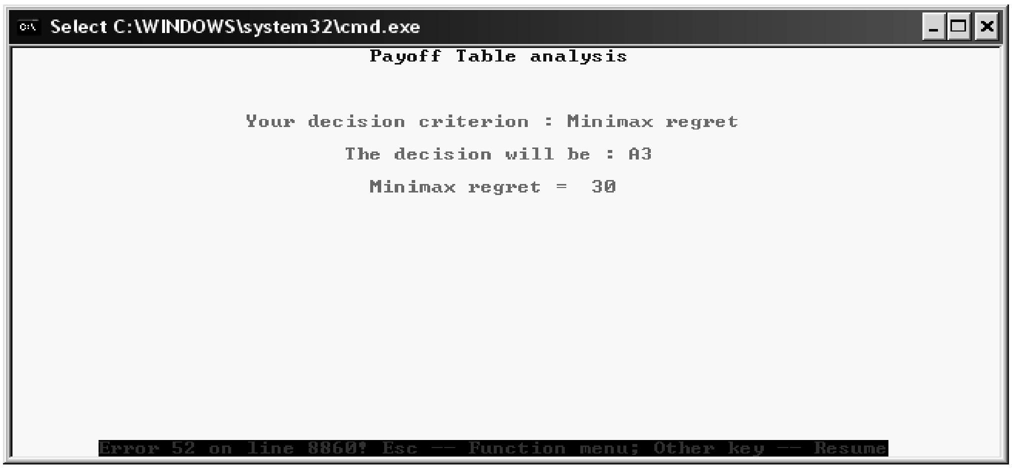
11. Pilih berdasarkan criteria yang ada



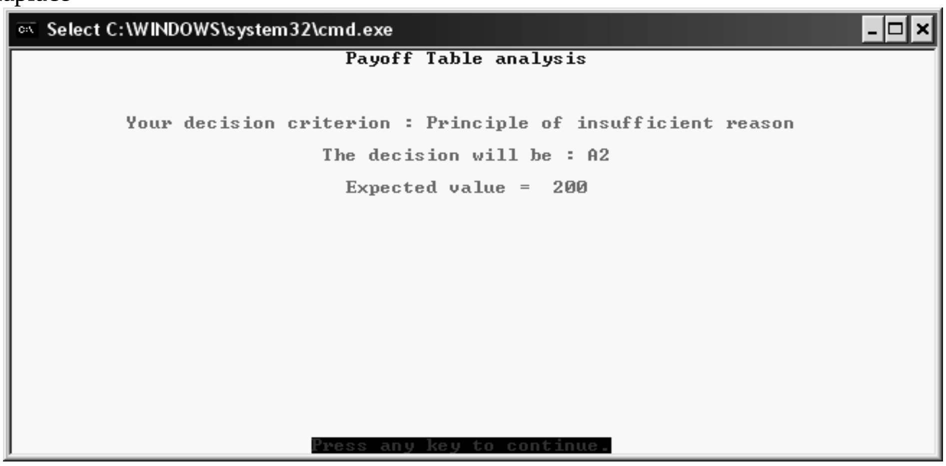
12. Output maximin



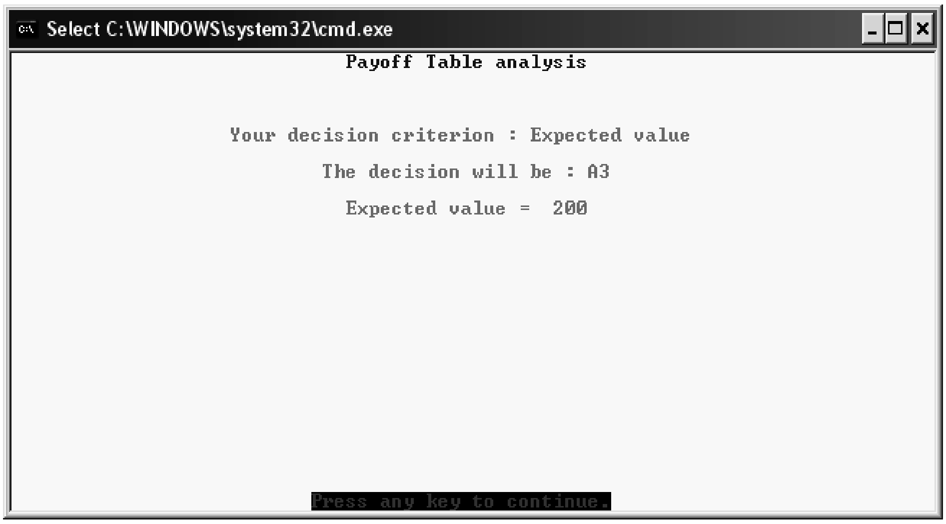
13. Output minimax regret



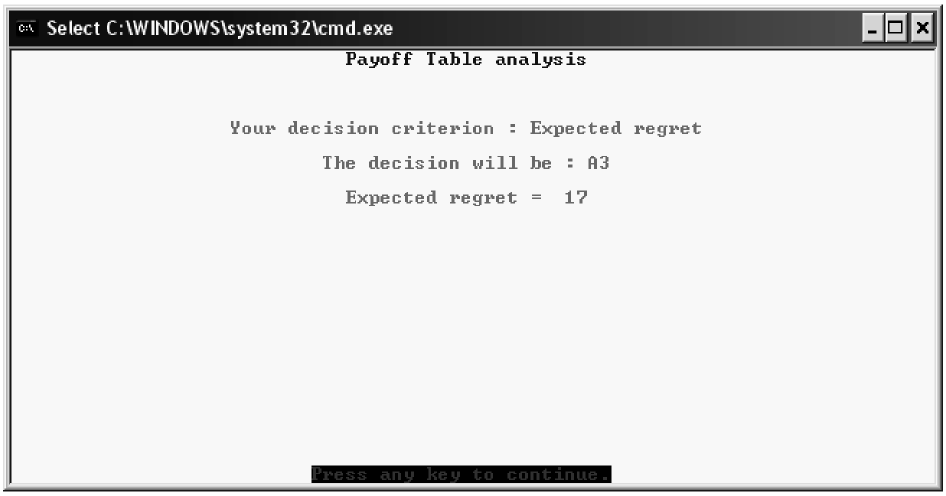
14. Output laplace



15. Output expected value



16. Output expected regret



P6.4 Daftar Pustaka

http://mm.ustjogja.ac.id/download/HANDOUT7. Diakses tanggal 23 Februari 2012.

http://klana.files.wordpress.com/2007/06/teori-pengambilan-keputusan. Diakses tanggal 25 Februari 2012.

http://repository.binus.ac.id/content/D0114/D011468169. Diakses tanggal 23 Februari 2012.

Ir. M. Iqbal Hasan, M.M. 2002. Pengantar Bisnis. Cetakan Pertama. Ghalia Indonesia Yogyakarta.

Ir. M. Iqbal Hasan, M.M. 2002. *POKOK-POKOK MATERI TEORI PENGAMBILAN KEPUTUSAN*. Cetakan Pertama. Ghalia Indonesia Yogyakarta

Pertemuan 7

GAME THEORY / TEORI PERMAINAN

Objektif:

1. Mahasiswa dapat merumuskan masalah dalam *game theory /* teori permainan
2. Mahasiswa dapat mencari penyelesaian masalah dalam proses pengambilan keputusan dari situasi persaingan yang berbeda

P7.1 Pendahuluan

A. Sejarah *Game Theory* / Teori Permainan

Sejarah teori permainan dimulai dari diskusi awal contoh permainan dua orang yang terjadi jauh sebelum munculnya teori permainan matematika modern. Pembahasan pertama yang diketahui dari teori permainan terjadi dalam surat yang ditulis oleh *James Waldegrave* pada tahun 1713. Lalu seorang ahli matematika Perancis yang bernama Emile Borel pada tahun 1921 membuktikan teorema minimax untuk dua orang *zero-sum game* matriks hanya jika matriks *pay-off* adalah simetris.

Namun yang paling terkenal adalah teori permainan modern yang dimulai dengan ide tentang adanya campuran strategi keseimbangan oleh *John von Neumann*. Kemudian ide *Von Neumann* ini digunakan sebagai landasan teorema *Brouwer* yang menjadi metode standar dalam teori permainan dan ekonomi matematika. Makalahnya diikuti dengan dikeluarkannya buku tentang Teori Permainan dan Perilaku Ekonomi pada tahun 1944, dengan *Oskar Morgenstern*, yang dianggap permainan kooperasi dari beberapa pemain. Edisi kedua dari buku ini memberikan teori aksiomatis dari utilitas yang diharapkan, yang memungkinkan ahli statistik matematika dan ekonom untuk mengobati pengambilan keputusan di bawah ketidakpastian.

Pada tahun 1950, pembahasan pertama dari dilema narapidana muncul, dan percobaan dilakukan pada teori permainan ini di perusahaan RAND. Sekitar waktu yang sama, *John Nash* mengembangkan kriteria untuk konsistensi saling strategi pemain, yang dikenal sebagai kesetimbangan *Nash*, berlaku untuk lebih banyak jenis permainan dari kriteria yang diusulkan oleh *Von Neumann* dan *Morgenstern*. Keseimbangan ini cukup umum untuk memungkinkan analisis permainan non-kooperatif di samping yang kooperatif.

Teori permainan mengalami perkembangan yang pesat pada tahun 1950, selama periode ini, konsep-konsep inti, permainan bentuk yang luas, bermain fiktif, permainan berulang, dan nilai *Shapley* dikembangkan. Selain itu, aplikasi pertama dari teori permainan ke filsafat dan ilmu politik terjadi dalam periode ini. Pada tahun 1965, *Reinhard Selten* memperkenalkan konsep solusi dari kesetimbangan *subgame* sempurna, yang merupakan pengembangan dari kesetimbangan *Nash*. Pada tahun 1967, *John Harsanyi* mengembangkan konsep informasi yang lengkap dan permainan *Bayes*. *Nash*, *Selten* dan *Harsanyi* menjadi pemenang hadiah Nobel Ekonomi pada tahun 1994 atas kontribusi mereka pada teori permainan ekonomi.

Pada 1970-an, teori permainan secara luas diterapkan dalam biologi, sebagian besar sebagai hasil karya *John Maynard Smith* dan strateginya evolusi stabil (yang dianugerahi Penghargaan Crafoord). Pada tahun 2005, teori permainan*Thomas Schelling* dan *Robert Aumann* mengikuti *Nash*, *Selten* dan *Harsanyi* sebagai pemenang hadiah Nobel. *Schelling* bekerja pada model dinamis, contoh-contoh awal dari teori permainan evolusi. *Aumann* memberikan kontribusi keseimbangan sekolah, memperkenalkan keseimbangan pengkasaran, keseimbangan berkorelasi, dan mengembangkan analisis formal yang tinggi dari asumsi pengetahuan umum dan konsekuensinya. Lalu pada tahun 2007, *Leonid Hurwicz*, bersama dengan *Eric Maskin* dan *Roger Myerson*, dianugerahi Hadiah Nobel di bidang Ekonomi karena telah meletakkan dasar-dasar teori mekanisme .

B. Pengertian *Game Theory* / Teori Permainan

Menurut ***John von Neumann dan Oskar Morgenstern*** permainan terdiri atas sekumpulan peraturan yang membangun situasi bersaing dari dua sampai beberapa orang atau kelompok dengan memilih strategi yang dibangun untuk memaksimalkan kemenangan sendiri atau pun untuk meminimalkan kemenangan lawan. Peraturan-peraturan menentukan kemungkinan tindakan untuk setiap pemain, sejumlah keterangan diterima setiap pemain sebagai kemajuan bermain, dan sejumlah kemenangan atau kekalahan dalam berbagai situasi.

Sedangkan **Kartono** menjelaskan bahwa teori permainan (*Game Theory*) merupakan teori yang menggunakan pendekatan matematis dalam merumuskan situasi persaingan dan konflik antara berbagai kepentingan. Teori ini dikembangkan untk menganalisa proses pengambilan keputusan yaitu strategi optimum dari situasi-situasi persaingan yang berbeda-beda dan melibatkan dua atau lebih kepentingan.

Secara umum teori permainan dapat didefinisikan sebagai **sebuah pendekatan terhadap kemungkinan strategi yang akan dipakai, yang disusun secara matematis agar bisa diterima secara logis dan rasional. Serta digunakan untuk mencari strategi terbaik dalam suatu aktivitas, dimana setiap pemain didalamnya sama-sama mencapai utilitas tertinggi.**

Ide dasar dari teori permainan dalah tingkah laku strategis dari pemain atau pengambil keputusan. Setiap pemain diasumsikan mempunyai suatu seri rencana atau model tingkah laku dari mana pemain dapat memilih, jika memilih suatu himpunan strategi. Permainan diartikan sebagai gerakan khusus yang harus dipilih dari himpunan strategi yang ada. Anggapannya bahwa setiap pemain mempunyai kemampuan untuk mengambil keputusan secara bebas dan rasional.

Teori ini menyediakan suatu bahasa untuk memformulasikan, menstrukturkan, menganalisa dan mengerti skenario strategi serta digunakan untuk pemilihan strategi. Langkah pertama dalam menggunakan teori permainan adalah menentukan secara eksplisit pemain, strategi-strategi yang ada dan juga menentukan preferensi serta reaksi dari setiap pemain.

C. Ketentuan Umum Dan Model Teori Permainan

Ketentuan umum dari teori permainan adalah :

1) Setiap pemain bermain rasional, dengan asumsi memiliki intelegensi yang sama, dan tujuan sama, yaitu memaksimumkan payoff, dengan kriteria maksimin dan minimaks.
2) Minimal terdiri dari 2 pemain, keuntungan bagi salah satu pemain merupakan kerugian bagi pemain lain.
3) Tabel yang disusun menunjukkan keuntungan pemain baris, dan kerugian pemain kolom.
4) Permainan dikatakan adil jika hasil akhir menghasilkan nilai nol (0), tidak ada yang menang/kalah.
5) Tujuan dari teori permainan ini adalah mengidentifikasi strategi yang paling optimal

Model teori permainan dapat diklasifikasikan dengan sejumlah cara seperti jumlah pemain, jumlah keuntungan dan kerugian serta jumlah strategi yang digunakan dalam permainan. Contoh bila jumlah pemain adalah dua, pemain disebut sebagai permainan dua-pemain. Jika jumlah keuntungan dan kerugian adalah nol, disebut permainan jumlah nol (zero-sum game) atau jumlah konstan. Sebaliknya bila tidak sama dengan nol, permainan disebut permainan bukan jumlah nol (*non zero – sum game*).

D. Unsur-Unsur Dalam Teori Permainan

Berikut ini akan diuraikan beberapa unsur atau elemen dasar yang penting dalam penyelesaian dari setiap kasus dengan teori permainan dengan mengambil permainan dua pemain jumlah nol.

Tabel Permainan Dua Pemain Jumlah Nol

Pemain A	Pemain B		
	B_1	B_2	B_3
A_1	1	9	2
A_2	8	5	4

Dari tabel diatas dapat diuraikan unsur-unsur dasar teori permainan :

1. Angka-angka dalam matriks payoff, atau biasa disebut matriks permainan, menunjukkan hasil-hasil dari strategi-strategi permainan yang berbeda-beda. Hasil-hasil ini dinyatakan dalam suatu bentuk ukutan efektivitas, seperti uang, persentase market share. Dalam permainan dua pemain jumlah nol, bilangan-bilangan positif menunjukkan keuntungan bagi pemain baris (maximizing player), dan merupakan kerugian bagi pemain kolom (maximizing player). Sebagai contoh, bila pemain A mempergunakan strategi A_1 dan pemain B memilih strategi B_2 , maka hasilnya A memperoleh keuntungan 9 dan B kerugian 9. Anggapannya bahwa matriks payoff diketahui oleh kedua pemain.
2. Suatu *strategi permainan* adalah rangkaian kegiatan atau rencana yang menyeluruh dari seorang pemain, sebagai reaksi atas aksi yang mungkin dilakukan oleh pemain lain yang menjadi pesaingnya. Dalam hal ini dianggap bahwa suatu strategi tidak dapat dirusak oleh para pesaing atau faktor lain. Dalam tabel di atas pemain A mempunyai 2 strategi yaitu A_1 dan A_2 dan pemain B mempunyai 3 strategi yaitu (B_1, B_2, B_3
3. *Aturan-aturan permainan* menggambarkan kerangka dengan mana para pemain memilih strategi mereka. Sebagai contoh, dipakai anggapan bahwa para pemain harus memilih strategi-strategi mereka secara simultan dan bahwa permainan adalah berulang.
4. *Nilai permainan* adalah hasil yang diperkirakan permainan atau payoff rata-rata dari sepanjang rangkaian permainan, dimana kedua pemain mengikuti atau mempergunakan strategi mereka yang paling baik atau optimal. Suatu permainan dikatakan *"adil" (fair)* apabila nilainya nol, dimana tak ada pemain yang memperoleh keuntungan atau kemenangan. Permainan dikatakan *"tidak adil" (unfair)* apabila nilainya bukan nol.
5. Suatu strategi dikatakan *dominan* bila setiap payoff dalam strategi adalah superior terhadap setiap payoff yang berhubungan dalam suatu strategi alternatif.. Nilai permainan adalah 4. Aturan dominan ini dapat digunakan untuk mengurangi ukuran

matriks payoff dan upaya perhitungan.

6. Suatu *strategi optimal* adalah rangkaian kegiatan, atau rencana yang menyeluruh, yang menyebabkan seorang pemain dalam posisi yang paling menguntungkan tanpa memperhatikan kegiatan-kegiatan para pesaingnya. Pengertian posisi menguntungkan adalah bahwa adanya devisi (penyimpangan) dari strategi optimal, atau rencana optimal, akan menurunkan payoff.
7. Tujuan dari model permainan adalah mengindentifikasikan stratagi atau rencana optimal untuk setiap pemain. Dari contoh diatas, **strategi optimal untuk A adalah A_2, dan B_3 adalah strategi optimal untuk B.**

E. Strategi Dalam Teori Permainan

<u>Permainan Strategi Murni (Pure-Strategy Game) Beserta Contoh Kasus</u>

Dalam permainan strategi murni, strategi optimal untuk setiap pemain adalah dengan menggunakan strategi tunggal. Pemain baris mengidentifikasikan strategi optimalnya melalui aplikasi kriteria maksimin(maximin) dan pemain kolom dengan kriteria minimaks (minimax). Nilai yang dicapai harus merupakan maksimum dari minimaks baris dan minimum dari maksimin kolom, titik ini dikenal sebagai titik pelana (saddle point).

Bila nilai minimaks tidak sama dengan nilai maksimin maka permainan tidak dapat dipecahkan dengan strategi murni harus menggunakan strategi campuran.

Langkah-langkah penyelesaian:

1. Carilah nilai minimum baris dan maksimum kolom.
2. Dari nilai-nilai minimum setiap baris cari nilai maksimalnya atau disebut nilai maksimin. Sedangkan dari nilai maksimum kolom tentukan satu nilai minimal sebagai nilai minimaks.
3. Bila nilai minimaks sama dengan nilai maksimin, berarti strategi yang paling optimal untuk masing-masing pemain telah ditemukan.

Dari contoh soal (dari table sebelumnya), penyelesaian teori permainannya adalah seperti tabel berikut:

Pemain A	Pemain B			Minimum Baris
	B1	B2	B3	
A1	1	9	2	1
A2	6	5	(4)	**4*(maks)**
Maksimum kolom	6	9	**4*(min)**	

Dari hasil tabel diatas nilai maksimin dan minimaks sama, sehingga strategi yang optimal untuk A adalah strategi A2 (baris dimana terdapat nilai maksimin) dan untuk B adalah strategi B3 (strategi dimana terdapat nilai minimaks).

<u>Permainan Strategi Campuran (Mixed-Strategy Game) Beserta Contoh Kasus</u>

Seperti dikatakan sebelumnya bahwa bila nilai maksimin dan minimaks tidak sama. Penyelesaian soal adalah dengan strategi campuran. Untuk memperjelas penjelasan strategi ini digunakan contoh berikut:

Pemain A	Pemain B			Minimum Baris
	B1	B2	B3	
A1	2	5	7	2*(maks)
A2	-1	2	4	-1
A3	6	1	9	1
Maksimum kolom	6	5*(min)	9	

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai maksimin tidak sama dengan nilai minimaks. Dengan menerapkan aturan dominan maka strategi B3 didominasi oleh strategi B2 sehingga kolom B3 dihapuskan. Demikian juga strategi A2 didominasi oleh strategi A1 sehingga baris A2 dihilangkan. Matriks permainan berubah menjadi seperti berikut :

Pemain A	Pemain B		Minimum Baris
	B1	B2	
A1	2	5	2
A2	6	1	1
Maksimum Kolom	6	5	

Karena nilai maksimin tetap tidak sama dengan nilai minimaks maka penyelesaian permainan strategi ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode grafik, metode aljabar matriks, metode analitis atau linear programming. Dibawah ini hanya akan dijelaskan mengenai metode analitis dan linier programming.

- **Metode Analitis**

Dalam pola ini kita menentukan suatu distribusi probabilitas untuk strategi-strategi yang berbeda. Nilai-nilai probabilitas pay off dapat dihitung dengan cara berikut:

**** Untuk pemain A***

Anggap bahwa digunakan strategi A1 dengan probabilitas P, dan untuk strategi A3 probabilitasnya 1-p. Jika strategi yang digunakan oleh B adalah B1 maka keuntungan yang diharapkan A adalah:

$$2p + 6(1 - P) = 6 - 4p$$

Bila B menggunakan strategi B2, maka keuntungan yang diharapkan A adalah:

$$5p + 1(1 - p) = 1 + 4p$$

Strategi optimal untuk A diperoleh dengan menyamakan kedua payoff yang diharapkan, sehingga diperolehnya:

$$6 - 4p = 1 + 4p$$

$$p = 0{,}625$$

Ini berarti pemain A harus menggunakan strategi A1 62,5% dan strategi A3 37,5%.

Keuntungan yang diharapkan pemain A :

$$= 0{,}625\ (\ 2\ ) + 0{,}375\ (\ 6\ )$$

$$= 0{,}625\ (\ 5\ ) + 0{,}375\ (\ 1\ )$$

$$\mathbf{= 3{,}5}$$

**** Untuk pemain B***

Dengan cara yang sama dapat dihitung pay off yang diharapkan untuk pemain B. Probabilitas untuk strategi B1 adalah q dan B2 adalah 1 - q.

maka :

Kerugian B, jika A menggunakan strategi A1 adalah :

$$2q + 5\,(1 - q) = 5 - 3q$$

Kerugian B, jika A menggunakan strategi A3 adalah :

$$6q + 1\,(1 - q) = 1 + 5q$$

Strategi optimal untuk pemain B adalah :

$$5 - 3q = 1 + 5q$$

$$q = 0{,}50$$

Hasil ini berarti pemain B seharusnya menggunakan strategi B1 50% dan strategi B2.

Kerugian yang diharapkan untuk pemain B:

$$= 0{,}50\,(\,2\,) + 0{,}50\,(\,5\,)$$

$$= 0{,}50\,(\,6\,) + 0{,}50\,(\,1\,)$$

$$\mathbf{= 3{,}5}$$

- **Metode Linear Programming**

Metode sebelumnya dalam penggunaan mempunyai ruang lingkup terbatas. Untuk menyelesaikan permainan strategi campuran 3 x 3 atau dimensi yang lebih besar dapat digunakan metode linier programming.

Untuk menerangkan teknik ini digunakan contoh permainan dua pemain jumlah nol dalam tabel di atas. Notasi yang digunakan :

V = nilai permainan

X1 dan X2 = probabilitas pemilihan strategi A1 dan strategi A3

Y1 dan Y2 = probabilitas pemilihan strategi B1 dan strategi B2

Dengan A sebagai maximizing player maka keuntungan yang diharapkan oleh A dalam tanda ketidaksamaan >. Dengan demikian nilai keuntungan yang diharapkan untuk pemain A adalah :

$2X1 + 6X2 \geq V$ (bila pemain B menggunakan strategi B1 seterusnya)

$5X1 + 1X2 \geq V$ (bila pemain B menggunakan strategi B2 seterusnya)

Diketahui bahwa :

$X1 + X2 = 1$ DAN $X1 , X2 \geq 0$

Dengan B sebagai minimazing player maka dapat dinyatakan kerugian yang diharapkan oleh B dalam tanda ketidaksamaan ò.

Dengan demikian nilai kerugian yang diharapkan untuk pemain B adalah :

$2Y1 + 5Y2 \leq V$ (bila pemain A menggunakan strategi A1 seterusnya)

$6Y1 + 1Y2 \leq V$ (bila pemain A menggunakan strategi A3 seteturnya)

Diketahui bahwa :

$Y1 + Y2 = 1$ DAN $Y1 , Y2 \leq 0$

Dengan membagi setiap ketidaksamaan dan persamaan diatas dengan V diperoleh :

*** Untuk pemain A:**

$2X1 + 6X2 \geq 1$

$5X1 + 1X2 \geq 1$

$X1 + X2 = 1/V$

*** Untuk pemain B:**

$2Y1 + 6X2 \leq 1$

$5Y1 + 1Y2 \leq 1$

$Y1 + Y2 = 1/V$

Kemudian dari masalah diatas diselesaikan dengan linear programming.

Rumusan masalah linear programming untuk A adalah :

Min : $X1 + X2$

Batasan-batasan : $2X1 + 6X2 \geq 1$

$5X1 + 1X2 \geq 1$

$X1 , X2 \geq 0$

Rumusan masalah linear programming untuk B adalah :

Maks : $Y1 + Y2$

Batasan-batasan : $2Y1 + 5Y2 \leq 1$

$6Y1 + 1Y2 \leq 1$

$Y1 , Y2 \leq 0$

Dengan menggunakan metode simpleks, nilai permainannya (V) diketahui sebesar 3,5. Dari hasil nilai permainan ini selanjutnya dapat dicari nilai probabilitas dari pemilihan masing-masing strategi sebagai berikut :

$X1 = V . X1$ **$Y1 = V . Y1$**

$X2 = V . X2$ **$Y2 = V . Y2$**

P7.2 Contoh Kasus

Dua buah perusahaan yang kegiatannya memproduksi dan menjual produk sedang bersaing dalam menerapkan strategi periklanan perusahaannya. Perusahaan A dan B, masing-masing mempunyai tiga alternatif strategi. Jumlah konsumen yang dapat ditarik dalam berbagai alternatif dapat dilihat dari tabel berikut:

Strategi	B1	B2	B3
A1	3.000	1900	2.500
A2	2.000	1.500	1.700
A3	2.100	2.200	1.800

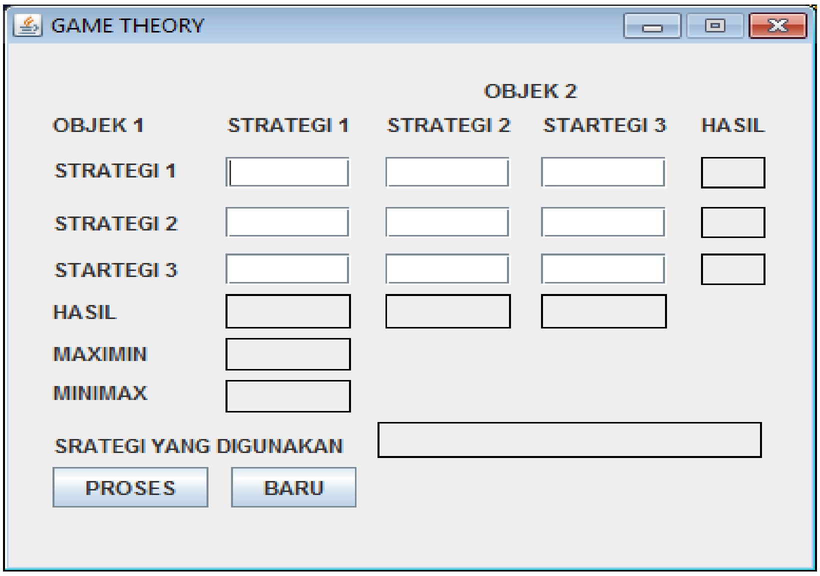
Dengan menggunakan teori permainan, apakah kedua perusahaan menggunakan strategi murni atau campuran. Sebutkan strategi yang digunakan kedua perusahaan dan berapa nilai permainannya.

Selesaikanlah kasus di atas secara manual, kemudian cocokkan dengan output dari PROGRAM GAME THEORY bukan qsb.

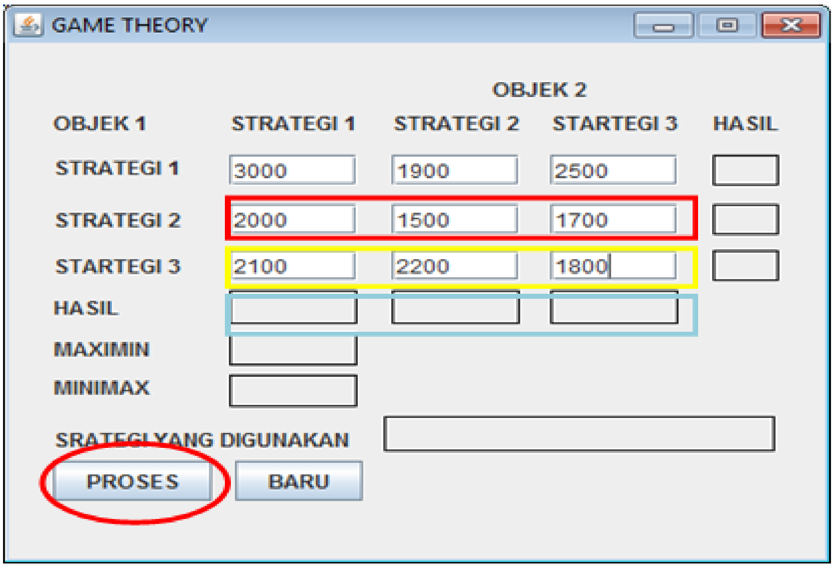
P7.3 Aplikasi Penggunaan Program Game Theory

Langkah-langkah :

1. Pilih program game theory pada desktop
2. Setelah itu maka akan muncul tampilan sebagai berikut

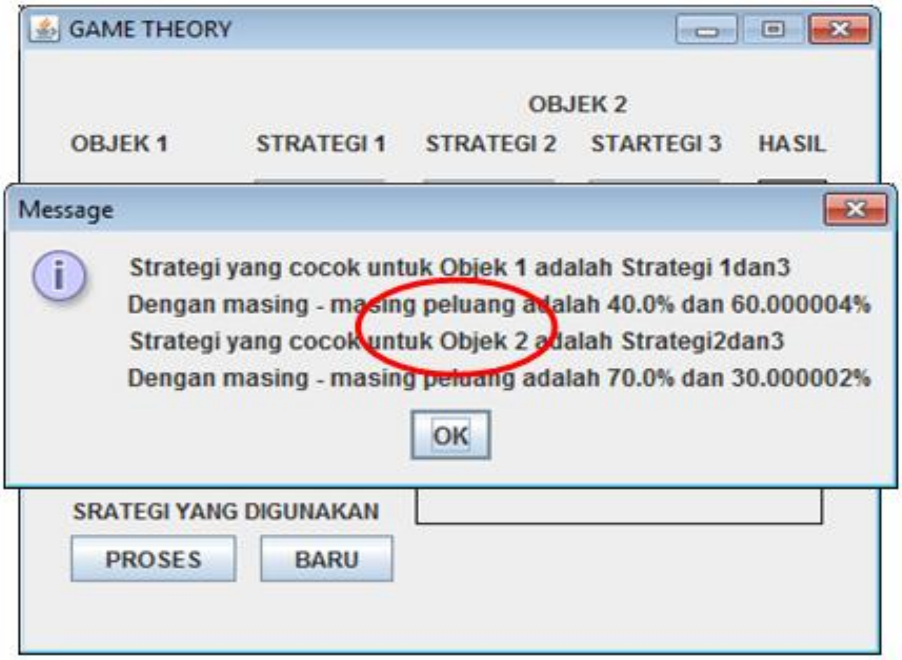


3. Masukkan data-data yang ada di dalam tabel tersebut kedalam aplikasi game theory, lalu tekan tombol proses bila ingin melihat hasilnya.

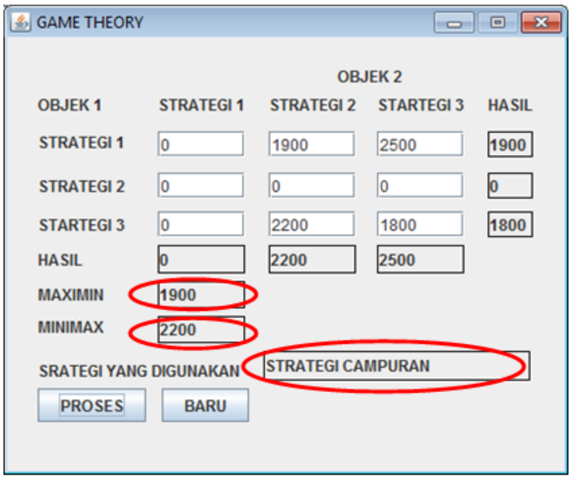


4. Setelah menekan tombol proses maka diketahui hasil yang anda cari yaitu berupa nilai p&q, peluang masing-masing strategi dan strategi yang cocok digunakan di setiap objek .

   Setelah anda mencatat data yang ada,kemudian tekan OK



5. Maka anda didapatkan nilai maximin dan minimax serta jenis strategi yang digunakan dari persoalan diatas .



P7.3 Daftar Pustaka

http://tutorialkuliah.blogspot.com/2009/05/dasar-dasar-teori-permainangame.html. Diakses tanggal 16 Februari 2012.

http://yasinta.net/game-theory-teori-permainan/. Diakses tanggal 17 Februari 2012.

http://en.wikipedia.org/wiki/Game_theory. Diakses tanggal 17 Februari 2012.

http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/22982/3/Chapter%20II.pdf. Diakses tanggal 17 Februari 2012.

J. Von Neumann and O. Morgenstern, Theory of Games and Economic Behavior (3d ed. 1953).

Kartono.1994. *Teori Permainan*. Penerbit Andi Offset : Yogyakarta.

Zulfikarijah. Fien. 2004. *Operational Research*. Bayu Media Publishing: Malang.