

MODUL PRAKTIKUM MANAJEMEN OPERASI



**DISUSUN OLEH:
TIM MANAJEMEN OPERASI**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

MODUL PRAKTIKUM MANAJEMEN OPERASI

PENGANTAR

Modul Praktikum Manajemen Operasi ini secara umum berisi panduan penggunaan *software*, uraian singkat teori/konsep-konsep dan soal-soal latihan yang disesuaikan dengan materi perkuliahan yang telah disampaikan di kelas. *Software* yang digunakan untuk kegiatan praktikum ini adalah POM for Windows version 1.5 (*copyright by Howard J. Weiss, 1998, <http://www.prenhall.com/weiss>*).

Software ini pada dasarnya merupakan sebuah paket yang dapat digunakan untuk membantu menyelesaikan persoalan-persoalan Manajemen Produksi dan Operasi (*Production and Operations Management - POM*), termasuk pula untuk persoalan-persoalan yang dibahas dalam Riset Operasi.

Berbagai persoalan tersebut, dalam *software* ini dikompilasikan dalam beberapa modul khusus (*specific modules*) sebagai berikut, yaitu: *Aggregate Planning, Assembly Line Balancing, Assignment, Breakeven Analysis, Decision Analysis, Forecasting, Inventory, Job Shop Scheduling, Learning Curves, Linear Programming, Location, Lot Sizing, Material Requirements Planning, Operation Layout, Project Management (PERT/CPM), Quality Control, Reliability, Simulation, Transportation, Waiting Lines*.

Untuk dapat memanfaatkan *software* ini secara optimal diperlukan pemahaman konseptual dan kemampuan dalam menyelesaikan soal-soal secara manual. Kedua hal tersebut antara lain dapat diperoleh/dilakukan dalam kegiatan perkuliahan reguler, maupun kegiatan belajar mandiri yang dilakukan mahasiswa. Penyelesaian persoalan secara manual dan pemahaman konseptual diperlukan untuk dapat melakukan analisis data sebagai output yang dihasilkan oleh *software*, sedangkan penyelesaian dengan *software* disatu sisi dapat digunakan untuk mengecek akurasi hasil perhitungan secara manual, dan tentunya juga diharapkan dapat digunakan untuk membantu menyelesaikan persoalan-persoalan produksi dan operasi dalam kondisi yang sesungguhnya.

Dalam kegiatan praktikum ini, materi yang dibahas difokuskan pada beberapa hal sebagai berikut, yaitu: peramalan (*forecasting*), persediaan (*inventory*), dan penjadwalan proyek/manajemen proyek (*project management – PERT/CPM*). Pemilihan sebagian materi yang dibahas dalam kegiatan praktikum ini, diharapkan dapat merepresentasikan hal-hal yang terkait dengan fungsi manajemen secara umum: *planning, organizing, actuating, controlling*. Untuk tujuan pemahaman lebih jauh atas berbagai materi lainnya, mahasiswa dapat mempelajari sendiri dengan bantuan menu *Help* dalam *software* POM for Windows ini, dan buku-buku penunjang lainnya.

Kami, Tim Manajemen Operasi, menyadari bahwa modul ini memerlukan penyempurnaan lebih lanjut, oleh karena itu kami sangat berharap adanya masukan dari berbagai pihak.

Terima Kasih,

Tim Manajemen Operasi

Chairul Furqon, S.Sos., MM.
Rofi Rofaida, SP, M.Si.

FORECASTING / PERAMALAN

Peramalan (*forecasting*) merupakan proses untuk memperkirakan kejadian/hal pada masa yang akan datang. Peramalan juga merupakan seni dan ilmu memprediksi peristiwa-peristiwa depan. Peramalan memerlukan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan dengan beberapa bentuk model matematis. Peramalan biasanya dikelompokkan oleh horizon waktu masa depan yang mendasarinya, dengan kategori sebagai berikut:

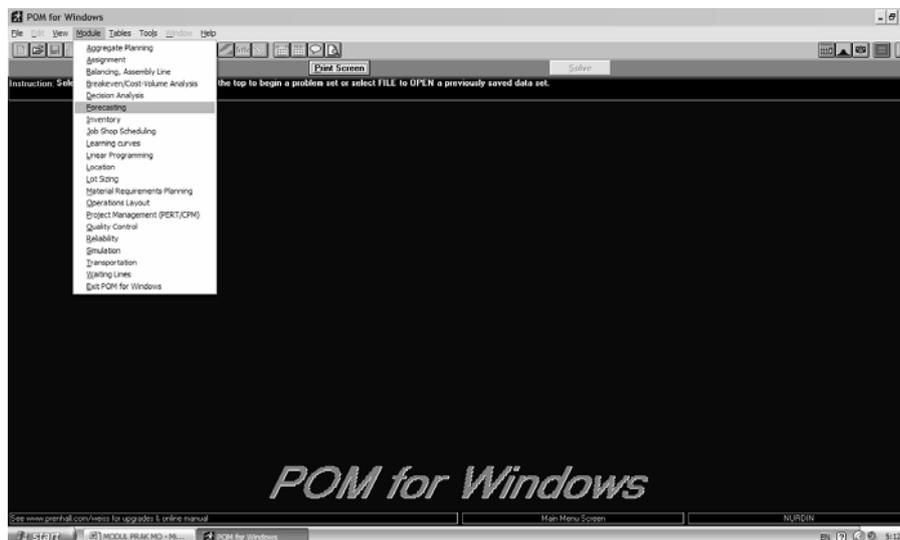
- Peramalan jangka pendek (< 3 bulan)
- Peramalan jangka menengah (3 bulan - 3 tahun)
- Peramalan jangka panjang (> 3 tahun)

Metode peramalan secara umum dibagi dua:

- Kualitatif; metode Delphi, judgment para ahli/opini eksekutif, survey pasar konsumen, dsb.
- Kuantitatif; *moving average* (rata-rata bergerak), *exponential smoothing* (penghalusan eksponensial), *trend projection* (proyeksi trend), *linear regression* (regresi linier).

(Render & Heizer, 45-90, 2001).

Dalam kegiatan praktikum ini, persoalan-persoalan peramalan akan diselesaikan dengan metode kuantitatif, menggunakan software POM for Windows, yang pengoperasiannya sebagai berikut.

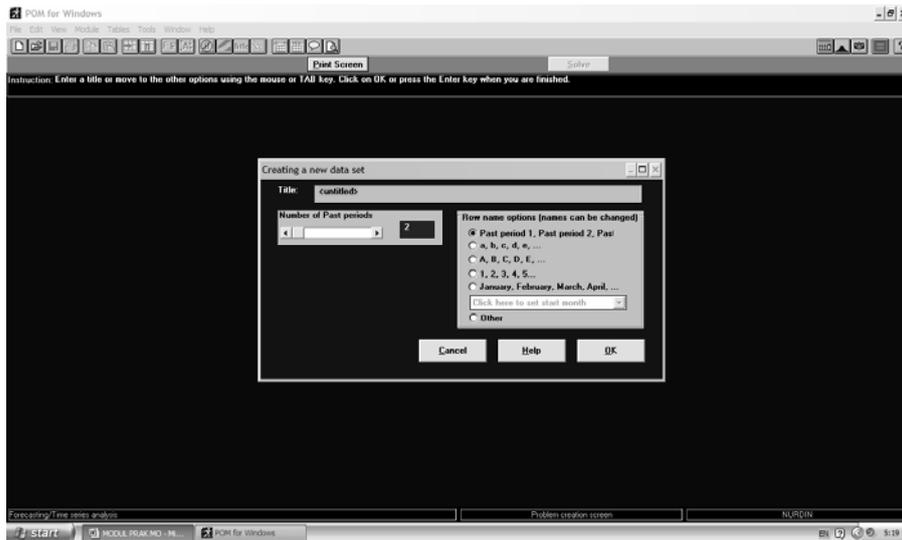


Pengoperasian Software

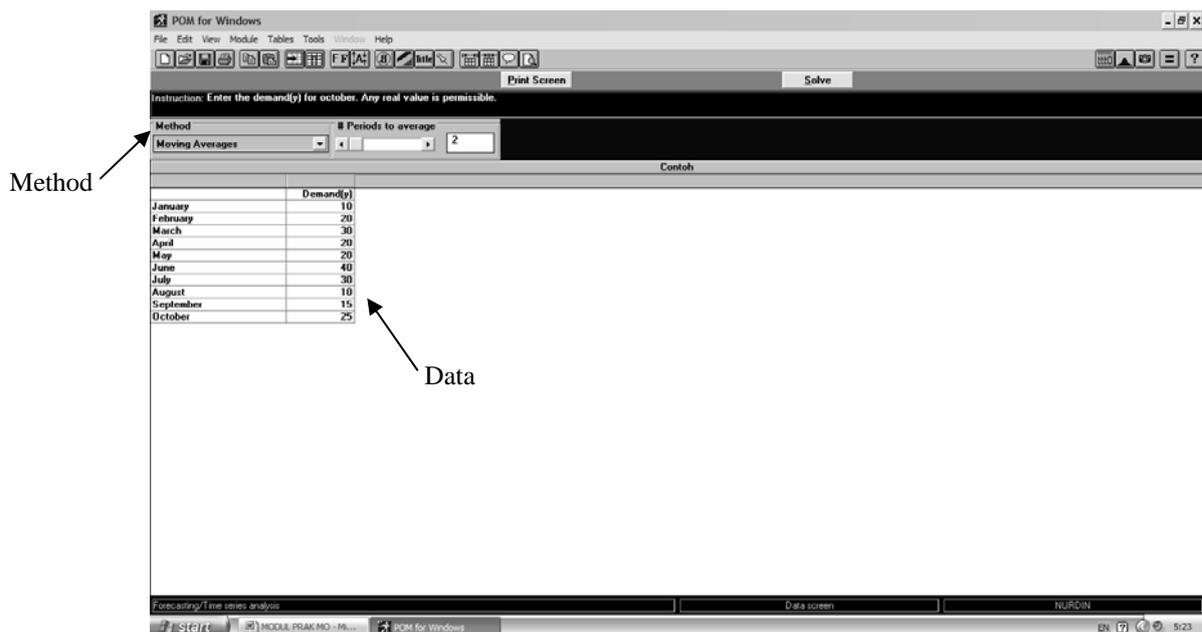
Langkah-langkah penyelesaian/solusi untuk Peramalan (*forecasting*) adalah sebagai berikut:

1. Klik **Module**
2. Klik **Forecasting**
3. Klik **New**
4. Pilih salah satu antara; **Time series analysis** atau **Least Squares - Simple and Multiple Regression**
5. Misalnya dipilih **Time series analysis**, maka kemudian,

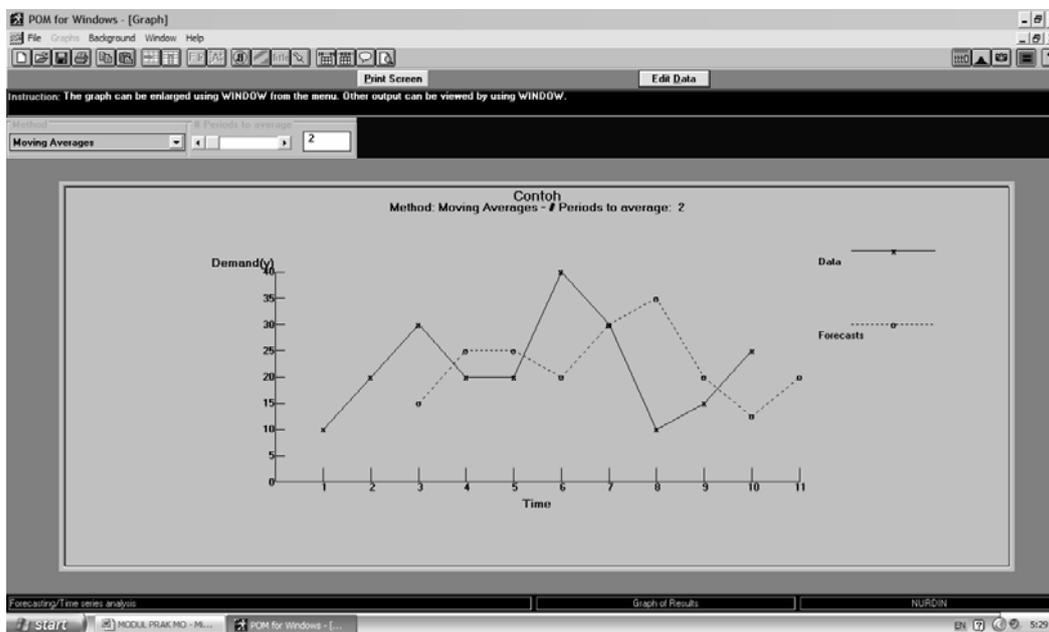
6. Isi identitas data dengan mengarahkan mouse ke dalam format ‘**creating a new data sheet**’, Identitas data terdiri dari:
- **Title** (judul masalah)
 - **Number of past periods** (jumlah periode waktu) - dalam POMWIN menunjukkan jumlah baris/rows pada tabel masalah
 - Pilih salah satu dari **Row name options (name can be changed)**, anda dapat pula memilih **other** untuk nama tertentu sesuai dengan persoalan yang dibahas.



7. Klik **OK**
8. Lengkapi identitas tabel masalah. Masukkan nilai setiap data sesuai dengan metode yang dipilih, misalnya dipilih **Moving Average**, maka isilah data demand, dst. Ketika memilih metode klik ‘drop down box’ pada bagian Method.



9. Klik **Solve** untuk mengetahui solusi/penyelesaian masalah.
10. Klik **Window** untuk mengetahui semua jenis solusi. Solusi yang diberikan oleh POMWIN untuk pilihan **Time Series Analysis** maupun **Least Squares - Simple and Multiple Regression** meliputi:
 - **Forecasting result** : menampilkan hasil akhir forecasting dengan ukuran dan nilai tertentu, misal demand untuk periode berikutnya, atau kofesien korelasi, dsb.
 - **Details and Error Analysis**: menampilkan total, rata-rata, nilai forecast, beta, macam error (bias, MAD, dan MSE), dsb.
 - **Graph**: menampilkan grafik hasil forecasting, sesuai metode yang dipilih.



Contoh Grafik Hasil Peramalan

INVENTORY / PERSEDIAAN

Persediaan (*inventory*) memiliki arti penting bagi perusahaan karena merupakan salah satu asset yang nilainya besar, secara umum hampir mencakup 40% dari total modal yang diinvestasikan. Persediaan memiliki beberapa fungsi yang dapat menambah fleksibilitas dari operasi perusahaan, yaitu untuk:

- Memberikan stok barang agar dapat mengantisipasi permintaan yang akan timbul dari konsumen
- Menyesuaikan produksi dengan distribusi
- Menurunkan biaya produk, yaitu dari discount atas pembelian jumlah besar
- Melakukan hedging terhadap inflasi dan perubahan harga
- Menghindari kekurangan stok karena berbagai hal, misal cuaca, kesalahan pengiriman, dsb.
- Menjaga agar operasi dapat berlangsung dengan baik

Terdapat 4 jenis persediaan; persediaan bahan mentah, persediaan barang dalam proses (Work-in-process-WIP), persediaan MRO (perlengkapan pemeliharaan/perbaikan/operasi), dan persediaan barang jadi.

Model Persediaan berkaitan erat dengan jenis permintaan, yaitu permintaan dependen dan independen, sehingga metode yang digunakan juga berbeda.

- Model persediaan untuk permintaan independen antara lain: *Economic Order Quantity* (EOQ), *Production Order Quantity* (POQ), *Quantity Discount*, dsb.
- Model persediaan untuk permintaan dependen; *Material Requirement Planning* (MRP).

Dalam POM for Windows, model persediaan untuk permintaan independent termasuk ke dalam modul inventory, sedangkan MRP dipisahkan dalam modul tersendiri.

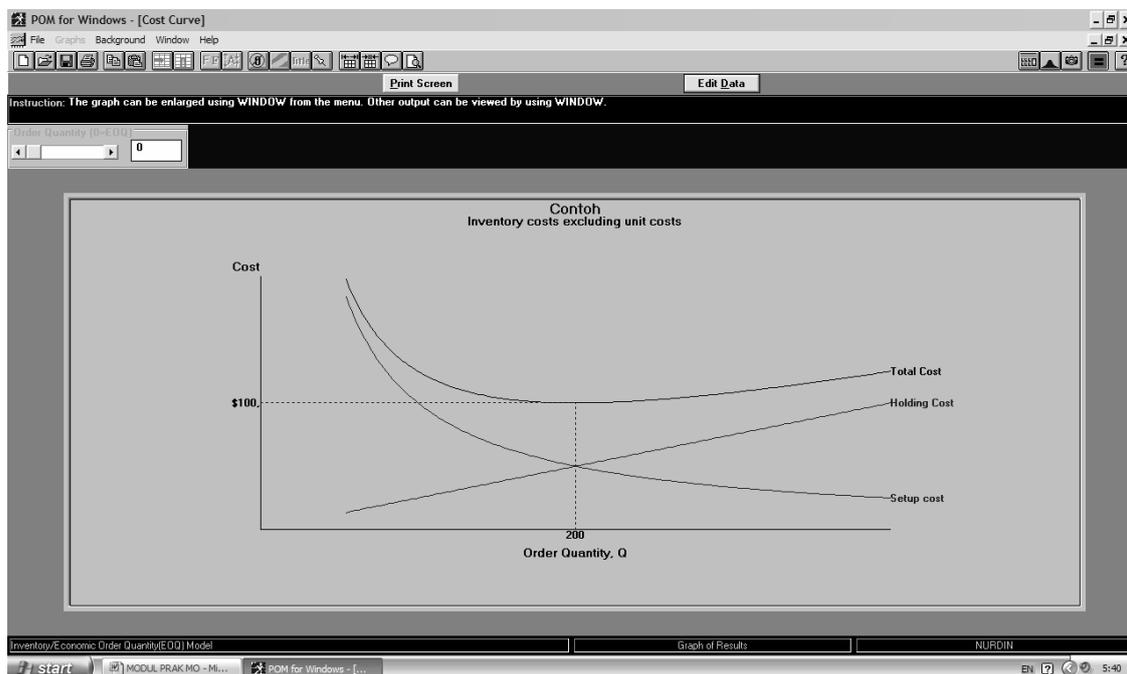
Pengoperasian Software

Langkah-langkah penyelesaian/solusi untuk Persediaan (*inventory*) adalah sebagai berikut:

1. Klik **Module**
2. Klik **Inventory**
3. Klik **New**
4. Pilih salah satu antara; *Economic Order Quantity* (EOQ), *Production Order Quantity* (POQ), *Quantity Discount*, dst.
5. Misalnya dipilih *Economic Order Quantity* (EOQ), maka kemudian,
6. Isi identitas data dengan mengarahkan mouse ke dalam format '**creating a new data sheet**', untuk beberapa model, misal EOQ, data yang harus diisi cukup hanya **Tittle** (judul masalah) saja.
7. Sedangkan untuk model *Quantity Discount*, data yang harus diisi juga meliputi **Number of Price Range**, untuk *ABC Analysis*, **Number of Item**, dan kemudian pilih salah satu dari **Row**

name options (name can be changed), anda dapat pula memilih **other** untuk nama tertentu sesuai dengan persoalan yang dibahas.

8. Klik **OK**
9. Lengkapi identitas tabel masalah. Masukkan nilai setiap data sesuai dengan metode yang dipilih, misalnya dipilih **Economic Order Quantity (EOQ)**, maka isilah data demand rate, Ordering Cost, Holding Cost, dst.
10. Klik **Solve** untuk mengetahui solusi/penyelesaian masalah.
11. Klik Window untuk mengetahui semua jenis solusi. Solusi yang diberikan oleh POMWIN untuk pilihan **Economic Order Quantity (EOQ)** meliputi:
 - **Inventory result** : menampilkan hasil akhir inventory dengan nilai tertentu untuk berbagai parameter, misalnya Optimal Order Quantity, Total Cost, dsb.
 - **Cost Curve**: menampilkan kurva inventory, yang menggambarkan Quantity dan Cost (Ordering Cost, Holding Cost, dan Total Cost).
 - Sedangkan untuk beberapa model lainnya, solusi yang ditampilkan melalui window, termasuk **Detail**, dengan informasi yang lebih spesifik, namun ada juga yang hanya menampilkan Inventory result nya saja.



Contoh Tampilan Grafik untuk Inventory

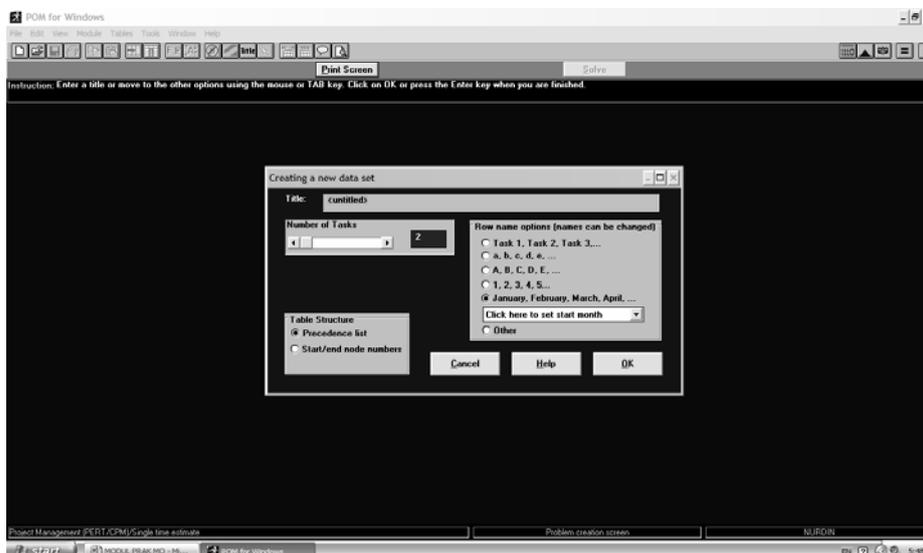
PROJECT MANAGEMENT (PERT/CPM)

Manajemen proyek digunakan untuk memperkirakan jangka waktu proyek dan menentukan aktivitas proyek mana yang bersifat kritis. Manajemen proyek secara umum mencakup tiga fase; perencanaan, penjadwalan, pengawasan dan pengendalian. Teknik yang paling umum digunakan adalah teknik *telaah dan evaluasi program* (PERT) dan *metode jalur kritis* (CPM), keduanya bisa dikatakan merupakan satu kesatuan.

Pengoperasian Software

Langkah-langkah penyelesaian/solusi untuk Project Management (PERT/CPM) adalah sebagai berikut:

1. Klik **Module**
2. Klik **Project Management (PERT/CPM)**
3. Klik **New**
4. Pilih salah satu antara; *Single time estimate*, *Triple time estimate*, *Crashing (to the limit)*, *Cost Budgeting*.
5. Misalnya dipilih *Single time estimate*, maka kemudian,
6. Isi identitas data dengan mengarahkan mouse ke dalam format '**creating a new data sheet**', Identitas data terdiri dari:
 - **Title** (judul masalah)
 - **Number Task** (jumlah aktivitas) - dalam POMWIN menunjukkan jumlah baris/rows pada tabel masalah
 - Pilih salah satu dari **Row name options (name can be changed)**, anda dapat pula memilih **other** untuk nama tertentu sesuai dengan persoalan yang dibahas.
 - Pilih **Precedence list** atau **Start/end node numbers** pada **Table Structures**.

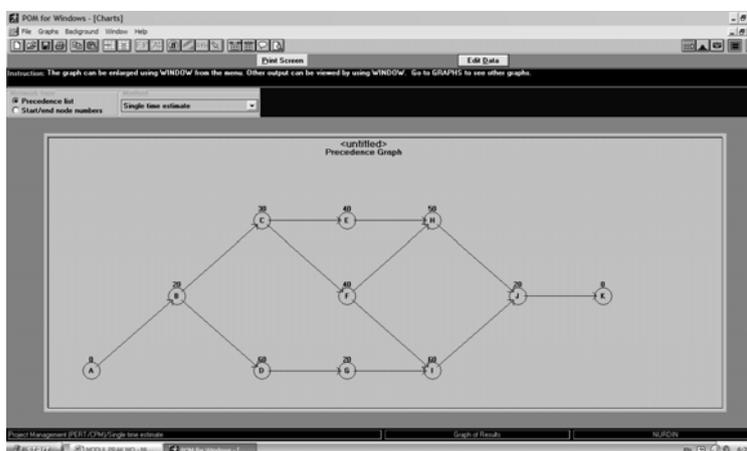
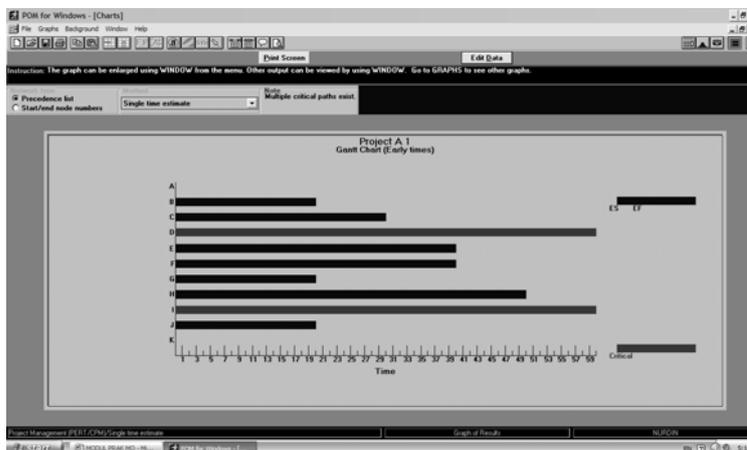


7. Klik **OK**
8. Lengkapi identitas tabel masalah. Masukkan nilai setiap data sesuai dengan metode yang dipilih, misalnya dipilih **Precedence list**, maka isilah data, *time (t)*, *precedence*, mulai dari 1 dst, berdasarkan aktivitas yang mendahuluinya. Bila dipilih **Triple time estimate**, maka komponen waktu yang diisi mencakup; *optimistic*, *most likely (realistic)*, dan *pessimistic time*.
9. Klik **Solve** untuk mengetahui solusi/penyelesaian masalah.
10. Klik Window untuk mengetahui semua jenis solusi. Solusi yang diberikan oleh POMWIN meliputi:

- **Project management (PERT/CPM) result:** menampilkan output berupa ES, EF, LS, LF, dan Slack (Slack = 0 berarti jalur kritis), dsb. Di mana:

ES = Early Start	(Waktu mulai aktivitas paling awal)
EF = Early Finish = ES + t	(Waktu penyelesaian aktivitas paling awal)
LS = Late Start = LF - t	(Waktu mulai aktivitas paling akhir)
LF = Late Finish	(Waktu penyelesaian aktivitas paling akhir)
S = Slack = LF - EF or LS - ES	(Waktu mundur aktivitas)

- **Cart:** secara default menampilkan diagram Gantt untuk *Early times*, untuk menampilkan grafik lainnya, klik di **Graph**, maka pilihan akan tampak; *a Gantt chart for early start times*, *a Gantt chart for late start times*, *a Gantt chart for both*, *a Precedence graph for AON graphs*.



Contoh Grafik Penyelesaian Proyek: Gantt Chart & Precedence Graph

SOAL-SOAL LATIHAN

SUB BAHASAN PERAMALAN (FORECASTING)

1. **PT. LIGHT COMPANY** membuat prediksi mengenai permintaan televisi untuk tahun 2006 didasarkan pada data permintaan selama periode Januari-Desember tahun 2005 seperti terlihat pada Tabel 1. Hitunglah:
 - a. Prediksi jumlah permintaan televisi untuk bulan April 2006 - Januari 2007 dengan metode Moving Average 3 bulan (MA3)
 - b. Prediksi jumlah permintaan televisi untuk bulan Juni 2006 - Januari 2007 dengan metode Moving Average 5 bulan (MA5) !
 - c. Prediksi jumlah permintaan televisi untuk bulan April 2006 - Januari 2007 dengan metode Weighted Moving Average 3 bulan (WMA3)
 - d. Prediksi jumlah permintaan televisi untuk bulan Mei 2006 - Januari 2007 dengan metode Weighted Moving Average 4 bulan (WMA4) !

Tabel 1

Bulan	Permintaan (unit)
Januari	120
Februari	90
Maret	100
April	75
Mei	110
Juni	50
Juli	75
Agustus	130
September	110
Oktober	90
November	100
Desember	120

2. **PT.OFFICE SUPPLY COMPANY** melakukan prediksi tentang permintaan alat tulis kantor untuk tahun 2006 didasarkan pada data selama 12 bulan di tahun 2005 (Tabel 2). Hitunglah:
 - a. Prediksi jumlah permintaan alat tulis kantor untuk bulan Februari 2006 - Januari 2007 dengan metode Eksponential Smoothing dengan $\alpha = 0.3$
 - b. Prediksi jumlah permintaan alat tulis kantor untuk bulan Februari 2006 - Januari 2007 dengan metode Eksponential Smoothing dengan $\alpha = 0.5$

Tabel 2

Bulan	Permintaan (unit)
Januari	37
Februari	40
Maret	41
April	37
Mei	45
Juni	50
Juli	43
Agustus	47
September	56
Oktober	52
November	55
Desember	54

3. Berdasarkan data berikut ini, gunakan regresi linear untuk mengembangkan hubungan antara jumlah hari hujan dengan jumlah kekalahan pertandingan oleh **“Tim Maung Bandung”**

Tabel 3

Jumlah Kekalahan Bertanding (Y)	Jumlah hari hujan (X)
25	15
20	25
10	10
15	10
20	30
15	20
20	20
10	15
5	10
20	25

4. Berdasarkan data berikut ini, gunakan regresi linear untuk mengembangkan hubungan antara jumlah penumpang bis dan jumlah turis yang berlibur di Pulau Bali

Tabel 4

Jumlah penumpang bis (Y) dalam ribu orang	Jumlah turis (X) dalam ribu orang
1,500	7,000
1,000	2,000
1,300	6,000
1,500	4,000
2,500	14,000
2,700	15,000
2,400	16,000
2,000	12,000
2,700	14,000
4,400	20,000
3,400	15,000
1,700	7,000

SUB BAHASAN PERSEDIAAN (INVENTORY)

Contoh soal untuk permintaan independent:

1. **Sharp, Inc.** sebuah perusahaan yang memasarkan jarum hypodermis kepada rumah sakit, ingin menutunkan biaya persediaan mereka dengan menetapkan jumlah jarum hypodermis optimal untuk memenuhi pesanan. Permintaan tahunan untuk jarum tersebut adalah 1000 unit; biaya pemasangan atau pemesanan (*setup/ordering cost*) adalah \$10 per pesanan; dan biaya penyimpanan (*holding cost*) adalah \$ 0.50.
 - a. Berapakah jumlah unit optimal per pesanan? Gunakan model EOQ!
 - b. Berapakah jumlah pemesanan yang diinginkan (N)?
 - c. Hitung biaya persediaan tahunan total!

Contoh soal untuk permintaan dependent:

2. **Fun Lawn, Inc.** memiliki permintaan untuk produk A sebesar 50 unit. Setiap unit A memerlukan 2 unit B dan 3 unit C. setiap unit B memerlukan 2 unit D dan 3 unit E. lebih jauh lagi, setiap unit C memerlukan satu unit E dan 2 unit F. kemudian setiap unit F memerlukan satu unit G dan 2 unit D. Maka permintaan untuk B, C, D, E, F, dan G sangat dependent terhadap permintaan untuk A.
 - a. Berdasarkan data-data tersebut, susunlah struktur produk / Bill-of-Material (BOM) untuk produk A!
 - b. Dari struktur produk yang telah dibuat, rincilah jumlah unit yang diperlukan untuk memenuhi permintaan produk A tersebut!
 - c. Jika diketahui data lead time untuk setiap komponen, susunlah kembali struktur produk tersebut secara horizontal berikut fase waktunya!

No.	Komponen	Lead time (dalam minggu)
1.	A	1
2.	B	2
3.	C	1
4.	D	1
5.	E	2
6.	F	3
7.	G	2

SUB BAHASAN MANAJEMEN PROYEK (PERT/CPM)

1. **PT. MIKRO** menyusun tim khusus untuk mengerjakan suatu proyek, diketahui kegiatan-kegiatan yang harus dilaksanakan sebagai berikut:

No.	Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu – dalam hari (t)
1.	A	-	0
2.	B	A	20
3.	C	B	30
4.	D	B	60
5.	E	C	40
6.	F	C	40
7.	G	D	20
8.	H	E,F	50
9.	I	F,G	60
10.	J	H,I	20
11.	K	J	0

Buatlah gambar kegiatan penyelesaian proyek dan hitung waktu normal proyek tersebut!

2. **PT. BULAN** memiliki data analisis PERT sebagai berikut:

No.	Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Optimis (a)	Waktu Realistis (m)	Waktu Pesimis (b)
1.	A	-	1	1	1
2.	B	A	3	6	8
3.	C	A	4	5	6
4.	D	A	2	3	4
5.	E	A	9	9	15
6.	F	B	7	8	8
7.	G	B	4	7	9
8.	H	C	1	3	9
9.	I	D	5	6	7
10.	J	F, G, H	3	4	8
11.	K	E, I, J	2	3	7

- Buatlah diagram PERT/CPM atau gambar kegiatan penyelesaian proyek dan hitung waktu normal proyek tersebut!
- Hitunglah ES, EF, LS, LF, dan S, sehingga dapat diketahui bahwa jalur kritis yang dipilih adalah benar!

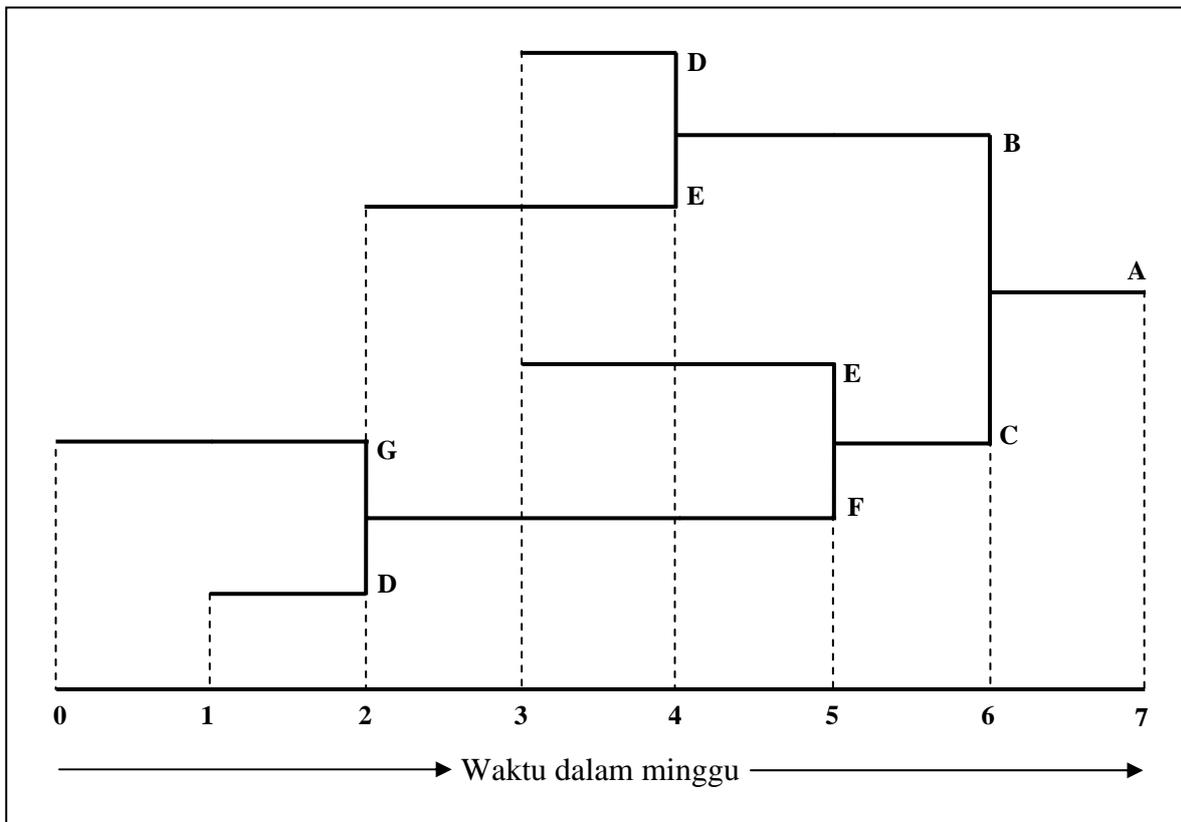
b. Rincian jumlah unit yang diperlukan untuk memenuhi permintaan produk A:

KOMPONEN	JUMLAH UNIT		
Komponen A			50
Komponen B	2 x jumlah A =	(2)(50) =	100
Komponen C	3 x jumlah A =	(3)(50) =	150
Komponen D	2 x jumlah B + 2 x jumlah F =	(2)(100) + (2)(300) =	800
Komponen E	3 x jumlah B + 1 x jumlah C =	(3)(100) + (1)(150) =	450
Komponen F	2 x jumlah C =	(2)(150) =	300
Komponen G	1 x jumlah F =	(1)(300) =	300

Dengan demikian, untuk memproduksi 50 unit produk A, diperlukan 100 unit B, 150 unit C, 800 unit D, 450 unit E, 300 unit F, dan 300 unit G.

c. Struktur produk A dengan fase waktu, berdasarkan *lead time* berikut:

No.	Komponen	Lead time (dalam minggu)
1.	A	1
2.	B	2
3.	C	1
4.	D	1
5.	E	2
6.	F	3
7.	G	2



Berdasarkan struktur produk dengan fase waktu tersebut, maka komponen yang harus ada di minggu pertama adalah komponen G, kemudian D di minggu ke dua, dst. Total waktu yang dibutuhkan untuk membuat produk A adalah 7 minggu.

SUB BAHASAN MANAJEMEN PROYEK (PERT/CPM)

Soal No. 1 PT. MIKRO

No.	Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (t) dalam hari
1.	A	-	0
2.	B	A	20
3.	C	B	30
4.	D	B	60
5.	E	C	40
6.	F	C	40
7.	G	D	20
8.	H	E,F	50
9.	I	F,G	60
10.	J	H,I	20
11.	K	J	0

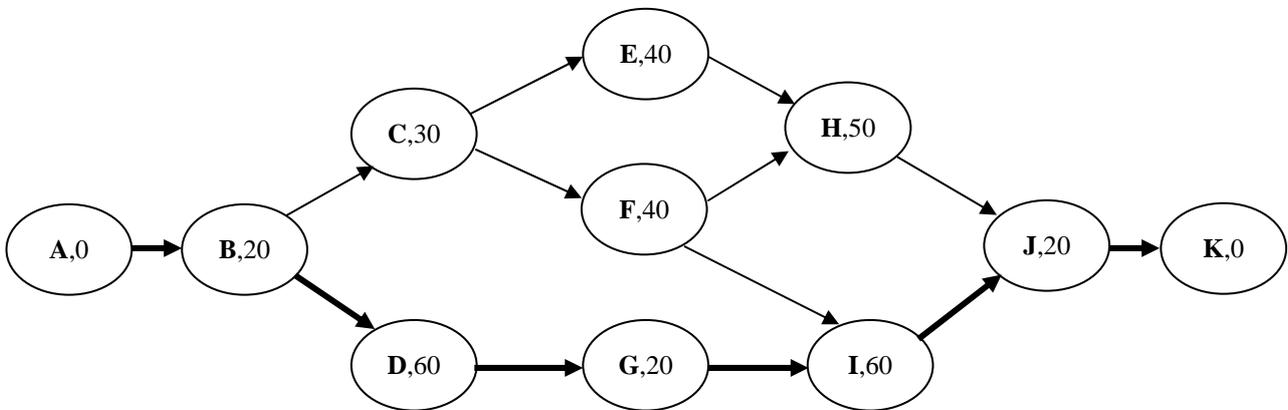


Diagram PERT/CPM - PT. MIKRO

Berdasarkan diagram PERT/CPM – PT. MIKRO atau gambar kegiatan penyelesaian proyek tersebut, maka dapat diketahui:

No.	Jalur-jalur kegiatan	Waktu yang dibutuhkan (dalam hari)
1.	A-B-C-E-H-J-K	$0+20+30+40+50+20+0 = 160$
2.	A-B-C-F-H-J-K	$0+20+30+40+50+20+0 = 160$
3.	A-B-C-F-I-J-K	$0+20+30+40+60+20+0 = 170$
4.	A-B-D-G-I-J-K	$0+20+60+20+60+20+0 = 180$

Dengan demikian dapat diketahui bahwa **jalur kritisnya** adalah A-B-D-G-I-J-K (tanda panah tebal), dengan waktu yang dibutuhkan 180 hari. Jadi waktu penyelesaian yang normal dari proyek tersebut adalah 180 hari.

Soal No. 2 PT. BULAN

a. Diagram PERT dan perhitungan waktu normal penyelesaian proyek, sebagai berikut:

No.	Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Optimis (<i>a</i>)	Waktu Realistis (<i>m</i>)	Waktu Pesimis (<i>b</i>)	Waktu Perkiraan (<i>t</i>)*
1.	A	-	1	1	1	1.00
2.	B	A	3	6	8	5.83
3.	C	A	4	5	6	5.00
4.	D	A	2	3	4	3.00
5.	E	A	9	9	15	10.00
6.	F	B	7	8	8	7.83
7.	G	B	4	7	9	6.83
8.	H	C	1	3	9	3.67
9.	I	D	5	6	7	6.00
10.	J	F, G, H	3	4	8	4.50
11.	K	E, I, J	2	3	7	3.50

* Keterangan: hasil perhitungan waktu perkiraan (*t*) diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Waktu perkiraan (*t*) disebut juga sebagai waktu aktivitas atau waktu yang diharapkan untuk menyelesaikan aktivitas.

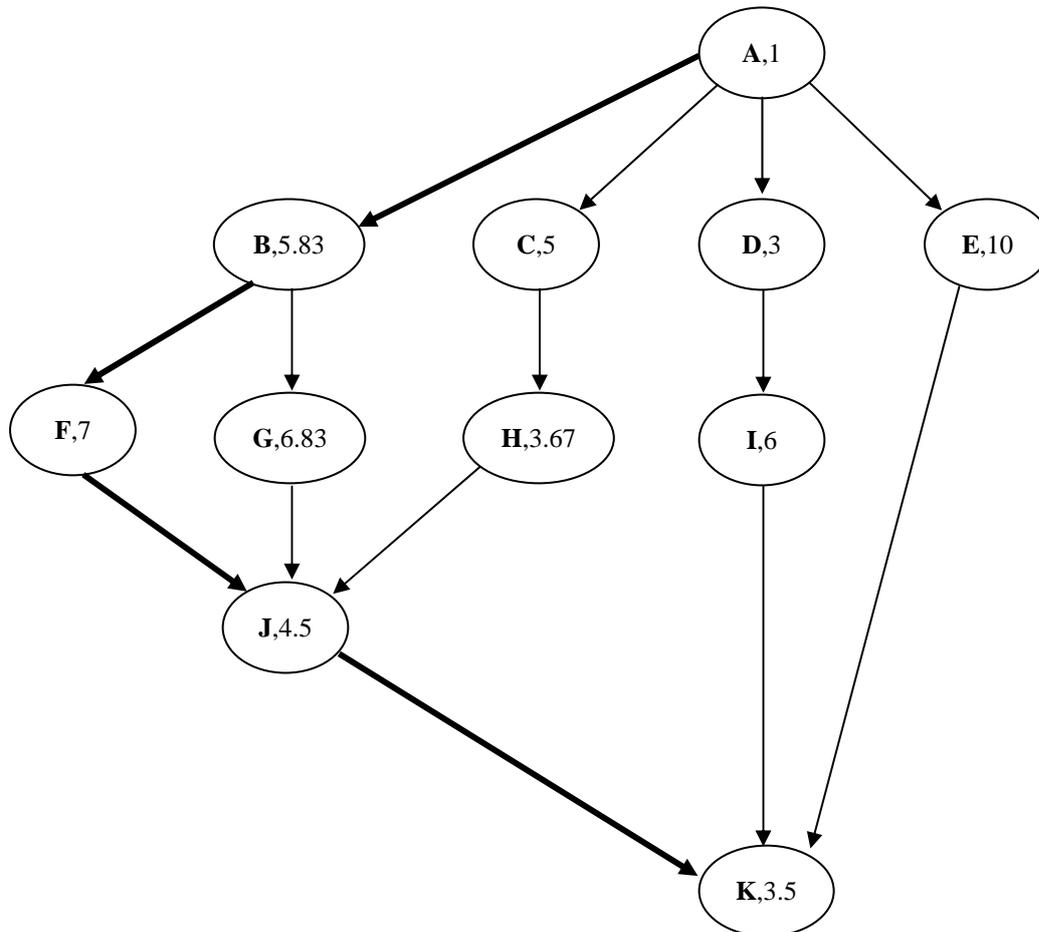


Diagram PERT/CPM - PT. BULAN

Berdasarkan diagram PERT/CPM – PT. BULAN atau gambar kegiatan penyelesaian proyek tersebut, maka dapat diketahui:

No.	Jalur-jalur kegiatan	Waktu yang dibutuhkan (dalam bulan)
1.	A-B-F-J-K	$1+5.83+7.83+4.5+3.5 = 22.67$
2.	A-B-G-J-K	$1+5.83+6.83+4.5+3.5 = 21.66$
3.	A-C-H-J-K	$1+5+3.67+4.5+3.5 = 17.67$
4.	A- D-I-K	$1+3+6+3.5 = 13.5$
5.	A-E-K	$1+10+3.5 = 14.5$

Dengan demikian dapat diketahui bahwa **jalur kritisnya** adalah A-B-F-J-K (tanda panah tebal), dengan waktu yang dibutuhkan 22.67 bulan (atau bila 1 bulan = 30 hari, maka = 680 hari). Jadi waktu penyelesaian yang normal dari proyek tersebut adalah 22.67 bulan.

b. Perhitungan ES, EF, LS, LF, dan S, menggunakan rumus-umus berikut:

ES = Early Start	(Waktu mulai aktivitas paling awal)
EF = Early Finish = ES + t	(Waktu penyelesaian aktivitas paling awal)
LS = Late Start = LF – t	(Waktu mulai aktivitas paling akhir)
LF = Late Finish	(Waktu penyelesaian aktivitas paling akhir)
S = Slack = LF - EF or LS - ES	(Waktu mundur aktivitas)

Dengan menggunakan rumus-rumus tersebut, hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

No.	Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu aktivitas (t)	ES	EF	LS	LF	S
1.	A	-	1.00	0	1	0	1	0
2.	B	A	5.83	1	6.83	1	6.83	0
3.	C	A	5.00	1	6	6	11	5
4.	D	A	3.00	1	4	10.17	13.17	9.17
5.	E	A	10.00	1	11	9.17	19.17	8.17
6.	F	B	7.83	6.83	14.67	6.83	14.67	0
7.	G	B	6.83	6.83	13.67	7.83	14.67	1
8.	H	C	3.67	6	9.67	11	14.67	5
9.	I	D	6.00	4	10	13.17	19.17	9.17
10.	J	F, G, H	4.50	14.67	19.17	14.67	19.17	0
11.	K	E, I, J	3.50	19.17	22.67	19.17	22.67	0

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat diperoleh nilai S (*Slack*), dimana kegiatan A, B, F, J, K memiliki nilai S = 0, artinya jalur yang dilewati oleh kegiatan-kegiatan tersebut adalah jalur kritis, dan hal tersebut sesuai dengan perhitungan sebelumnya dimana jalur kritisnya adalah A-B-F-J-K .

Referensi:

Materi-materi Perkuliahan Mata Kuliah Manajemen Operasi di Program Studi Manajemen Universitas Pendidikan Indonesia.

Render, Barry & Jay Heizer. 2001. *Prinsip-prinsip Manajemen Operasi*. Jakarta. Salemba Empat – Prentice Hall, Inc.

T. Hani Handoko. 1998. *Manajemen Produksi dan Operasi, Latihan Pemecahan Soal*. BPFE – Yogyakarta.

Weiss, Howard J. 1998. *POM for Windows version 1.5*. <http://www.prenhall.com/weiss>.