



Buku Seri Praktikum

Manajemen Operasional

Penyusun

Aditya Rian Ramadhan

Shintya Permatasari

Marcellinus Kevin

Muhammad Faizal Nurizal



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya-lah modul praktikum ini dapat kami selesaikan dengan baik. Modul ini kami susun dengan tujuan membantu siapa saja yang berminat pada bidang Manajemen Operasional terutama bagi para mahasiswa/i yang mengikuti praktikum di Laboratorium Manajemen Menengah.

Untuk memudahkan penyelesaian masalah yang ada, modul ini juga dilengkapi dengan cara penggunaan aplikasi WINQSB sebagai software yang digunakan untuk mengurangi kesalahan penghitungan secara manual, dan mempertinggi keakuratan dalam memecahkan masalah yang ada.

Dalam kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orangtua kami, staff Laboratorium Manajemen Menengah Universitas Gunadarma, juga para asisten senior dan rekan – rekan asisten lainnya yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan modul ini.

Akhir kata, penyusun menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam modul ini. Oleh karena itu kami memohon kritik dan saran yang bersifat konstruktif demi perbaikan dalam penyusunan modul yang akan datang. Semoga modul ini dapat membantu semua pihak yang membacanya.

Depok - Kalimalang, Juni 2015

TIM PENYUSUN LITBANG

DAFTAR ISI

BAB 1 MANUFACTURING RESOURCE PLANNING	5
1.1 Perencanaan Kebutuhan Material	6
1.2 Lot Sizing	7
BAB 2 FORECASTING (PERAMALAN)	15
2.1 Kegunaan dan Peranan Peramalan	16
2.2 Metode Peramalan	17
2.3 Kesalahan Peramalan	19
BAB 3 ANALISIS JARINGAN CPM TANPA PERCEPATAN	28
3.1 Keuntungan Analisis Jaringan	30
3.2 Simbol-simbol Jaringan	30
3.3 Istilah-istilah Lain dalam Network	30
3.4 Beberapa Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Analisis Jaringan	31
3.5 Dummy Activities	32
3.6 Jalur Kritis (Critical Path)	32
BAB 4 ANALISIS JARINGAN CPM DENGAN PERCEPATAN	40
4.1 Informasi yang Dibutuhkan	41
4.2 Biaya yang Diperhitungkan	42

BAB I

MANUFACTURING RESOURCE PLANNING

Deskripsi Modul

Untuk menjamin kebutuhan-kebutuhan konsumen akan produk yang diproduksi oleh perusahaan maka perusahaan perlu mengontrol persediaan yang ada agar siap menjawab kebutuhan konsumen setiap saat tepat pada waktunya, oleh karena itu perusahaan hendaklah menerapkan suatu sistem atau metode yang efektif guna merespon masalah-masalah yang ada. Salah satu cara untuk mengendalikan persediaan adalah dengan metode *Material Requierment Planning* (MRP). MRP merupakan teknik pendekatan yang bertujuan meningkatkan produktivitas perusahaan dengan cara menjadwalkan kebutuhan akan material dan komponen untuk membantu perusahaan dalam mengatasi kebutuhan minimum dari komponen-komponen yang kebutuhannya dependen dan menjamin tercapainya produksi akhir.

Tujuan Modul

Setelah menyelesaikan praktikum pada modul ini, praktikan akan memahami:

1. Pengendalian persediaan dengan menggunakan Metode MRP (metode *Lot for Lot* dan *Economic Order Quantity* (EOQ)).
2. Memahami perhitungan menggunakan metode pada MRP

Isi

Pembelajaran: Menganalisis pengendalian Persediaan suatu perusahaan.

Latihan 1: Menghitung Pengendalian Persediaan dengan menggunakan metode *Lot for Lot* dan *Economic Order Quantity* (EOQ)

Apa itu MRP ?

Material Requirement Planning (MRP) adalah suatu teknik yang digunakan untuk perencanaan dan pengendalian item barang (komponen) yang tergantung (*dependent*) pada item ditingkat (*level*) yang lebih tinggi. MRP pertama kali ditemukan oleh Joseph Orlicky dari J.I Case Company pada sekitar akan datang MRP akan berkembang terus.

Keempat perkembangan MRP tersebut adalah:

1. *Material Requirement Planning* (MRP) adalah suatu teknik atau set prosedur yang sistematis dalam penentuan kuantitas serta waktu dalam proses pengendalian bahan terhadap komponen-komponen permintaan yang saling bergantung (*Dependent Demand Item*)
2. *Material Requirement Planning II* (MRP II) adalah perluasan dari MRP, lebih dari sekedar proses penentuan kebutuhan material. Fenomena ini melahirkan konsep baru yang disebut Perencanaan Sumber Daya Manufaktur (MRP II)
3. *Material Requirement Planning III* (MRP III) adalah perluasan MRP dalam tingkat akurasi peramalan, permintaan, penggunaan secara tepat dan baik peramalan permintaan (*Forecast Demand*), sehingga dapat merubah *Master Production Schedule* (MPS)
4. *Material Requirement Planning 9000* (MRP 9000) adalah perluasan MRP

1.1 Perencanaan Kebutuhan Material

Logika Perencanaan Kebutuhan Material

1. *Netting*

Proses mencari jumlah kebutuhan bersih dari komponen, yang didapat dengan mengurangi kebutuhan kotor dengan *inventory* yang ada dan penerimaan yang terjadi.

2. *Lot Sizing*

Proses mendapatkan jumlah ukuran lot untuk memenuhi *Net Requirement* (NR)

3. *Offsetting*

Proses menetapkan waktu kapan suatu order harus dilakukan (berhubungan dengan *Lead Time*)

4. *Explosion*

Proses menghitung kebutuhan komponen-komponen yang mempunyai level di bawahnya (berikutnya)

1.2 Lot Sizing

Suatu metode perhitungan yang digunakan untuk menentukan jumlah order suatu material sehingga biaya *inventory* dapat diminimumkan.

Penentuan *Lot Sizing* ini dipengaruhi oleh dua komponen biaya utama :

- *Order Cost* (kalau pemesanan ke *supplier*), *Set Up Cost* (kalau diproduksi sendiri)
- *Holding Cost* (biaya simpan)

Beberapa teknik (metode) *Lot Sizing* :

1. *Lot for Lot*
2. *Economic Order Quantity* (EOQ)
3. *Period Order Quantity* (POQ)
4. *Part Period Balancing* (PPB)
5. *Least Unit Cost* (LUC)
6. *Minimum Cost per Period* atau *Algoritma Silver Meal*

A. Lot For Lot

Teknik penetapan ukuran lot dengan ini dilakukan atas dasar pesanan diskrit, di samping itu teknik ini merupakan cara paling sederhana dari semua teknik ukuran lot yang ada. Teknik ini hampir selalu melakukan perhitungan kembali terutama sekali apabila terjadi perubahan pada kebutuhan bersih. Penggunaan teknik ini bertujuan untuk meminimumkan ongkos simpan, sehingga dengan teknik ini ongkos simpan menjadi nol.

Oleh karena itu sering sekali digunakan untuk item-item yang mempunyai harga/unit sangat mahal. Juga apabila dilihat dari pola kebutuhan yang mempunyai sifat diskontinyu atau tidak teratur, maka teknik L4L ini memiliki kemampuan yang baik. Di samping itu teknik ini sering digunakan pada sistem produksi manufaktur yang mempunyai sifat “*set-up*” permanen pada proses produksinya.

Biaya Pesan Perpesanan (SC) = Banyaknya melakukan pemesanan X Biaya Pesan setiap kali pesan

B. *Economic Order Quantity (EOQ)*

Penetapan ukuran lot dengan teknik ini hampir tidak pernah dilupakan dalam lingkungan MRP karena teknik ini sangat populer sekali dalam sistem persediaan tradisional. Dalam teknik inipun besarnya ukuran lot adalah tetap. Namun perhitungannya sudah mencakup biaya-biaya pesan serta biaya-biaya simpan. Perumusan yang akan dipakai dalam teknik ini adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{\text{total Net Requirement}}{\text{jumlah minggu}} \times 52$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2xDxSC}{HC}}$$

Keterangan :

D = Permintaan

SC = *Set up Cost*

HC = *Holding Cost*

Contoh Soal

Perusahaan Manufaktur Jeans hendak menentukan besarnya Lot, berikut adalah informasi yang dapat diperoleh:

Harga perkomponen (*Cost / component*) Rp 10/unit

Biaya pesan per pemesanan (*Set Up Cost/ Order*) Rp 30/pesan

Biaya simpan per minggu (*Holding Cost/ week*) 10 %

Biaya Pesan per Tahun (*Holding Cost/Year*) 0,4%

Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Net Requirement	40	50	55	60	70	65	80	50	85

Tentukan metode *Lot Sizing* bila alternatif teknik *Lot Sizing* yang akan digunakan adalah :

1. *Lot For Lot (L4L)*
2. *Economic Order Quantity (EOQ)*

Jawaban

MANUFAKTUR JEANS

1. *Lot For Lot* (L4L)

Biaya Simpan (HC) = Persediaan Akhir (*End Inventory*) X Biaya Simpan Perminggu (*Holding Cost/ week*)

$$\begin{aligned}\text{Biaya Simpan Per minggu} &= 10\% \times 10 \\ &= 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Simpan (HC)} &= 0 \times 1 \\ &= 0\end{aligned}$$

Biaya Pesan Perpesanan (SC) = Banyaknya melakukan pemesanan X Biaya pesan setiap kali pesan

Pada minggu pertama hingga minggu ke-9 *Product Quantity* sama dengan *Net Requirement*, jadi pemesanan hanya dilakukan 1 kali.

Minggu 1 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30	Minggu 6 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30
Minggu 2 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30	Minggu 7 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30
Minggu 3 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30	Minggu 8 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30
Minggu 4 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30	Minggu 9 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30
Minggu 5 Biaya Pesan Perpesanan (SC) = 1 X 30 = 30	

Maka Skedul MRP dengan Metode L4L adalah sebagai berikut:

<i>Week</i>	<i>Net Requirement (NR)</i>	<i>Product Quantity (PQ)</i>	<i>End Inventory</i>	<i>Holding Cost (HC)</i>	<i>Set Up Cost (SC)</i>	<i>Total Inventory Cost (TIC)</i>
1.	40	40	0	0	30	30
2.	50	50	0	0	30	60
3.	55	55	0	0	30	90
4.	60	60	0	0	30	120
5.	70	70	0	0	30	150
6.	65	65	0	0	30	180
7.	80	80	0	0	30	210
8.	50	50	0	0	30	240
9.	85	85	0	0	30	270

Hasil perhitungan berdasarkan tabel menunjukkan bila menggunakan metode L4L, *Total Inventory Cost* untuk 9 minggu sebesar 270.

2. Economic Order Quantity (EOQ)

- Permintaan tahunan berdasarkan kebutuhan 9 minggu

$$D = \frac{\text{total Net Requirement}}{\text{jumlah minggu}} \times 52$$

$$D = \left(\frac{555}{9}\right) \times 52 = 3.206,67 \text{ unit}$$

$$EOQ = \frac{\sqrt{2 \times D \times SC}}{HC}$$

$$EOQ = \frac{\sqrt{2 \times 3.206,67 \times 30}}{2,08}$$

$$= \frac{\sqrt{192.400,2}}{2,08}$$

$$= 304,13 \approx 304$$

Biaya pesan per pemesanan (SC) = 30

Biaya Simpan Tahunan = 0,4% x 10 x 52 = 2,08

Berdasarkan hasil perhitungan EOQ diperoleh 304, sehingga pemesanan pertama kali sebanyak 304 unit.

Selanjutnya skedul pemesanan MRP dengan *Lot Sizing* EOQ adalah sebagai berikut :

<i>Week</i>	<i>Net Requirement (NR)</i>	<i>Product Quantity (PQ)</i>	<i>End Inventory</i>	<i>Holding Cost (HC)</i>	<i>Set Up Cost (SC)</i>	<i>Total Inventory Cost (TIC)</i>
1	40	304	264	10,56	30	40,56 *
2	50	0	214	8,56	0	49,12
3	55	0	159	6,36	0	55,48
4	60	0	99	3,96	0	59,44
5	70	0	29	1,16	0	60,6
6	65	304	268	10,72	30	71,32**
7	80	0	188	7,52	0	78,84
8	50	0	138	5,52	0	84,36
9	85	0	53	2,12	0	86,48

Minggu 1 HC = $264 \times 0,4\% \times 10 = 10,56$	Minggu 6 HC = $268 \times 0,4\% \times 10 = 10,72$
Minggu 2 HC = $214 \times 0,4\% \times 10 = 8,56$	Minggu 7 HC = $188 \times 0,4\% \times 10 = 7,52$
Minggu 3 HC = $159 \times 0,4\% \times 10 = 6,36$	Minggu 8 HC = $138 \times 0,4\% \times 10 = 5,52$
Minggu 4 HC = $99 \times 0,4\% \times 10 = 3,96$	Minggu 9 HC = $53 \times 0,4\% \times 10 = 2,12$
Minggu 5 HC = $29 \times 0,4\% \times 10 = 1,16$	

**Total Inventory Cost* (TIC) Minggu ke 1 = HC + SC = 10,56 + 30 = 40,56

** *Total Inventory Cost* (TIC) Minggu ke 6 = TIC minggu ke 5 + HC + SC = 60,6 + 10,72 + 30 = 71,32

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan, bahwa bila digunakan metode EOQ *Total Inventory Cost* (TIC) dihasilkan sebesar 86,48.

Soal Uji Kemampuan

1. Perusahaan Manufaktur Bandam hendak menentukan besarnya Lot. Berikut adalah informasi yang dapat diperoleh :

Harga perkomponen (*Cost/component*) Rp 15/unit

Biaya pesan per pemesanan (*Set Up Cost/Order*) Rp 30/pesan

Biaya simpan per minggu (*Holding Cost/week*) 10 %

Biaya Pesan per Tahun (*Holding Cost/Year*) 0,5%

Week	1	2	3	4	5	6
Net Requirement	30	20	40	20	10	50

Tentukan metode *Lot Sizing* bila alternatif teknik *Lot Sizing* yang akan digunakan adalah :

- Lot For Lot* (L4L)
- Economic Order Quantity* (EOQ)

2. Perusahaan Manufaktur Namco hendak menentukan besarnya Lot. Berikut adalah informasi yang dapat diperoleh :

Harga perkomponen (*Cost/ component*) Rp 20/unit

Biaya pesan per pesanan (*Set Up Cost/Order*) Rp 40/pesan

Biaya simpan per minggu (*Holding Cost week*) 10 %

Biaya Pesan per Tahun (*Holding Cost/Year*) 0,4%

Week	1	2	3	4	5	6	7
Net Requirement	10	20	50	20	10	40	40

Tentukan metode *Lot Sizing* bila alternatif teknik *Lot Sizing* yang akan digunakan adalah :

- Lot For Lot* (L4L)
- Economic Order Quantity* (EOQ)

3. Perusahaan Manufaktur Konami hendak menentukan besarnya Lot. Berikut adalah informasi yang dapat diperoleh :

Harga perkomponen (*Cost/component*) Rp 30/unit

Biaya pesan per pesanan (*Set Up Cost/Order*) Rp 60/pesan

Biaya simpan per minggu (*Holding Cost/week*) 10%

Biaya Pesan per Tahun (*Holding Cost/Year*) 0,6%

<i>Week</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Net Requirement</i>	10	20	30	50	10	30	40	30

Tentukan metode *Lot Sizing* bila alternatif teknik *Lot Sizing* yang akan digunakan adalah :

- a. *Lot For Lot* (L4L)
- b. *Economic Order Quantity* (EOQ)

4. Perusahaan Manufaktur Azura hendak menentukan besarnya Lot. Berikut adalah informasi yang dapat diperoleh :

Harga perkomponen (*Cost/component*) Rp 25/unit

Biaya pesan per pesanan (*Set Up Cost/Order*) Rp 50/pesan

Biaya simpan per minggu (*Holding Cost/week*) 10 %

Biaya Pesan per Tahun (*Holding Cost/Year*) 0,5%

<i>Week</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>Net Requirement</i>	15	20	25	40	30	20	40

Tentukan metode *Lot Sizing* bila alternatif teknik *Lot Sizing* yang akan digunakan adalah :

- a. *Lot For Lot* (L4L)
- b. *Economic Order Quantity* (EOQ)

5. Perusahaan Manufaktur Wedges hendak menentukan besarnya Lot. Berikut adalah informasi yang dapat diperoleh :

Harga perkomponen (*Cost/component*) Rp 30/unit

Biaya pesan per pesanan (*Set Up Cost/Order*) Rp 40/pesan

Biaya simpan per minggu (*Holding Cost/week*) 10 %

Biaya Pesan per Tahun (*Holding Cost/Year*) 0,3%

<i>Week</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>Net Requirement</i>	20	25	10	40	30	35	10

Tentukan metode *Lot Sizing* bila alternatif teknik *Lot Sizing* yang akan digunakan adalah :

- a. *Lot For Lot* (L4L)
- b. *Economic Order Quantity* (EOQ)



Bab 2
Forecasting (Peramalan)
Manajemen Operasional

BAB II

FORECASTING (PERAMALAN)

Deskripsi Modul

Dalam perencanaan di suatu instansi baik itu pemerintah maupun swasta, peramalan merupakan kebutuhan yang sangat mendasar. Di mana baik maupun buruknya ramalan dapat mempengaruhi seluruh bagian instansi, karena waktu tenggang untuk pengambilan keputusan dapat berkisar dari beberapa tahun. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data masa lalu dan menempatkannya ke masa yang akan datang dengan suatu bentuk model matematis.

Tujuan Modul

Setelah menyelesaikan praktikum pada modul ini, praktikan akan memahami :

1. Konsep *Forecasting* (sejarah, dan pengertian)
2. Mampu memperkirakan apa yang akan terjadi di masa datang berdasar variabel atau kemungkinan yang ada
3. Memahami perhitungan menggunakan metode pada *forecasting*
4. Mampu menggunakan aplikasi *software* dalam proses peramalan

Isi

Pembelajaran 1 : *Pengertian*

Pembelajaran 2 : *Kegunaan dan Peranan Forecasting*

Pembelajaran 3 : *Metode Peramalan*

APA ITU FORECASTING ?

Forecasting diartikan sebagai seni dan ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan atau dapat juga diartikan segala aktivitas bisnis yang memperkirakan penjualan dan penggunaan produk sehingga produk-produk itu dapat dibuat dalam kuantitas yang tepat. Peramalan merupakan dugaan terhadap permintaan yang akan datang berdasarkan pada beberapa variabel peramal, biasanya berdasarkan data deret waktu historis dan menggunakan teknik-teknik peramalan yang bersifat formal maupun informal (*Gasperz, 1998*).

Metode peramalan akan membantu dalam mengadakan pendekatan analisa terhadap tingkah laku atau pola dari data yang lalu, sehingga dapat memberikan cara pemikiran, pengerjaan dan pemecahan yang sistematis dan pragmatis, serta memberikan tingkat keyakinan yang lebih besar atas ketepatan hasil ramalan yang dibuat.

2.1 Kegunaan dan Peranan Peramalan

Kegiatan peramalan merupakan bagian integral dari pengambilan keputusan manajemen. Peramalan mengurangi ketergantungan pada hal-hal yang belum pasti (intuitif). Peramalan memiliki sifat saling ketergantungan antar divisi atau bagian. Kesalahan dalam proyeksi penjualan akan mempengaruhi pada ramalan anggaran, pengeluaran operasi, arus kas, persediaan, dan sebagainya. Adapun dua hal pokok yang harus diperhatikan dalam proses peramalan yang akurat dan bermanfaat (*Makridakis, 1999*) :

1. Pengumpulan data yang relevan berupa informasi yang dapat menghasilkan peramalan yang akurat.
2. Pemilihan teknik peramalan yang tepat yang akan memanfaatkan informasi data yang diperoleh semaksimal mungkin.

Dalam perencanaan di suatu instansi baik itu pemerintah maupun swasta, peramalan merupakan kebutuhan yang sangat mendasar. Di mana baik maupun buruknya ramalan dapat mempengaruhi seluruh bagian instansi, karena waktu tenggang untuk pengambilan keputusan dapat berkisar dari beberapa tahun. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien.

Beberapa sumber data yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan adalah :

1. Pendapat konsumen
2. Pendapat langganan / *customer*
3. Catatan / pendapat distribusi

4. Catatan penjual dari perusahaan yang bersangkutan

Selain itu, kegunaan dan peranan peramalan dalam ekonomi bisnis adalah :

1. Untuk mengkaji kebijakan perusahaan yang berlaku saat ini dan di masa lalu serta melihat sejauh mana pengaruh di masa yang akan datang.
2. Peramalan diperlukan karena adanya *time-lag* atau *delay* antara saat suatu kebijakan perusahaan ditetapkan dengan saat implementasi.
3. Dengan adanya peramalan maka dapat dipersiapkan program dan tindakan perusahaan untuk mengantisipasi keadaan di masa yang datang, sehingga resiko kegagalan dapat diminimumkan.
4. Peramalan merupakan dasar penyusunan bisnis pada suatu perusahaan sehingga dapat meningkatkan efektifitas suatu rencana bisnis.
5. Peramalan juga digunakan dalam *decision making* karena hasil peramalan merupakan informasi yang mendasari keputusan para manajer perusahaan dalam berbagai tingkatan manajemen perusahaan.

2.2 Metode Peramalan

Metode peramalan ada tiga yaitu :

1. Metode *Qualitative* atau metode *judgemental*, yaitu peramalan yang menggunakan pusat data kualitatif, hasilnya bergantung pada orang yang menyusunnya, seperti peramalan dengan metode *Delphi* dan metode *s-curve past*.
2. Metode *Quantitative Time Series* atau metode *ekstrapolative*, digunakan jika datanya *time series*.
3. Metode *Quantitative Causal* atau metode *eksplanatory*, digunakan jika datanya *cross-sectional*. Metode kausalitas ini menggunakan model regresi.

Metode peramalan data *time series* terdiri dari metode :

1. *Naive forecasting*
2. Rata-rata kumulatif
3. *Single Moving Average (SMA)*
4. *Double Moving Average (DMA)*
5. *Single Exponential Smoothing (SES)*

A. Moving Average (Rata-Rata Bergerak/MA)

Adalah suatu metode peramalan dengan mengkombinasikan data dari beberapa periode terbaru/terakhir. Metode ini pada dasarnya bertujuan membuat data yang berfluktuatif menjadi data yang relatif stabil (kurang berfluktuatif) sehingga fluktuasi dari pola data menjadi halus dan relatif merata.

Kelebihan metode ini adalah dapat diterapkan pada data jenis apapun juga baik yang sesuai dengan kurva matematik ataupun tidak. Namun kekurangannya adalah tidak mempunyai persamaan untuk peramalan dan sebagai gantinya digunakan nilai rata-rata bergerak terakhir sebagai nilai ramalan untuk periode yang akan datang.

$$MA = \frac{\sum \text{Penjualan nyata pada } n \text{ periode terakhir}}{\sum \text{Periode (n) yg digunakan dalam moving average}}$$

Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan metode *Moving Average* :

1. Menentukan banyaknya periode untuk mendapatkan harga rata-rata
2. Membuat tabel perhitungan
3. Menemukan nilai total bergerak
4. Menemukan nilai peramalan

B. Weight Moving Average (Rata-Rata Tertimbang)

WMA adalah suatu metode peramalan yang cara perhitungannya hampir sama dengan MA, hanya berbeda pada adanya penambahan bobot pada tiap data. Data terakhir yang termasuk dalam periode perhitungan rata-rata diberi bobot yang lebih besar.

$$WMA = (W_t * X_t) + (W_{t-1} * X_{t-1}) + (W_{t-2} * X_{t-2}) + \dots$$

Dimana :

W_t = bobot terbesar

W_{t-1} = bobot terbesar kedua

W_{t-2} = bobot terbesar ketiga

X_t = data periode terakhir

X_{t-1} = data satu periode sebelum periode terakhir

X_{t-2} = data dua periode sebelum periode terakhir

C. Exponential Smoothing (ES)

Adalah suatu metode ramalan rata-rata bergerak yang melakukan penimbangan terhadap data masa lalu dengan cara *exponential*. Pada metode ini peramalan dilakukan dengan cara hasil ramalan periode terakhir ditambah porsi perbedaan atau tingkat kesalahan antara permintaan nyata periode terakhir dan peramalan periode terakhir.

$$F_t = \{ F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1}) \}$$

Dimana :

F_t = ramalan untuk periode sekarang (1)

F_{t-1} = ramalan untuk periode sebelumnya ($t-1$)

α = *smoothing* konstan (porsi perbedaan)

A_{t-1} = permintaan nyata periode sebelumnya

2.3 Kesalahan Peramalan

Kesalahan peramalan mempunyai 2 unsur yang harus diperhatikan :

1. Perbedaan antara permintaan nyata dengan peramalan (*error*)
2. Arah kesalahan, yaitu apakah permintaan nyata berada di atas atau di bawah ramalan

Ada suatu ukuran kesalahan yang umum digunakan yaitu *Mean Absolute Deviasion* (MAD), dimana ukuran ini mencari selisih antara permintaan nyata dan ramalan dengan tingkat rata-rata kesalahan selama meramalkan adalah :

$$MAD = \frac{\sum \text{Kesalahan}}{N - n}$$

Dimana : N = Jumlah data penjualan
 n = Jumlah periode

CONTOH SOAL :

1. Berikut adalah data penjualan tiket konser Taylor Swift :

Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT
Penjualan	3100	3300	3500	3700	4100	4500	5100	5500

Tentukanlah :

- a. Metode *Moving Average* (MA) 3 periode dan buat analisisnya!
- b. Metode *Weight Moving Average* (WMA) 3 periode dimana $W_1 = 0,2$; $W_2 = 0,3$ dan $W_3 = 0,5$ buatlah analisisnya!
- c. Metode *Exponensial Smoothing* (ES) dengan $\alpha = 0,85$ dan buatlah analisisnya!

JAWAB:**a. MA 3 periode**

Bulan	Penjualan	Pergerakan MA 3 periode	Ramalan (Ft)	Error (e)
JAN	3100			
FEB	3300			
MAR	3500			
APR	3700	$(3100+3300+3500) : 3$	3300	400
MEI	4100	$(3300+3500+3700) : 3$	3500	600
JUN	4500	$(3500+3700+4100) : 3$	3766,667	733,333
JUL	5100	$(3700+4100+4500) : 3$	4100	1000
AGT	5500	$(4100+4500+5100) : 3$	4566,67	933,333
SEP		$(4500+5100+5500) : 3$	5033,333	
				3666,666

$$MAD = \frac{\Sigma \text{Kesalahan}}{N - n} = \frac{3666,666}{8 - 3} = 733,333$$

$$\text{Kisaran :} \quad F_t - MAD \leq X \leq F_t + MAD$$

$$5033,333 - 733,333 \leq X \leq 5033,333 + 733,333$$

$$4300 \leq X \leq 5766,666$$

Analisis :

Jadi, bila menggunakan metode MA 3 periode diramalkan penjualan bulan ke-9 sebanyak 5033,333 dengan kisaran penjualan 4300 sampai 5766,666.

b. WMA 3 periode dimana $W_1 = 0,2$ $W_2 = 0,5$ $W_3 = 0,3$

Bulan	Penjualan	Pergerakan WMA 3 periode	Ramalan (Ft)	Error (e)
JAN	3100			
FEB	3300			
MAR	3500			
APR	3700	$(0,2*3100)+(0,3*3300)+(0,5*3500)$	3360	340
MEI	4100	$(0,2*3300)+(0,3*3500)+(0,5*3700)$	3560	540
JUN	4500	$(0,2*3500)+(0,3*3700)+(0,5*4100)$	3860	640
JUL	5100	$(0,2*3700)+(0,3*4100)+(0,5*4500)$	4220	880
AGT	5500	$(0,2*4100)+(0,3*4500)+(0,5*5100)$	4720	780
SEP		$(0,2*4500)+(0,3*5100)+(0,5*5500)$	5180	
				3180

$$MAD = \frac{\Sigma \text{Kesalahan}}{N - n} = \frac{3180}{8 - 3} = 636$$

$$\begin{aligned} \text{Kisaran : } \quad Ft - MAD &\leq X \leq Ft + MAD \\ 5180 - 636 &\leq X \leq 5180 + 636 \\ 4544 &\leq X \leq 5816 \end{aligned}$$

Analisis :

Jadi, bila menggunakan metode WMA 3 periode dengan besar masing-masing bobot $W_1 = 0,2$; $W_2 = 0,3$; $W_3 = 0,5$ diramalkan penjualan bulan ke-9 sebanyak 5180 dengan kisaran penjualan 4544 sampai 5816.

c. Metode ES dengan $\alpha = 0,85$

Bulan	Penjualan	ES dengan $\alpha = 0,85$	Ramalan (Ft)	Error (e)
JAN	3100			
FEB	3300	3100	3100	200
MAR	3500	$3100 + 0,85(3300 - 3100)$	3270	230
APR	3700	$3270 + 0,85(3500 - 3270)$	3465,5	234,5
MEI	4100	$3465,5 + 0,85(3700 - 3465,5)$	3664,825	435,175
JUN	4500	$3664,825 + 0,85(4100 - 3664,825)$	4034,724	465,276
JUL	5100	$4034,724 + 0,85(4500 - 4034,724)$	4430,209	669,791
AGT	5500	$4430,209 + 0,85(5100 - 4430,209)$	4999,531	500,469
SEP		$4999,531 + 0,85(5500 - 4999,531)$	5424,93	
				2735,211

$$MAD = \frac{\Sigma \text{Kesalahan}}{N - n} = \frac{2735,211}{8 - 1} = 390,744$$

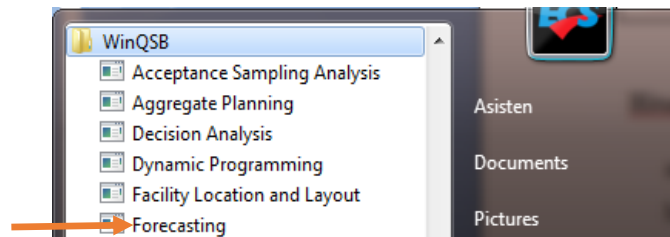
$$\begin{aligned} \text{Kisaran : } \quad Ft - MAD &\leq X \leq Ft + MAD \\ 5424,93 - 390,744 &\leq X \leq 5424,93 + 390,744 \\ 5034,186 &\leq X \leq 5815,674 \end{aligned}$$

Analisis :

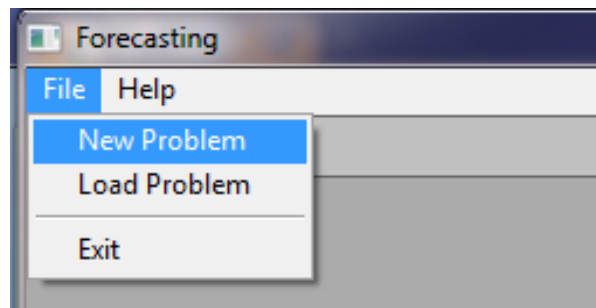
Jadi, bila menggunakan metode ES dengan $\alpha = 0,85$ diramalkan penjualan bulan ke-9 sebanyak 5424,93 dan dengan kisaran penjualan 5034,186 sampai 5815,674.

2.4 APLIKASI KE PROGRAM WIN QSB

1. Buka *Software WinQSB*, pilih *Start -> All Programs -> WinQSB*, pilih *Forecasting*

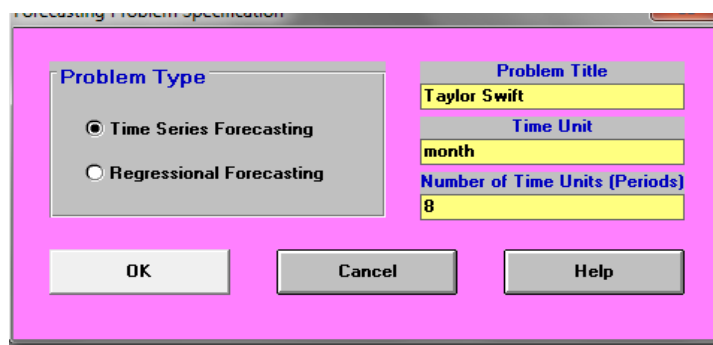


2. Untuk memulai *problem solving* pilih menu *File -> New Problem*



3. Jenis peramalan yang akan kita gunakan adalah *Time Series Forecasting*, oleh karena itu pilih *Time Series Forecasting*.

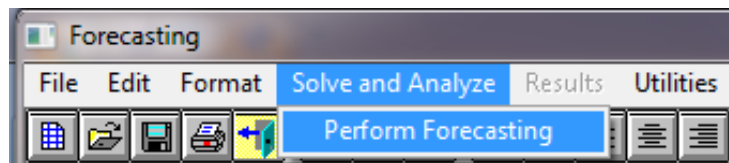
- Masukkan *Problem Title* (isikan nama anda)
- *Time Unit* (satuan waktu) isikan sesuai dengan soal
- *Number of Time Unit (period)* = 8 (karena data penjualan sebanyak 8 bulan)



4. Masukkan data observasi

Month	Historical Data
1	3100
2	3300
3	3500
4	3700
5	4100
6	4500
7	5100
8	5500

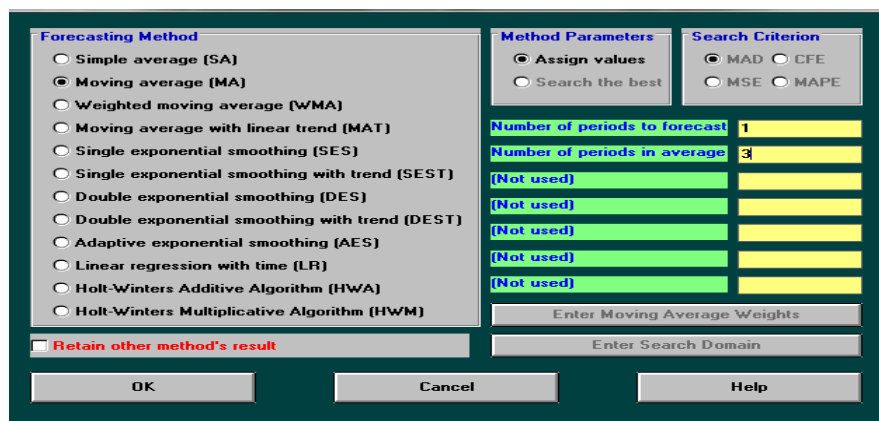
5. Untuk memulai peramalan pilih menu *Solve and Analyze* -> *Perform Forecasting*



6. Untuk menghitung dengan metode MA (*Moving Average*) pilih *Moving Average* (MA), masukkan :

- *Number of periods to forecast* = 1 (jumlah periode yang akan diramalkan)
- *Number of periods in average* = 3 (pergerakannya)

Klik *OK* untuk melanjutkan



7. Hasil akhir (MAD = 733)

09-10-2015 Month	Actual Data	Forecast by 3-MA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	3100								
2	3300								
3	3500								
4	3700	3300	400	400	400	160000	10.81081	1	1
5	4100	3500	600	1000	500	260000	12.72248	2	1
6	4500	3766,667	733,3333	1733,333	577,7778	352592,5	13,91375	3	1
7	5100	4100	1000	2733,333	683,3333	514444,4	15,33727	4	1
8	5500	4566,667	933,3335	3666,667	733,3334	585777,8	15,66376	5	1
9		5033,333							
CFE		3666,667							
MAD		733,3334							
MSE		585777,8							
MAPE		15,66376							
Trk.Signal		5							
R-sqaure		1							
		m=3							

8. Untuk menghitung dengan metode *Weight Moving Average* (WMA), pilih *Weight moving average* (WMA)

- *Number of periods to forecast* = 1 (jumlah periode yang akan diramalkan)
- *Number of periods in average* = 3 (pergerakannya)

Forecasting Method

☐ Simple average (SA)
☐ Moving average (MA)
☒ Weighted moving average (WMA)
☐ Moving average with linear trend (MAT)
☐ Single exponential smoothing (SES)
☐ Single exponential smoothing with trend (SEST)
☐ Double exponential smoothing (DES)
☐ Double exponential smoothing with trend (DEST)
☐ Adaptive exponential smoothing (AES)
☐ Linear regression with time (LR)
☐ Holt-Winters Additive Algorithm (HWA)
☐ Holt-Winters Multiplicative Algorithm (HWM)

☐ Retain other method's result

Method Parameters

☒ Assign values
☐ Search the best

Search Criterion

☒ MAD ☐ CFE
☐ MSE ☐ MAPE

Number of periods to forecast: 1
 Number of periods in average: 3
 (Not used)
 (Not used)
 (Not used)
 (Not used)

Enter Moving Average Weights

Enter Search Domain

OK Cancel Help

9. Untuk memasukkan *Weight* (beban) pilih *Enter Moving Average Weights* (urutkan *weight* berdasarkan yang terkecil terlebih dahulu)

- Periode 1 = 0.20
- Periode 2 = 0.30
- Periode 3 = 0.50

Klik *OK* untuk melanjutkan, tekan *OK* pada *form Forecasting Setup*

Weighted Moving Average

0.30

Number (Early First)	Weight
1	0.20
2	0.50
3	0.30

OK Cancel Help

10. Hasil akhir dengan menggunakan MAD = 636

09-10-2015 Month	Actual Data	Forecast by 3-WMA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	3100								
2	3300								
3	3500								
4	3700	3360	340	340	340	115600	9.189189	1	1
5	4100	3560	540	880	440	203600	11.17996	2	1
6	4500	3860	640	1520	506.6667	272266.7	12.19405	3	1
7	5100	4220	880	2400	600	397800	13.45926	4	1
8	5500	4720	780	3180	636	439920	13.60377	5	1
9	5180								
CFE		3180							
MAD		636							
MSE		439920							
MAPE		13.60377							
Trk. Signal		5							
R-sqaure		1							
		m=3							
		w(1)=0.2							
		w(2)=0.3							
		w(3)=0.5							

11. Untuk menghitung dengan menggunakan metode *Single Exponential Smoothing*, pilih *Single Exponential Smoothing* (SES)

- *Number of periods to forecast* = 1 (jumlah periode yang akan diramalkan)
- *Smoothing constant alpha* = 0.85

Klik *OK* untuk melanjutkan

12. Hasil akhir *Single Exponential Smoothing* (SES) MAD = 390,744

09-10-2015 Month	Actual Data	Forecast by SES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	3100								
2	3300	3100	200	200	200	40000	6.060606	1	1
3	3500	3270	230	430	215	46450	6.316017	2	1
4	3700	3465,5	234,5	664,5	221,5	49296,75	6.32329	3	1
5	4100	3664,825	435,175	1099,675	274,9188	84316,89	7.395974	4	1
6	4500	4034,724	465,2764	1564,951	312,9903	110749,9	7.984674	5	1
7	5100	4430,208	669,7915	2234,743	372,4572	167061,7	8.842756	6	0,9024129
8	5500	4999,531	500,4688	2735,212	390,7445	178977	8.879424	7	0,9286489
9		5424,93							
CFE			2735,212						
MAD			390,7445						
MSE			178977						
MAPE			8,879424						
Trk. Signal			7						
R-sqaure			0,9286489						
			Alpha=0,85						
			F(0)=3100						

Soal Uji Kemampuan

1. PT. YAMAHA adalah perusahaan yang bergerak di bidang Otomotif, berikut adalah data penjualannya :

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
Penjualan	200	320	300	160	250

Tentukanlah: Peramalan untuk bulan Juni dengan metode MA dimana pergerakannya 2 bulan; WMA 2 periode, dimana $W_1 = 0,3$ dan $W_2 = 0,7$. Peramalan dengan metode ES, Jika diketahui $\alpha = 0,40$.

2. Berikut adalah data penjualan PT. SCOTT selama 4 tahun adalah sebagai berikut:

Tahun	1	2	3	4
Penjualan	4300	2250	3200	5000

Hitunglah : Peramalan pada tahun ke-5 dengan metode MA dimana pergerakannya 2 bulan; WMA 2 periode, dimana $W_1 = 0,40$; $W_2 = 0,60$; Peramalan dengan metode ES Jika diketahui $\alpha = 0,15$.

3. Berikut adalah data penjualan PT. HOTMAN selama 6 tahun:

Tahun	1	2	3	4	5	6
Penjualan	2200	3250	1800	3600	2800	3000

Hitunglah : Peramalan pada tahun ke-7 dengan metode MA dimana pergerakannya 3 tahun; WMA 3 periode, dimana $W_1 = 0,20$; $W_2 = 0,30$; $W_3 = 0,50$; Jika diketahui $\beta = 0,35$, berapakah peramalan dengan metode ES.

4. Berikut adalah data penjualan PT. MAJU MUNDUR CANTIK selama 5 bulan:

Bulan	JAN	FEB	MAR	APR	MEI
Penjualan	1000	2300	2600	3300	4000

Hitunglah : Peramalan untuk bulan Juni dengan metode MA dimana pergerakannya 2 bulan; WMA 2 periode, dimana $W_1 = 0,70$; $W_2 = 0,30$; Peramalan dengan metode ES Jika diketahui $\alpha = 0,60$

5. PT. ETUDE HOUSE adalah perusahaan yang bergerak di bidang Kosmetik. Berikut adalah data penjualannya:

Tahun	1	2	3	4	5	6
Penjualan	700	780	830	850	900	960

Tentukanlah : Peramalan untuk tahun ke-7 dengan metode MA dimana pergerakannya 3 bulan; WMA 3 periode, dimana $W_1 = 0,1$; $W_2 = 0,6$; $W_3 = 0,3$. Peramalan dengan metode ES, Jika diketahui $\alpha = 0,70$.



Bab 3
**Analisis Jaringan CPM
Tanpa Percepatan**

Manajemen Operasional

BAB III

ANALISIS JARINGAN CPM TANPA PERCEPATAN

Deskripsi modul

Critical Path Method merupakan suatu metode yang dirancang untuk mengoptimalkan biaya proyek dimana dapat ditentukan kapan pertukaran biaya dan waktu harus dilakukan untuk memenuhi jadwal penyelesaian proyek dengan biaya seminimal mungkin. (T.Hani Handoko, 1993:40). *Critical Path Method* dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Critical Path Method tanpa percepatan* dan *Critical Path Method dengan percepatan*. Pada Bab ini akan dijelaskan *Critical Path Method* tanpa percepatan.

Analisis jaringan merupakan suatu metode analisis yang mampu memberikan informasi kepada manajemen agar dapat melakukan perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan produksi atau proyek yang akan dilaksanakan. Konsep *network* mula-mula disusun oleh sebuah perusahaan jasa konsultan manajemen *Boaz, Allen, dan Hamilton*, yang disusun untuk perusahaan pesawat terbang *Lockheed*. Kebutuhan penyusunan *network* ini dirasa penting karena perlu adanya koordinasi dan pengurutan kegiatan-kegiatan pabrik yang kompleks, yang saling berhubungan, dan saling tergantung satu sama lain. Analisis ini digunakan untuk mengendalikan kegiatan-kegiatan yang bersifat tidak rutin, atau terutama pada tipe proses produksi *intermitten* (produksi pesanan). Secara umum, dapat dikatakan bahwa analisis jaringan digunakan untuk membantu menyelesaikan masalah – masalah yang timbul dari serangkaian pekerjaan. Masalah – masalah yang dimaksud antara lain adalah :

- a. Waktu penyelesaian yang berbeda – beda dari serangkaian pekerjaan tersebut
- b. Biaya yang harus dikeluarkan untuk melaksanakan serangkaian kegiatan tersebut
- c. Waktu menganggur yang terjadi di setiap pekerjaan

Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan praktikum pada modul ini, praktikan akan memahami:

- Membuat analisa tentang jalur kritis
- Dapat menentukan durasi penyelesaian suatu pekerjaan
- Membandingkan durasi total pekerjaan dengan waktu yang dibutuhkan
- Menetapkan perkiraan waktu atau biaya untuk setiap aktivitas, yang berguna untuk menghemat waktu dalam pengerjaan proyek tersebut serta meminimalisasi biaya dalam pengerjaan proyek
- Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek

Isi

Pembelajaran: *Menganalisis suatu proyek dengan menggunakan analisis jaringan.*

Latihan 1 Menghitung waktu penyelesaian suatu proyek.

Soal Latihan

ARTI PENTING ANALISIS JARINGAN CPM TANPA PERCEPATAN

Metode Jaringan :

Begitu banyak perusahaan yang menggunakan konsep *network* (jaringan) dalam perusahaannya, yang menyebabkan banyak sekali muncul metode-metode *network* baru yang berkembang atas dasar kebutuhan masing-masing perusahaan dalam melaksanakan kegiatan usaha yang diterapkan oleh masing-masing perusahaan. Namun, nama yang paling umum digunakan adalah :

1. PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

PERT dikembangkan oleh Angkatan Laut Amerika dalam pengelolaan Program peluru kendali Polaris, yang dirancang untuk membantu *scheduling* (penjadwalan) agar perencanaan dan pengawasan semua kegiatan dapat dilakukan secara sistematis sehingga efisiensi kerja dapat tercapai.

2. CPM (*Critical Path Method*)

CPM mengusahakan optimalisasi biaya total (*Overhead and Activity Cost*) untuk jangka waktu penyelesaian yang bisa dicapai.

3.1 Keuntungan Analisis Jaringan

Beberapa contoh serangkaian pekerjaan yang dapat diselesaikan dengan analisis jaringan, antara lain adalah:

- a. Serangkaian pekerjaan membangun jembatan
- b. Serangkaian pekerjaan membangun gedung
- c. Serangkaian pekerjaan produksi
- d. Serangkaian pekerjaan mengganti mesin yang rusak, dll.

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

1. Memperoleh logika ketergantungan atau logika kegiatan proses produksi
2. Dapat mengetahui bahaya akan keterlambatan dari proses produksi
3. Dapat diketahui 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

3.2 Simbol-simbol Jaringan

Beberapa simbol yang digunakan adalah :

————→ **Anak Panah**, menunjukkan 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 kejadian atas berakhirnya/selesainya suatu kegiatan

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

3.3 Istilah-istilah Lain Dalam *Network*

1. **Earliest Start Time (ES)**, yaitu waktu paling awal (tercepat) untuk dapat memulai sesuatu kegiatan dengan waktu normal tanpa mengganggu kegiatan lain dan dengan memperhatikan waktu kegiatan yang diharapkan dan persyaratan urutan pekerjaan, dimana: $ES(n) = EF(n-1)$.

2. **Earliest Finish Time (EF)**, yaitu waktu paling awal (tercepat) untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan dengan waktu normal tanpa mengganggu kegiatan yang lain, dimana: $EF(n) = ES(n) + ET(n)$.
 3. **Latest Finish Time (LF)**, yaitu waktu paling lambat (akhir) untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan waktu normal tanpa mengganggu kelancaran kegiatan yang lain dan tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan, dimana : $LF(n) = EF(n)$, bila yang dihitung adalah kegiatan akhir (*terminal event*) atau $LF(n) = LS(n-1)$, bila yang dihitung bukan *terminal event*.
 4. **Latest Start Time (LS)**, yaitu waktu paling lambat (akhir) untuk dapat memulai suatu kegiatan, dengan waktu normal tanpa mengganggu kelancaran kegiatan lain dan tanpa penundaan keseluruhan proyek, dimana : $LS(n) = LF(n) - ET(n)$.
- Keterangan : n = kegiatan ke-n atau kegiatan yang sedang dianalisis
 $n-1$ = kegiatan terakhir sebelum kegiatan ke-n

3.4 Beberapa Hal yang Perlu Diperhatikan Dalam Analisis Jaringan

1. Sebelum suatu kegiatan dimulai, semua kegiatan yang mendahuluinya harus sudah diselesaikan.
2. Gambar anak panah hanya sekedar menunjukkan urutan-urutan di dalam mengerjakan pekerjaan. Panjang atau pendeknya anak panah dan arahnya tidak menunjukkan lama atau singkatnya, serta letak dari pekerjaan.
3. Lingkaran (*nodes*) yang menunjukkan kegiatan diberi nomor sedemikian rupa sehingga tidak terdapat lingkaran yang mempunyai nomor yang sama.
4. Dua buah kejadian (*event*) hanya dapat dihubungkan oleh satu kegiatan (anak panah).
5. *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 4 dan 5 tidak dapat dihindari, sehingga untuk mengatasinya harus dibuatkan atau dibantu dengan sebuah aktivitas *DUMMY*.

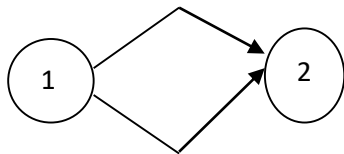
3.5 *Dummy Activities*

Dummy Activities atau kegiatan semu adalah kegiatan yang memakan waktu relatif 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, antara lain :

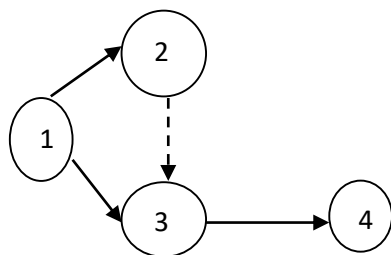
1. Waktu relatif sangat pendek dibandingkan dengan kegiatan lainnya, sehingga tidak memerlukan waktu
2. Menentukan boleh tidaknya kegiatan selanjutnya dilakukan
3. Dapat merubah jalur kritis dan waktu kritis

Manfaat atau kegunaan kegiatan semu, antara lain :

1. Untuk menghindari dua kejadian dihubungkan lebih dari satu kegiatan.



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.

3.6 Jalur Kritis (*CRITICAL PATH*)

Jalur kritis adalah jalur yang jumlah jangka waktu penyelesaian kegiatan-kegiatannya terbesar atau terlama, dan menjadi waktu penyelesaian minimum yang diharapkan. Suatu jalur kritis bisa didapatkan dengan menambah waktu suatu aktivitas pada tiap urutan pekerjaan dan menetapkan jalur terpanjang pada tiap proyek. Biasanya, sebuah jalur kritis terdiri dari pekerjaan-pekerjaan yang tidak bisa ditunda waktu pengerjaannya.

Ciri-ciri jalur kritis :

- 1) Jalur yang memakan waktu terpanjang dalam suatu proses.

- 2) Jalur yang tidak memiliki tenggang waktu antar waktu selesainya suatu tahap kegiatan berikutnya.
- 3) Tidak adanya tenggang waktu tersebut yang merupakan sifat kritis dari jalur kritis tersebut.

Manfaat analisa jalur kritis :

- 1) Dapat diketahui rencana proyek secara terperinci sebelum proyek dijalankan.
- 2) Dapat diketahui berapa lama proses produksi memakan waktu.
- 3) Dari jalur kritis pihak manajemen dapat mengetahui kegiatan-kegiatan mana saja yang memerlukan pengendalian secara cermat.
- 4) Dari jalur yang bukan jalur kritis dapat diketahui besarnya *idle capacity* (kapasitas menganggur), yaitu dengan melihat besar *slack* dan *floatnya*.
- 5) *Slack* dan *float* merupakan perbedaan antara waktu paling cepat (*earliest time*) dengan waktu yang paling lambat (*latest time*). Jadi *Slack* dan *Float* merupakan perbedaan antara ES dan LS atau antara EF dan LF. Hanya saja istilah *slack* digunakan dalam jaringan yang disusun berdasarkan kejadian, sedangkan *float* digunakan dalam jaringan yang berdasarkan kegiatan.

Contoh Soal

1. Universitas Gunadarma berencana untuk melakukan perluasan bangunan dengan data sebagai berikut :

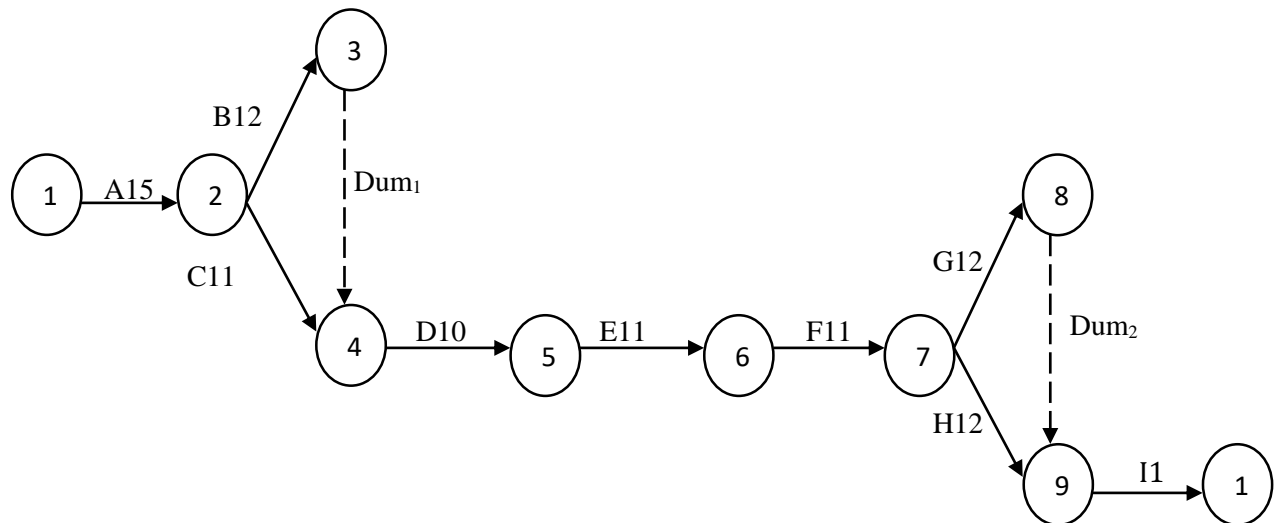
Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Dalam Bulan)
A	-	15
B	A	12
C	A	11
D	B,C	10
E	D	11
F	E	11
G	F	12
H	F	12
I	G,H	11

Carilah :

- a. Gambar Jaringan!
- b. Tentukan Jalur Kritisnya dan Waktu Penyelesaiannya!
- c. Analisis!

JAWAB

a. Gambar Jaringan



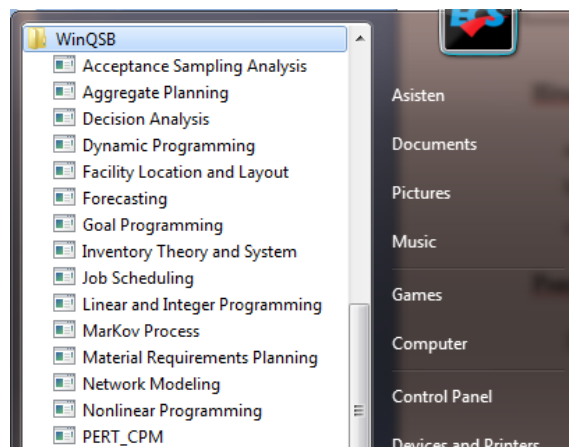
b. Jalur Kritis dan Waktu Penyelesaiannya

A-B-Dum ₁ -D-E-F-G-Dum ₂ -I	15+12+0+10+11+11+12+0+11=82
A-B-Dum ₁ -D-E-F-H-I	15+12+0+10+11+11+12+11=82
A-C-D-E-F-G-Dum ₂ -I	15+11+10+11+11+12+0+11=81
A-C-D-E-F-H-I	15+11+10+11+11+12+11=81

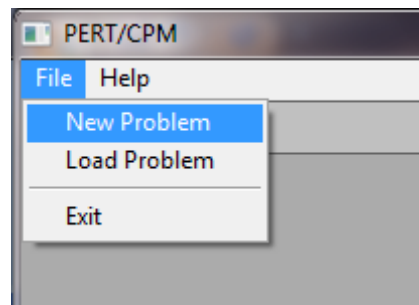
Analisis : Jadi, dari penyelesaian di atas dapat diketahui bahwa ditemukan dua hasil perhitungan yang memiliki hasil yang sama pada waktu penyelesaiannya yaitu 82. Dengan melalui jalur kritis A-B-Dum₁-D-E-F-G-Dum₂-I atau A-B-Dum₁-D-E-F-H-I.

Aplikasi Program Win QSB :

1. Buka *software* WinQSB, Start -> All Programs -> WinQSB, pilih PERT_CPM



- Untuk memulai perhitungan pilih *File -> New Problem*



- Untuk melakukan perhitungan, ikuti langkah berikut :

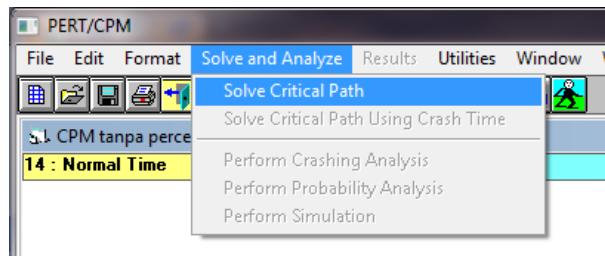
- Masukkan *Problem Title* (isikan nama perusahaan)
- Number of activities* = 9 (banyaknya aktivitas)
- Time unit* (satuan waktu) = month

Pilih hanya *Normal Time* nya saja pada bagian *Select CPM Data Field*. Klik *OK*.

- Input data kegiatan sesuai dengan soal

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by '.')	Normal Time
1	A		15
2	B	A	12
3	C	A	11
4	D	B,C	10
5	E	D	11
6	F	E	11
7	G	F	12
8	H	F	12
9	I	G,H	11

- Untuk mendapatkan hasil, pilih menu *Solve and Analyze -> Solve Critical Path*



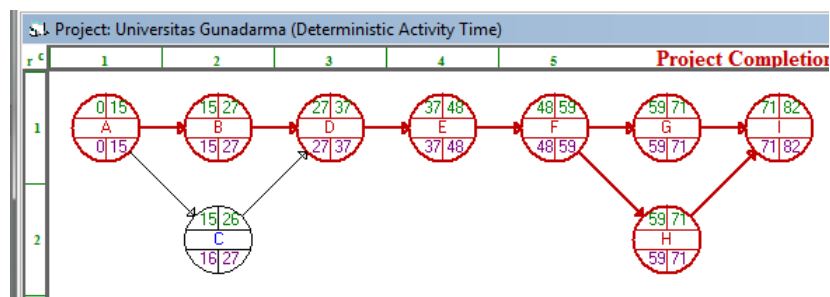
6. Hasil akhir *Critical Path* (lihat pada *On Critical Path : Yes*)

Jalur kritis : A-B-Dummy1-D-E-F-G-Dummy2-I dan A-B-Dummy1-D-E-F-H-I.

Waktu penyelesaian : 82 Bulan

06-14-2016 23:02:16	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	15	0	15	0	15	0
2	B	Yes	12	15	27	15	27	0
3	C	no	11	15	26	16	27	1
4	D	Yes	10	27	37	27	37	0
5	E	Yes	11	37	48	37	48	0
6	F	Yes	11	48	59	48	59	0
7	G	Yes	12	59	71	59	71	0
8	H	Yes	12	59	71	59	71	0
9	I	Yes	11	71	82	71	82	0
Project Completion Time				=	82	months		
Number of Critical Path(s)				=	2			

7. Gambar jalur kritis (jalur kritis yang berwarna merah).



Soal Uji Kemampuan :

1. RS Bhakti Yudha berencana memperluas lahan parkir motor dengan data, sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Dalam Minggu)
A	-	6
B	A	8
C	A	8
D	B	3
E	D	6
F	D	8
G	C	6
H	F,E	5
I	G,H	9
J	G,H	8
K	I,J	7

Tentukanlah :

- a. Gambar Jaringannya !
- b. Tentukan Jalur Kritisnya dan Waktu Penyelesaiannya!

2. PT. Wonder Woman berencana membuat Taman Bermain dengan data, sebagai berikut:

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Dalam Bulan)
A	-	10
B	-	4
C	-	6
D	A,B,C	7
E	A,B,C	6
F	D	7
G	F	4
H	E,G	3
I	H	9
J	H	3
K	I,J	8

Tentukanlah :

- a. Gambar Jaringannya
- b. Tentukan Jalur Kritisnya dan Waktu Penyelesaiannya!

3. PT FLASH ingin membuka cabang tokonya yang baru, dengan data sebagai berikut:

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Bulan)
A	-	15
B	A	17
C	A	18
D	B,C	19
E	A	20
F	D	9
G	E,F	10
H	G	18
I	G	17
J	G	14
K	I,J	14
L	H,K	13

Tentukanlah :

- a. Gambar Jaringannya!
- b. Tentukan Jalur Kritisnya dan Waktu Penyelesaiannya!

4. Tn. Mirzan berencana untuk membangun Toko Rangginang dengan data sebagai berikut:

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Minggu)
A	-	9
B	A	11
C	A	13
D	B	15
E	B,C	13
F	E	19
G	E	17
H	F,G	21
I	D,H	23

Tentukanlah :

- a. Gambar Jaringannya!
- b. Tentukan Jalur Kritisnya dan Waktu Penyelesaiannya!

5. PT. Draco Malfoy ingin membuat suatu *Petshop* dan diketahui data sebagai berikut:

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu (Bulan)
A	-	2
B	-	4
C	A	3
D	B	5
E	C	4
F	E,D	10
G	E,D	6
H	F,G	7
I	H	8

Tentukanlah :

- a. Gambar jaringannya!
- b. Jalur kritisnya dan waktu penyelesaiannya!



Bab 4
**Analisis Jaringan CPM
Dengan Percepatan**

Manajemen Operasional

BAB IV

CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) DENGAN PERCEPATAN

Deskripsi Modul

Analisis jaringan CPM (*Critical Path Method*) dengan percepatan merupakan salah satu materi yang ada dalam Manajemen Operasional. Analisis jaringan merupakan suatu metode analisis yang mampu memberikan informasi kepada manajemen agar dapat melakukan perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan produksi atau proyek yang akan dilaksanakan. Pada pembahasan modul ini kita memakai metode CPM (*Critical Path Method*), metode ini mampu melakukan analisis terhadap sumber daya yang dipakai dalam proyek (biaya) agar jadwal yang dihasilkan akan jauh lebih optimal dan ekonomis. Lalu jika kita ingin mempercepat proses pengerjaan suatu proyek, apa yang harus kita lakukan?

Tujuan Modul

Setelah menyelesaikan praktikum pada modul ini, praktikan akan memahami:

1. Proses perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek.
2. Sistem kerja dari keseluruhan proses proyek yang dilakukan.
3. Pengidentifikasian dana tambahan yang diperlukan jika proyek tersebut pengerjaannya dipercepat.

Isi

Pembelajaran: *Menganalisis suatu proyek jika pengerjaannya dipercepat.*

Latihan 1 Menghitung *Biaya Tambahan yang diperlukan*

Soal Latihan

Arti Penting Analisis Jaringan CPM dengan Percepatan

Dalam suatu proyek yang dikehendaki selesai dalam jangka waktu yang telah ditentukan, dapat dilakukan percepatan durasi kegiatan dengan konsekuensi akan terjadi peningkatan biaya. Percepatan durasi pelaksanaan proyek dengan biaya serendah mungkin dinamakan *Crashing Project*. Pada CPM, untuk mempercepat waktu pengerjaan proyek maka diadakan percepatan durasi kegiatan pada jalur-jalur kritis, dengan syarat bahwa pengurangan waktu tidak akan

menimbulkan jalur kritis baru. Salah satu cara untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek diantaranya dengan menambah waktu kerja dengan tenaga yang tersedia (kerja lembur). Penambahan jam kerja bisa dilakukan sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Dengan adanya penambahan jam kerja, maka akan mengurangi produktivitas tenaga kerja, hal ini disebabkan karena adanya faktor kelelahan oleh para pekerja.

4.1 Informasi yang dibutuhkan

1. Waktu Normal

Adalah waktu yang diperlukan bagi sebuah proyek untuk melakukan rangkaian kegiatan sampai selesai tanpa ada pertimbangan terhadap penggunaan sumber daya.

2. Biaya Normal

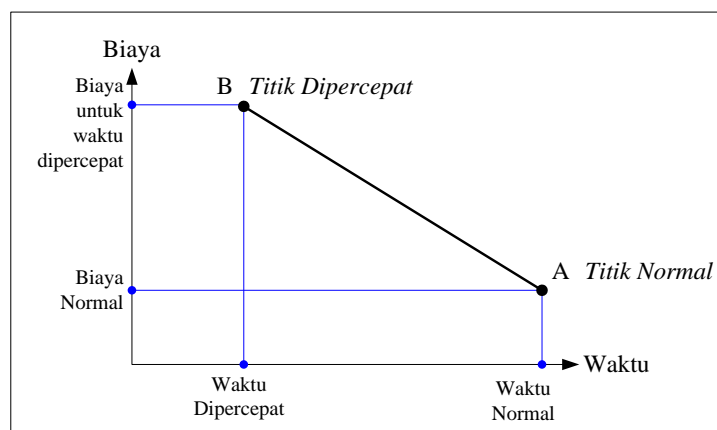
Adalah biaya langsung yang dikeluarkan selama penyelesaian kegiatan-kegiatan proyek sesuai dengan waktu normalnya.

3. Waktu Dipercepat

Waktu dipercepat atau lebih dikenal dengan *Crash Time* adalah waktu paling singkat untuk menyelesaikan seluruh kegiatan yang secara teknis pelaksanaannya masih mungkin dilakukan. Dalam hal ini penggunaan sumber daya bukan hambatan.

4. Biaya untuk Waktu Dipercepat

Atau *Crash Cost* merupakan biaya langsung yang dikeluarkan untuk menyelesaikan kegiatan dengan waktu yang dipercepat.



Gambar 4.1 Hubungan antara waktu dan biaya pada keadaan normal dan Percepatan

4.2 Biaya yang diperhitungkan

Dalam pengerjaan analisis metode CPM dengan percepatan ada biaya-biaya yang harus diperhitungkan antara lain :

1. Biaya Kegunaan (*Utility Cost*) atau *Opportunity Cost* yaitu biaya-biaya yang berhubungan dengan waktu penyelesaian proyek berupa laba potensial yang bisa diperoleh seandainya proyek bisa diselesaikan lebih cepat dan kerugian potensial seandainya terjadi penundaan.
2. Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*) yaitu biaya *Overhead* Pabrik (BOP), sewa peralatan, gaji manajer yang naik, asuransi kekayaan, biaya bunga yang naik dengan mundurnya penyelesaian proyek.

Biaya tambahan setiap kegiatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Biaya Tambahan} = \frac{\text{Biaya Percepatan} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu percepatan}}$$

Biaya percepatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Biaya Percepatan} = \text{Biaya Normal} + \{\text{Biaya Tambahan (Waktu Normal-Waktu Percepatan)}\}$$

Beberapa langkah pengerjaan metode CPM dengan percepatan:

1. Membuat gambar jaringan dari setiap kegiatan yang dilakukan
2. Membuat jalur kritis dari gambar jaringan tersebut guna mencari waktu terpanjang dari kegiatan tersebut.
3. Mencari biaya tambahan yang diperlukan jika mempercepat proses pengerjaannya.

Contoh Soal

Tn. Gerrard sedang melakukan pembangunan Stadion Sepak Bola, datanya sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Normal	Waktu Percepatan	Biaya Normal	Biaya Percepatan
A	-	10	5	1.200	1.400
B	A	12	6	1.400	1.600
C	A	8	4	1.000	1.200
D	A	10	5	1.200	1.400
E	B	14	7	1.600	1.800
F	C	12	6	1.400	1.600
G	C,D	16	8	1.800	2.000
H	F,G	18	9	2.000	2.200
I	F,G	14	7	1.600	1.800
J	H,I	18	9	2.000	2.200
K	E,J	20	10	2.200	2.400

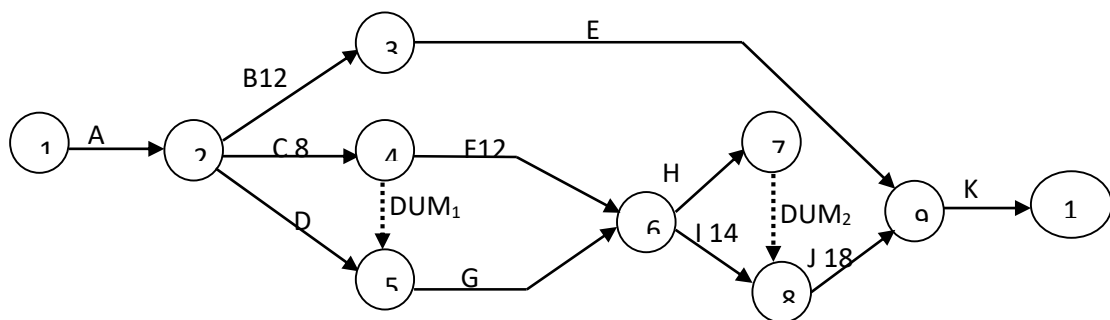
Dari data diatas maka tentukanlah

- Buatlah Gambar Jaringannya
- Buat Jalur Kritisnya
- Jika Tn. Gerrard ingin mempercepat pembangunan Stadion Sepak Bola selama 10 bulan, maka berapa biaya tambahan yang diperlukan?
- Buatlah analisisnya!

JAWAB

Langkah 1:

Menggambar jaringan dari proses kegiatan Tn. Gerrard



Langkah 2:

Menentukan jalur kritis dari jaringan tersebut seperti berikut :

A-B-E-K	10+12+14+20 = 56
A-C-F-H-DUM ₂ -J-K	10+8+12+18+0+18+20 = 86
A-C-DUM ₁ -G-H-DUM ₂ -J-K	10+8+0+16+18+0+18+20 = 90
A-C-DUM ₁ -G-I-J-K	10+8+0+16+14+18+20 = 86
A-C-F-I-J-K	10+8+12+14+18+20 = 82
A-D-G-H-DUM ₂ -J-K	10+10+16+18+0+18+20 = 92
A-D-G-I-J-K	10+10+16+14+18+20 = 80

Jadi, dari penyelesaian diatas dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian yang diperlukan oleh Tn. Gerrard untuk pembangunan Stadion Sepak Bola yaitu 92 bulan. Dengan melalui jalur kritis A-D-G-H-DUM₂-J-K

Biaya Normal Jalur Kritis

= A-D-G-H-DUM₂-J-K

= (10*1.200) + (10*1.200) + (16*1.800) + (18*2.000) + (0*0) + (18*2.000) + (20*2.200)

= 12.000+12.000+28.800+36.000+0+36.000+44.000 = 168.800

Langkah 3

Menghitung berapa besar biaya yang dibutuhkan jika proses pengerjaan Tn. Gerrard. Akan tetapi pada soal di atas, besar biaya tambahannya belum diketahui, maka kita cari terlebih dahulu besar biaya tambahannya, setelah itu baru menghitung biaya tambahan percepatannya.

Kegiatan	Biaya Tambahan
A	40
B	33,33
C	50
D	40
E	28,57
F	33,33
G	25
H	22,22
I	28,57
J	22,22
K	20

Biaya Tambahan (10 Bulan percepatan)

A	= 5 X 40	= 200	
D	= 5 X 40	= 200	
G	= 8 X 25	= 200	
H	= 9 X 22,22	= 199,98	
DUM ₂	= 0 X 0	= 0	
J	= 9 X 22,22	= 199,98	
K	= 10 X 20	= 200	
			DUM ₂ = 0 X 0 = 0
			K = 10 X 20 = <u>200</u> +
			200

Langkah 4:

Menganalisa berapa besar biaya tambahan yang diperlukan dalam mempercepat proses pengerjaan proyek tersebut.

- Lamanya Waktu = 92 bulan
- Biaya Secara Normal = 17.400

Jika dipercepat 10 bulan maka :

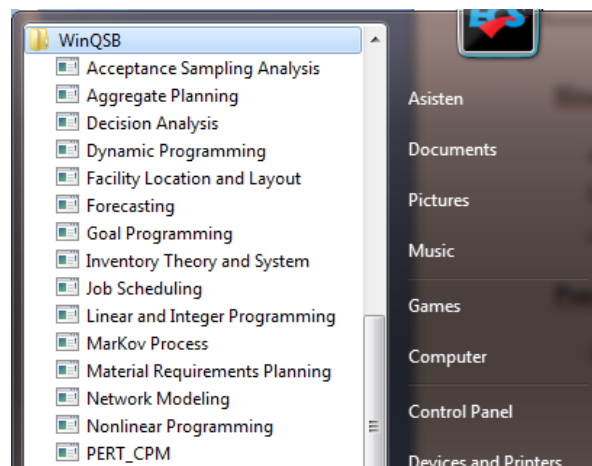
- Waktu Pengerjaan = 92 bulan – 10bulan = 82 bulan
- Biaya Dipercepat = 17.400 + 200 = 17.600

Langkah 5:

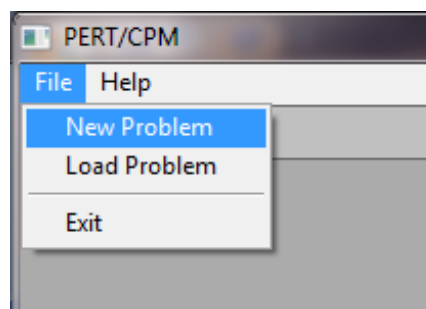
Kesimpulannya yaitu jika Tn. Gerrard ingin mempercepat pembangunan Stadion Sepak Bola selama 10 bulan, maka diperlukan biaya tambahan sebesar 200. Dengan jalur kritis A-D-G-H-DUM₂-J-K.

Aplikasi : Metode CPM dengan Percepatan menggunakan software WINQSB

1. Buka *software* WinQSB, *Start* => *All Programs* => WinQSB, pilih PERT_CPM



2. Untuk memulai perhitungan pilih *File* => *New Problem*



3. Untuk melakukan perhitungan
 - *Problem title* (isikan dengan nama anda)
 - *Number of Activites* = 11
 - *Time Unit* (satuan waktu) = month
 - Pilih *Normal Time*, *Crash Time*, *Normal Cost* dan *Actual Cost*Klik OK untuk melanjutkan

Problem Specification

Problem Title: Tn Gerrard

Number of Activities: 11

Time Unit: month

Problem Type:

☒ Deterministic CPM

☐ Probabilistic PERT

Select CPM Data Field:

☒ Normal Time

☒ Crash Time

☒ Normal Cost

☐ Crash Cost

☒ Actual Cost

☐ Percent Complete

Data Entry Format:

☒ Spreadsheet

☐ Graphic Model

Activity Time Distribution:

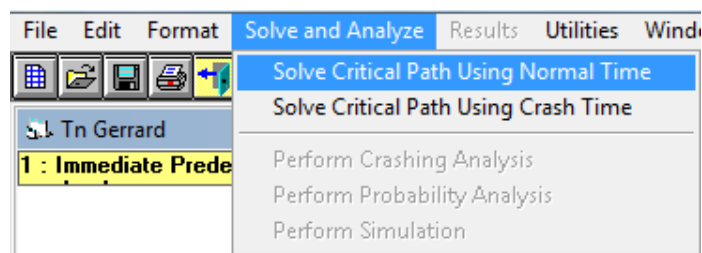
Choose Activity Time Distribution

OK Cancel Help

4. Masukkan data sesuai dengan yang ada pada soal

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Actual Cost
1	A		10	5	1200	1400
2	B	A	12	6	1400	1600
3	C	A	8	4	1000	1200
4	D	A	10	5	1200	1400
5	E	B	14	7	1600	1800
6	F	C	12	6	1400	1600
7	G	C,D	16	8	1800	2000
8	H	F,G	18	9	2000	2200
9	I	F,G	14	7	1600	1800
10	J	H,I	18	9	2000	2200
11	K	E,J	20	10	2200	2400

5. Pilih *Solve and Analyze* => *Solve Critical Path Using Normal Time* untuk menghitung.



6. Hasil akhir *Critical Path* (lihat pada *On Critical Path : Yes*)

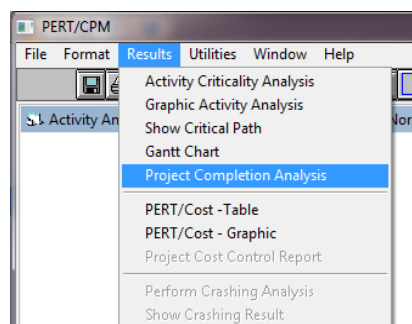
Jalur kritis : A-D-G-H-J-K

Waktu penyelesaian : 92 months

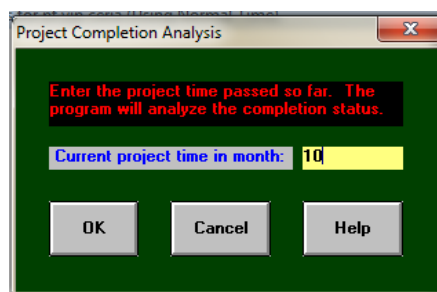
Biaya secara normal : 17.400

06-17-2016 00:33:21	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	10	0	10	0	10	0
2	B	no	12	10	22	46	58	36
3	C	no	8	10	18	12	20	2
4	D	Yes	10	10	20	10	20	0
5	E	no	14	22	36	58	72	36
6	F	no	12	18	30	24	36	6
7	G	Yes	16	20	36	20	36	0
8	H	Yes	18	36	54	36	54	0
9	I	no	14	36	50	40	54	4
10	J	Yes	18	54	72	54	72	0
11	K	Yes	20	72	92	72	92	0
	Project	Completion	Time	=	92	monts		
	Total	Cost of	Project	=	\$17.400	(Cost on	CP =	\$10.400)
	Number of	Critical	Path(s)	=	1			

7. Untuk menghitung biaya tambahan dengan 10 bulan percepatan. Pilih menu *Results => Project Completion Analysis*



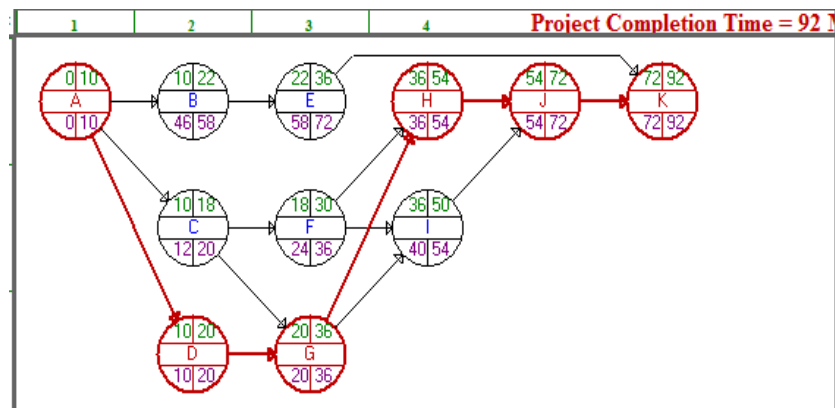
8. Input 10 bulan percepatan



9. Hasil akhir

06-17-2016 00:44:02	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Latest Start	Latest Finish	Planned % Completion
1	A	Yes	10	0	10	100
2	B	no	12	46	58	0
3	C	no	8	12	20	0
4	D	Yes	10	10	20	0
5	E	no	14	58	72	0
6	F	no	12	24	36	0
7	G	Yes	16	20	36	0
8	H	Yes	18	36	54	0
9	I	no	14	40	54	0
10	J	Yes	18	54	72	0
11	K	Yes	20	72	92	0
	Overall	Project:		0	92	10,8696

10. Gambar jalur kritis (jalur kritis yang berwarna merah).



Note :

Waktu pengerjaan dan biaya dipercepat belum diketahui cara menampilkannya di software, jadi hitung manual saja.

Soal Uji Kemampuan :

1. Tn. Vito sedang melakukan pembangunan Lapangan Basket dengan data sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Normal	Waktu Percepatan	Biaya Normal	Biaya Percepatan
A	-	5	2	650	700
B	-	6	3	700	800
C	A	7	4	650	800
D	A,B	8	5	800	1.000
E	A,B	9	6	650	1.000
F	D	10	7	1.100	1.400
G	D,E	11	8	1.350	1.700
H	C,F,G	12	9	1.100	1.500
I	H	13	10	1.050	1.500

Dari data diatas bagaimana gambar jaringannya, biaya tambahan untuk kegiatan D, jalur kritis serta waktu pengerjaan dan biaya dipercepat selama 5 bulan?

2. Ny. Gracia sedang melakukan pembangunan Restaurant Jepang, datanya sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Normal	Waktu Percepatan	Biaya Normal	Biaya Tambahan
A	-	10	6	1.000	80
B	-	12	8	1.200	150
C	-	13	9	1.400	140
D	A	14	10	1.500	130
E	B,C	11	7	1.200	85
F	E	12	8	1.300	150
G	E	13	9	1.300	175
H	D,F	14	10	1.200	160
I	H	15	11	1.600	220
J	G	16	12	1.900	180
K	I	17	13	1.700	200
L	I,J	18	14	2.000	250

Dari data diatas bagaimana gambar jaringannya, biaya percepatan untuk kegiatan K, jalur kritis serta waktu pengerjaan dan biaya dipercepat selama 12 bulan ?

3. Ny. Veranda sedang melakukan pembangunan Studio Foto, datanya sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Normal	Waktu Percepatan	Biaya Normal	Biaya Tambahan
A	-	12	8	600	50
B	A	11	5	680	75
C	A	13	4	700	120
D	B,C	12	7	720	85
E	B,C	15	9	760	150
F	D,E	8	6	830	175
G	E	10	5	860	220
H	F	14	8	800	210
I	G	10	6	950	250
J	H,I	10	8	970	250

Dari data diatas bagaimana gambar jaringannya, biaya percepatan untuk kegiatan J, jalur kritis serta waktu pengerjaan dan biaya dipercepat selama 8 hari?

4. Tn. Bobby sedang melakukan pembangunan kolam renang, datanya sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Normal	Waktu Percepatan	Biaya Normal	Biaya Tambahan
A	-	7	4	850	50
B	-	5	2	720	35
C	A	5	3	600	65
D	A	6	2	700	60
E	A,B	4	2	650	75
F	C,D	8	4	550	70
G	F	7	5	400	75
H	E,G	8	4	700	80
I	H	11	5	800	85

Dari data diatas bagaimana gambar jaringannya, biaya percepatan untuk kegiatan B, jalur kritis serta waktu pengerjaan dan biaya dipercepat selama 4 bulan ?

5. Tn. Cio berencana untuk melakukan pembangunan rumah sakit, datanya sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Normal	Waktu percepatan	Biaya Normal	Biaya Percepatan
A	-	3	1	1200	2100
B	A	4	1	1000	2200
C	A	5	2	1100	2300
D	A	5	2	1400	2400
E	C,D	4	2	1300	2500
F	B,E	8	6	1500	2600
G	F	6	3	1700	2700
H	G	8	7	1600	2800
I	G	12	4	1900	2900
J	H,I	2	1	1800	3000

Dari data diatas bagaimana gambar jaringannya, biaya tambahan untuk kegiatan H, jalur kritis serta waktu pengerjaan dan biaya dipercepat selama 3 bula