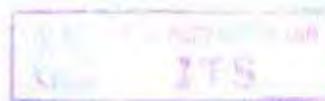


16.227/H/102



## TUGAS AKHIR

### PENERAPAN PENJADWALAN DENGAN METODE PERTUKARAN BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK RUKO 21 GUBENG II SURABAYA

OLEH :

SRI INDIYAH FATMARINI  
NRP. 3199109 538



RSS  
658.53  
Sri  
P-1  
2002

PROGRAM SARJANA EKSTENSI  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

2002

PERPUSTAKAAN	
Tgl. Terima	11 - 07 - 2002
Jml. hal.	H
No. Agenda Pro	315459

## TUGAS AKHIR

### PENERAPAN PENJADWALAN DENGAN METODE PERTUKARAN BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK RUKO 21 GUBENG II SURABAYA

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing



**PROGRAM SARJANA EKSTENSI  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
S U R A B A Y A  
2002**

**PENERAPAN PENJADWALAN DENGAN METODE  
PERTUKARAN BIAYA DAN WAKTU PADA PROYEK RUKO 21  
GUBENG II SURABAYA**

Oleh

**SRI INDIYAH FATMARINI**

Dosen Pembimbing

**Ir. DJOKO RIJANTO, MSA**

**ABSTRAK**

Proyek ruko bertingkat Ruko 21 Gubeng II Surabaya merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan kemampuan dan efisiensi dalam pengadaan tempat tinggal beserta sarana dan prasaranaanya. Mengingat proyek tersebut akan dijual dan sudah banyak yang memesannya, maka perlu perlu dilakukan analisa dengan cara bertahap terhadap waktu dan biaya pelaksanaan proyek.

Cara perhitungan untuk mendapatkan waktu penyelesaian yang optimum dengan penambahan biaya yang paling minimum adalah dengan metode Time Cost Trade Off (Pertukaran Waktu dan Biaya), yaitu dengan melakukan kompresi terhadap jaringan kerja yang ada, dengan mencari lintasan kritis dan cost slope masing –masing aktifitas. Kompresi dimulai dari cost slope terendah yang berada dalam lintasan kritis. Cara ini dilakukan berulang kali sampai lintasan kritisnya jenuh dan sudah tidak bisa dilakukan pengurangan durasi pelaksanaan.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan metode kerja lembur menghasilkan waktu optimum 165 hari berkurang 33 hari dari durasi pelaksanaan normal 189 hari dengan biaya total pelaksanaan sebesar Rp. 1.277.019.757,45 dari total pelaksanaan normal Rp. 1.286.707.731,94.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang senantiasa memberikan segala rahmat taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga Tugas Akhir penulis yang berjudul "Penerapan Penjadwalan Dengan Metode Pertukaran Biaya & Waktu Pada Proyek Ruko 21 Gubeng II Surabaya" ini dapat diselesaikan.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan, petunjuk, dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis dan semua keluarga tercinta yang memberikan dukungan moril dan materi.
2. Bapak Ir. Joko Rijanto, MSA, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk, dan motifasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Munarus Suluch, MS, selaku dosen wali.
4. Ibu Ir Fifi Sofia, selaku ketua jurusan Teknik Sipil Ekstensi
5. Rekan-rekan seangkatan dan semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungannya.

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, kesalahan dan jauh dari kesempurnaan. Untuk itu dengan kerendahan hati penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan bagi penulis sendiri.

Surabaya, April 2002

Penulis

<b>ABSTRAK</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b>	1
<b>DAFTAR ISI</b>	ii
<b>DAFTAR TABEL</b>	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	v
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	3
1.3. Tujuan penelitian .....	3
1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penjadwalan .....	4
2.1.1. Diagram Balok (Bar Chart) .....	4
2.1.2. Diagram Panah (Arrow Diagram) .....	5
2.1.2.1. Aktifitas Nyata & Palsu .....	6
2.1.2.2. Hubungan Antar Aktifitas .....	7
2.1.2.3. Penentuan Jalur Lintasan Kritis .....	10
2.1.2.3.1. Definisi-Definisi.....	10
2.1.2.3.2. Perhitungan Maju .....	11
2.1.2.3.3. Perhitungan Mundur .....	12
2.1.2.3.4. Pengertian Float / Slack .....	12
2.2 Jenis Biaya Pada Proyek Konstruksi .....	13
2.2.1. Biaya Langsung (Direct Cost) .....	13
2.2.2. Biaya Tidak Langsung (Indirect Cost) .....	13
2.3. Analisa Time Cost Trade Off (TCTO) .....	15
2.4. Pemakaian Program Komputer .....	18
<b>BAB III. METODOLOGI</b>	
3.1. Pengumpulan Data .....	21
3.2. Penerapan TCTO Pada Skedule Proyek .....	21
3.2.1. Membuat Penjadwalan CPM (Critical Path Methode) .....	21
3.2.2. Penerapan TCTO .....	22
3.3. Flow Chart .....	23

## **BAB IV. PENERAPAN TCTO PADA PROYEK**

4.1. Proyek Ruko 21 Gubeng II Surabaya .....	24
4.2. Data-Data Yang Diperoleh .....	24
4.3. Biaya Langsung dan Biaya Tak Langsung .....	26
4.4. Penyusunan Arrow Diagram .....	26
4.4.1. Analisa Keterkaitan Antar Aktifitas .....	26
4.4.2. Durasi Aktifitas .....	29
4.4.3. Analisa Penjadwalan Proyek .....	29
4.5. Cost Slope Masing - Masing Aktifitas .....	29
4.6. Analisa Time Cost Trade Off Pada Proyek .....	43
4.7. Perhitungan Durasi & Biaya Setelah Dimampatkan .....	45
4.8. Pelaksanaan di Lapangan .....	61

## **BAB V. KESIMPULAN**

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Biaya Proyek untuk Pekerjaan Struktur & Finishing .....	25
Tabel 4.2	Analisa Keterkaitan Antar Aktifitas .....	27
Tabel 4.3	Perhitungan Cost Slope Masing-Masing Aktifitas.....	73
Tabel 4.4	Data Masukan untuk Analisa TCTO dengan Cut Set System .....	43
Tabel 4.5	Proses Pemampatan .....	57
Tabel 4.6	Durasi Hasil Analisa TCTO dengan Cut Set System .....	59
Tabel 4.7	Biaya Tambahan untuk Pelaksanaan di Lapangan .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Aktifitas Nyata .....	6
Gambar 2.2	Aktifitas Palsu (dummy Activity) .....	6
Gambar 2.3	Kejadian (Event) .....	7
Gambar 2.4	Linier Activity .....	7
Gambar 2.5	Merge Event .....	8
Gambar 2.6	Burst Event .....	8
Gambar 2.7	Merge Event & Burst Event .....	9
Gambar 2.8	Dummy Aktivity .....	9
Gambar 2.9	Hubungan antara Indirect Cost & Waktu .....	14
Gambar 2.10	Hubungan antara Waktu & Biaya .....	15
Gambar 2.11	Skema Penggunaan Program QSB+ .....	20
Gambar 3.1	Flow Chart .....	23
Gambar 4.1	Grafik Hub. antara Waktu, Indirect Cost, Direct Cost, Total Cost.....	58
Gambar 4.2	Hubungan antara Waktu & Total Cost .....	58

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan perekonomian di Indonesia sebelum tahun 1997 sangat pesat, termasuk perkembangan teknologi konstruksi. Tetapi saat ini negara sedang mengalami krisis yang berkepanjangan, yang mengakibatkan hampir seluruh sektor industri khususnya industri konstruksi mengalami suatu keadaan yang buruk untuk dapat melangsungkan kegiatannya. Salah satu kegiatan dalam bidang konstruksi yang sekarang sedang menjamur adalah jenis produksi properti yang berupa rumah toko (ruko) atau rumah kantor (rukan).

Namun membangun suatu proyek dengan kuantitas yang besar dalam waktu singkat bukanlah pekerjaan yang mudah, apalagi bila tidak didukung oleh sarana yang memadai. Oleh karena itu diperlukan kemampuan manajemen konstruksi yang baik dengan memperhatikan kemampuan sumber daya tersebut.

Kemudian dikembangkan suatu konsepsi yang dikenal dengan jaringan kerja (*network planing*), yaitu suatu metode dalam penyelenggaraan proyek dengan mengkoordinasi berbagai pekerjaan, dimana satu dengan lainnya saling bebas atau saling bergantung, berdasarkan pertimbangan sumber daya yang digunakan, logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri. Untuk network planing dengan model berupa diagram disebut network diagram. Network diagram ini adalah visualisasi proyek berdasarkan network planing yang berisi lintasan-lintasan yang terdiri atas aktivitas-aktivitas yang harus dikerjakan. Dan juga terdiri dari peristiwa-peristiwa yang harus terjadi selama penyelenggaraan proyek, sehingga memungkinkan setiap aktivitas dapat dikontrol secara terpisah. Contoh dari network diagram antara lain : CPM (*Critikal Path Method*), PERT (*Program Evaluasi and review technique*), PDM (*Precedence Diagram Method*) dan lainnya.



Aspek waktu dari suatu proyek merupakan salah satu tolok ukur keberhasilan suatu proyek. Perencanaan penjadwalan waktu yang optimal dari suatu proyek merupakan kunci keberhasilan dari proyek tersebut. Karena waktu akan mempengaruhi biaya. Pengalaman selama ini menunjukkan bahwa pemborosan biaya dan waktu banyak yang tidak disebabkan kesalahan dalam tahap pelaksanaan, melainkan karena kesalahan dalam merancanakan penjadwalan untuk proyek tersebut.

Dengan menganalisa hubungan antara waktu dan biaya diharapkan dapat mereduksi atau bahkan mengeliminir kesulitan-kesulitan tersebut. Kemudian dengan mengkombinasikan metode ini dengan pendekatan teknik secara analitis dan jaringan diharapkan dapat menentukan kecepatan produksi yang optimal dari tiap-tiap aktivitas di antara beberapa alternatif kecepatan produksi, sehingga mendapatkan rencana penjadwalan waktu yang optimal dan untuk menghasilkan biaya yang minimum. Teknik analitis dengan menggunakan metode pertukaran waktu dan biaya, yang digunakan untuk mencari kombinasi yang paling optimum dari kemanfaatan sumber-sumber daya yang tersedia dan terbatas, yang berguna untuk memaksimumkan keuntungan atau meminimumkan biaya, sedangkan teknik jaringan kerja digunakan untuk menunjukkan rangkaian aktivitas-aktivitas dan ketergantungannya terhadap aktivitas yang lain dalam satu tahap dari proyek yang berulang. Berpijak dari pemikiran tersebut di atas, maka penulis berusaha menyusun sebuah Tugas Akhir ini dengan mengambil tema / judul :

“Penerapan Penjadwalan Dengan Metode Pertukaran Biaya dan Waktu Pada Proyek Ruko 21 Gubeng II Surabaya”

## 1.2 Permasalahan

Menyimak dari apa yang telah dipaparkan di atas, maka permasalahan yang perlu dikaji adalah:

- 1 Bagaimana pengaruh jadwal baru tersebut terhadap waktu penyelesaian proyek.
- 2 Bagaimana pengaruh jadwal baru tersebut terhadap biaya proyek.

## 1.3 Tujuan

- 1 Membandingkan dan menganalisa waktu pelaksanaan proyek yang menggunakan jadwal asli dengan jadwal baru.
- 2 Membandingkan dan menganalisa biaya proyek yang menggunakan jadwal asli dengan jadwal baru.

## 1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ruang lingkup dan batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Durasi tiap-tiap aktivitas diperoleh dari data proyek yang ada.
2. Harga satuan yang digunakan tidak mengalami perubahan selama pelaksanaan proyek.
3. Jadwal hanya mencakup pekerjaan struktur dan arsitek saja.
4. Perhitungan-perhitungan struktur tetap menggunakan desain awal.
5. Selama pelaksanaan proyek tidak terjadi hal-hal yang dapat mengakibatkan terlambatnya pelaksanaan aktivitas.
6. Dalam proses analitis untuk melakukan optimasi dari sumber daya yang tersedia dan terbatas digunakan perhitungan *Time Cost Trade Off*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 PENJADWALAN

Penjadwalan merupakan suatu fase yang menterjemahkan suatu perencanaan ke dalam suatu diagram-diagram yang sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan menentukan kapan aktifitas-aktifitas itu dimulai, ditunda, dan diselesaikan, sehingga pembiayaan dan pemakaian sumber-sumber daya akan disesuaikan waktunya menurut kebutuhan yang telah ditentukan.

Pada umumnya dikenal dua macam penjadwalan, yaitu untuk proyek-proyek yang tidak berulang seperti proyek pembuatan sebuah rumah, gedung, jalan, yang memiliki desain, dimensi, model berbeda-beda. Dan untuk proyek-proyek yang berulang (repetitive) seperti pembuatan sejumlah rumah-rumah yang sama (pada proyek perumahan). Untuk merencanakan dan melukiskan secara grafis dari aktivitas pelaksanaan pekerjaan konstruksi sampai saat ini dikenal beberapa metode antara lain

1. Diagram Balok (Grann Bar Chart)
2. Diagram Garis (Time/ Production Graph)
3. Diagram Panah (Arrow Diagram)
4. Diagram Skala Waktu (Time Scale Diagram)
5. Diagram Precedence (Precedence Diagram)

#### 2.1.1 Diagram Balok (Bar Chart)

Diagram balok diciptakan oleh Henry Grant, oleh karena itu diagram balok sering disebut "GANNT BAR CHART". Terdiri atas sumbu x sebagai skala waktu dan sumbu y adalah aktifitas- aktifitas yang direncanakan untuk diukur waktu pelaksanaannya yang digambarkan dengan garis horizontal tebal (batang). Panjang batang tersebut menyatakan lamanya aktifitas dengan waktu awal (start) dan waktu selesai (Finish).

Pada diagram balok ini informasi yang diberikan mencakup 3 segi yaitu pekerjaan yang seharusnya sudah dimulai. Diagram balok ini mempunyai sejumlah

manfaat dan keuntungan dibandingkan dengan sistem penjadwalan yang lain. Bentuk grafiknya sederhana dan mudah dimengerti oleh semua tingkatan managemen, oleh karena itu dapat diterima secara luas, begitu juga penggunaanya didalam pelaksanaan. Juga merupakan alat perencanaan dan penjadwalan yang luas dan hanya memerlukan sedikit penyempurnaan dan pembaharuan dari pada sistem penjadwalan yang lain yang lebih canggih. Gambaran ini umumnya untuk membantu perencanaan jadwal pada tingkat pendahuluan dari proyek-proyek konstruksi dan perekayasaan dimana perubahan-perubahan sering terjadi.

Disamping keuntungan-keuntungan diatas, diagram balok juga mempunyai keterbatasan dan kelemahan. antara lain.

- 1 Hubungan antar aktifitas tidak dapat dilihat dengan jelas.
- 2 Diagram balok sulit untuk dipergunakan untuk pekerjaan pengawasan, karena aktifitas-aktifitas yang sangat menentukan ketepatan waktu tidak terlihat jelas.
- 3 Alternatif untuk dapat memperbaiki jadwal pelaksanaan yang lain tidak dapat dibaca pada diagram balok.
- 4 Bila satu atau beberapa aktifitas mengalami keterlambatan maka gambaran situasi keseluruhan proyek tersebut sulit untuk diketahui secara tepat sampai seberapa jauh hal tersebut akan berpengaruh pada jadwal proyek secara keseluruhan.

### **2.1.2 Diagram Panah (Arrow Diagram).**

Metode jaringan kerja ini pertama-tama berkembang di Amerika pada awal tahun 1957 yang dikenal dengan *Critical Path Method* (CPM), di Perancis tahun 1959 dengan *Metode Potensial Method* (MPM)

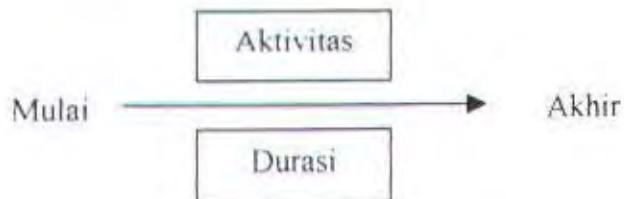
Metode ini tercipta setelah ada kebutuhan yang mendesak yaitu bagaimana mengorganisir suatu proyek yang melibatkan ribuan aktifitas yang harus diselesaikan dalam waktu tertentu.

Dalam diagram ini status aktifitas digambarkan dan ditentukan dalam jaringan kerja (network), dengan mempertimbangkan beberapa jenis hubungan antar aktifitas, antara lain hubungan Akhir-Awal (*End-Start Relation*). Urutan aktifitas yang ditunjukkan dalam jaringan tersebut menggambarkan ketergantungan dari suatu aktifitas

dengan aktifitas lainnya, dimana tiap-tiap aktifitas memiliki tenggang waktu pelaksanaan (*duration*) yang sudah ditentukan.

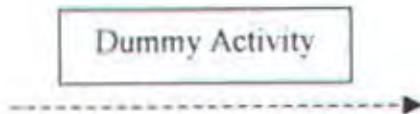
#### 2.1.2.1 Aktifitas Nyata Dan Palsu

**Aktifitas nyata** adalah pelaksanaan kegiatan yang nyata dari suatu kegiatan. Oleh karena itu aktifitas ini memerlukan sumber daya seperti tenaga manusia, mesin, peralatan, material, dan fasilitas-fasilitas lainnya. Aktifitas nyata ini biasanya digambarkan secara grafis sebagai anak panah pada jaringan kerja dan biasanya dicantumkan waktu pelaksanaannya (*duration*).



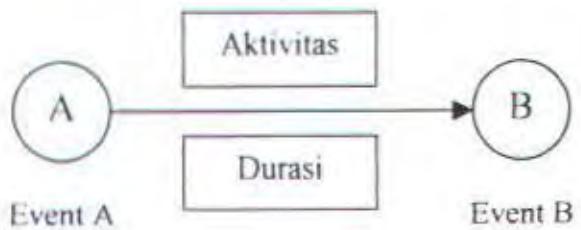
Gbr. 2.1. Aktifitas Nyata

**Aktifitas palsu** disebut juga *dummy activity*. Aktivitas ini digambarkan dengan garis putus-putus dan fungsinya untuk menunjukkan ketergantungan antar aktivitas. Aktivitas palsu ini tidak mempunyai waktu penggerjaan (*zero activity*).



Gbr. 2.2. Aktifitas palsu (dummy activity)

**Kejadian (event)** merupakan titik pangkal dari titik akhir suatu aktivitas. Suatu event tidak memerlukan waktu atau sumber daya. Secara grafis dapat digambarkan sebagai lingkaran dengan nomor di dalamnya.



Gbr. 2.3. Kejadian (event)

### 2.1.2.2 Hubungan Antar Aktifitas

Macam-macam hubungan antar aktifitas adalah:

#### 1. Linier Aktivity (Berurutan)

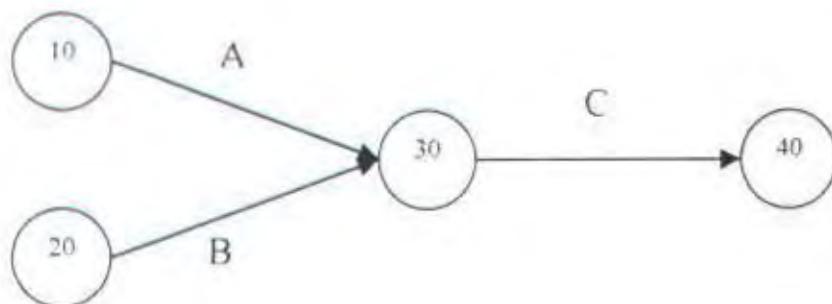
Menggambarkan hubungan aktifitas yang berurutan, dimana suatu pekerjaan baru dapat dilaksanakan bila aktifitas sebelumnya (predecessor) telah selesai dikerjakan.



Gbr. 2.4. Linier Aktivity

### 2. Merge Event

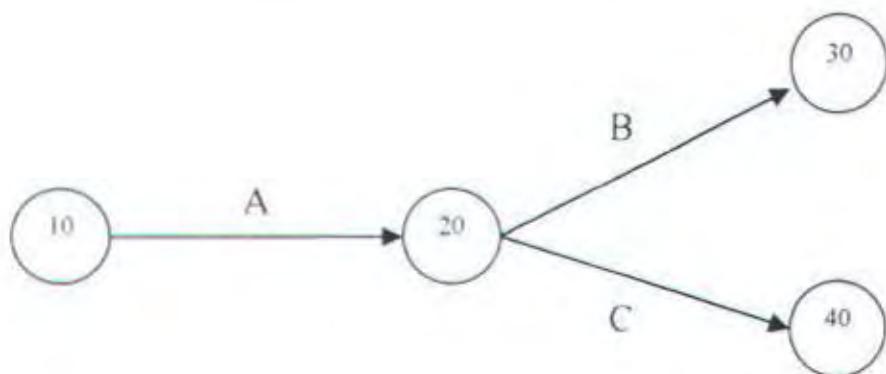
Bila beberapa aktivitas harus selesai terlebih dahulu sebelum aktivitas selanjutnya dapat dimulai, berarti akhir aktivitas tersebut jatuh bersamaan dengan awal aktivitas berikutnya



Gbr. 2.5 Merge Event

### 3. Burst Event

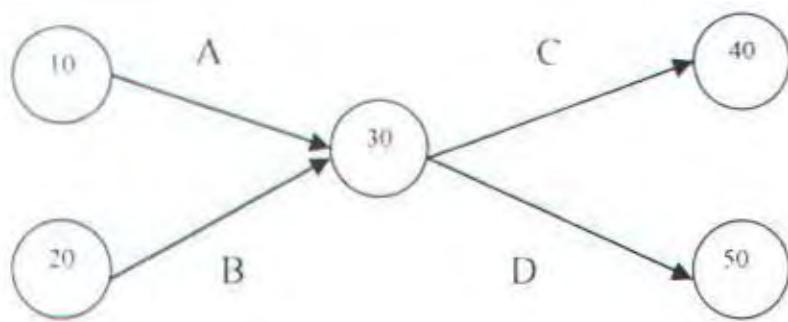
Bila beberapa aktivitas baru dapat dimulai sesudah sebuah aktivitas selesai.



Gbr. 2.6. Burst Event

#### 4. Merge Event and Burst Event

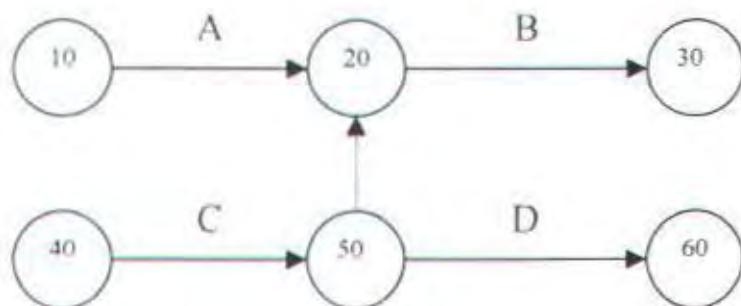
Terkadang beberapa aktivitas harus selesai terlebih dahulu, sebelum melakukan beberapa aktivitas lain.



Gbr. 2.7. Merge event & burst event

#### 6. Dummy Activity

Untuk menunjukkan ketergantungan aktivitas satu dengan lainnya dapat dipakai aktivitas dummy.

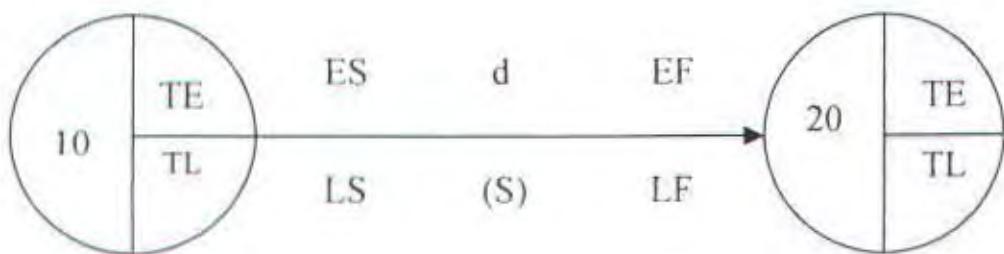


Gbr. 2.8. Dummy Aktivity

Ciri-ciri istimewa diagram panah yang juga menyulitkan adalah sebuah aktivitas harus selesai 100% lebih dahulu, baru disambung dengan aktivitas yang lain. Padahal kenyataanya dalam praktik tidak demikian, sering pekerjaan berikutnya dikerjakan terlebih dahulu tanpa harus menunggu pekerjaan sebelumnya selesai 100%. Sebagai pemecahannya aktivitas tadi dipecah menjadi dua aktivitas yang memiliki nama yang sama dengan kode indeks, misalnya aktivitas A dipecah menjadi A1 dan A2 dan seterusnya. Kemudian dapat diketahui bahwa aktifitas B dapat dimulai tanpa menunggu aktivitas A selesai 100%, melainkan sesudah A1 yaitu sebagian dari aktivita A selesai.

### 2.1.2.3. Penentuan Jalur Lintasan Kritis

#### 2.1.2.3.1 Definisi-definisi



Pada perhitungan waktu dikenal beberapa notasi sebagai berikut:

- $d$  = Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan suatu aktifitas (*duration*)
- $SA = TE$  = Saat paling awal terjadinya suatu event/kejadian (*earliest event occurrence time*)
- $SL = TL$  = Saat paling lambat yang diijinkan untuk terjadinya suatu event/kejadian (*lastest allowable event occurrence time*).
- $MA = ES$  = Saat mulai (start) paling awal suatu aktifitas (*earliest activity start time*).
- $BA = EF$  = Saat berakhir paling awal suatu aktivitas (*earliest activity finish time*).
- $ML = LS$  = Saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk suatu aktivitas (*lastest allowable activity start time*)

- g.  $BL = LF$  = Saat berakhir paling lambat yang diijinkan untuk suatu aktivitas (*lastest allowable activity finish time*)
- h.  $TF = S$  = Total activity slack atau float atau total float, ialah sejumlah waktu sampai kapan aktifitas boleh diperlambat.
- i.  $SF = Free slack$  suatu aktifitas atau waktu aktifitas bebas.
- j. Dikenal perumusan untuk menghitung besarnya total float  $S$  dan free slack  $SF$  sebagai berikut :

$$S = SL - BA = TL - EF$$

dan

$$SF = SA - BA = TE - EF$$

Untuk menentukan lintasan kritis / jalan kritis diagram panah dikenal cara-cara perhitungannya yaitu:

1. Perhitungan maju
2. Perhitungan mundur
3. Perhitungan float/slack

Berikut ini penjelasan serta perhitungan untuk masing-masing cara penentuan lintasan kritis secara rinci :

### 1) Perhitungan Maju

Dalam cara perhitungan maju dipakai beberapa anggapan sebagai berikut :

- a. Saat paling awal untuk terjadinya kejadian (event) yang pertama dari jaringan kerja disamakan dengan nol ( $SA=0$ )
- b. Tiap-tiap aktifitas mulai paling awal ( $MA$ ) disamakan dengan saat paling awal terjadinya event sebelumnya ( $MA = SA$ ). Sehingga dapat dituliskan rumusnya sebagai berikut :

$$BA = MA + d = SA + d$$

- c. Untuk merge event, saat mulai paling awal terjadinya aktifitas disamakan dengan harga terbesar dari saat berakhir paling awal dari aktifitas-aktifitas sebelumnya.

## 2) Perhitungan Mundur

Sesudah langkah perhitungan maju selesai dilakukan sampai event yang terakhir, maka untuk pengecekan dan mengetahui apakah ada kesalahan atau tidak perlu dilakukan perhitungan mundur. Pokok-pokok pedoman yang harus diperhatikan dalam perhitungan mundur adalah :

- a. Saat paling lambat yang diijinkan pada event terakhir pada jaringan kerja tersebut disamakan dengan saat paling awal untuk event tersebut yang didapat dari cara perhitungan maju (  $SL = SA$  ) .
- b. Saat mulai (start) paling lambat yang masih diijinkan untuk suatu aktifitas (  $ML$  ) adalah sama dengan saat berakhir paling lambat (  $SL$  ) yang diijinkan untuk kejadian berikutnya dikurangi waktu pelaksanaan aktifitas tersebut(  $d$  ).
- c. Untuk burst event, saat paling lambat yang diijinkan untuk terjadinya suatu event sama dengan harga terkecil dari saat mulai paling lambat yang diijinkan untuk aktifitas- aktifitas sesudahnya.

## 3) Pengertian Float/Slack

Kata slack atau float diartikan sebagai skala waktu yang longgar bagi pelaksanaan suatu aktifitas. sehingga aktifitas tersebut pelaksanaanya dapat diperlambat secara maksimum sesuai dengan besarnya slack/float tadi agar jadwal pelaksanaan proyek tidak terganggu.

Suatu aktifitas dinamakan kritis apabila:

$$ES = LS \text{ atau } MA = ML$$

dan

$$EF = LF \text{ atau } BA = BL$$

## 2.2. Jenis Biaya Pada Proyek Konstruksi

Total biaya proyek yang dibutuhkan pada suatu proyek konstruksi meliputi biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*). Total biaya proyek mempunyai hubungan yang erat dengan lamanya pelaksanaan suatu proyek. Untuk lebih jelasnya mengenai biaya langsung dan tak langsung akan diterangkan pada sub bab berikut.

### 2.2.1 Biaya Langsung (*direct cost*)

Biaya langsung untuk proyek termasuk biaya langsung untuk tenaga kerja (menggaji buruh, mandor, pekerja), material dan bahan yang diperlukan, serta biaya yang mempunyai hubungan erat dengan aktivitas proyek. Biaya langsung dari suatu proyek adalah jumlah total dari biaya langsung tiap aktivitas.

### 2.2.2 Biaya tidak langsung (*indirect cost*)

Biaya tidak langsung ialah biaya yang diperlukan pada suatu proyek yang tidak dapat dihubungkan / terpisah dengan aktivitas tertentu pada proyek tersebut dan beberapa kasus tidak dapat dihubungkan pada proyek-proyek tertentu. Biaya tidak langsung dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

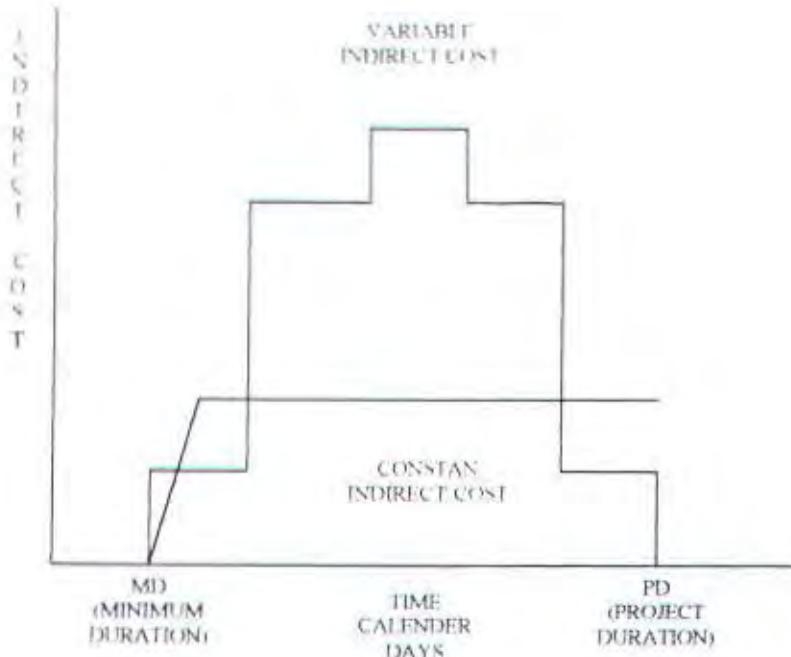
1. Biaya pengeluaran umum (*general overhead*)
2. Biaya pengeluaran proyek (*project overhead*)

Biaya pengeluaran umum adalah biaya yang dibutuhkan dalam suatu proyek tetapi tidak dapat dihubungkan secara langsung pada kegiatan proyek tertentu, contoh dari general over head ialah biaya operasional kantor seperti utilitas, sewa, pembelian, dan penggajian pegawai.

Biaya pengeluaran proyek (*job or project over head*) ialah biaya yang diperlukan pada suatu proyek tetapi tidak dapat dihubungkan secara langsung pada suatu aktivitas tertentu, misalnya supervisi lapangan (*site supervision*), utilitas lapangan (*site utility*), asuransi proyek (*project insurance*) dan biaya penjadwalan (*scheduling cost*).

Biaya tidak langsung cenderung meningkat bila durasi atau waktu pelaksanaan proyek meningkat juga sebagai contoh kantor lapangan (*site offices*), kantor lapangan biasanya disewa bulanan. Biaya dari sewa kantor dan biaya tidak langsung yang lain akan meningkat sesuai dengan berapa bulan waktu pelaksanaan proyek tersebut.

Pada gambar hubungan antara indirect cost dengan waktu ditunjukkan 2 tipe biaya tidak langsung (*constant indirect cost*) yang ditunjukkan oleh kurva pertama.



Gbr. 2.9. Hubungan antara Indirect Cost & Waktu

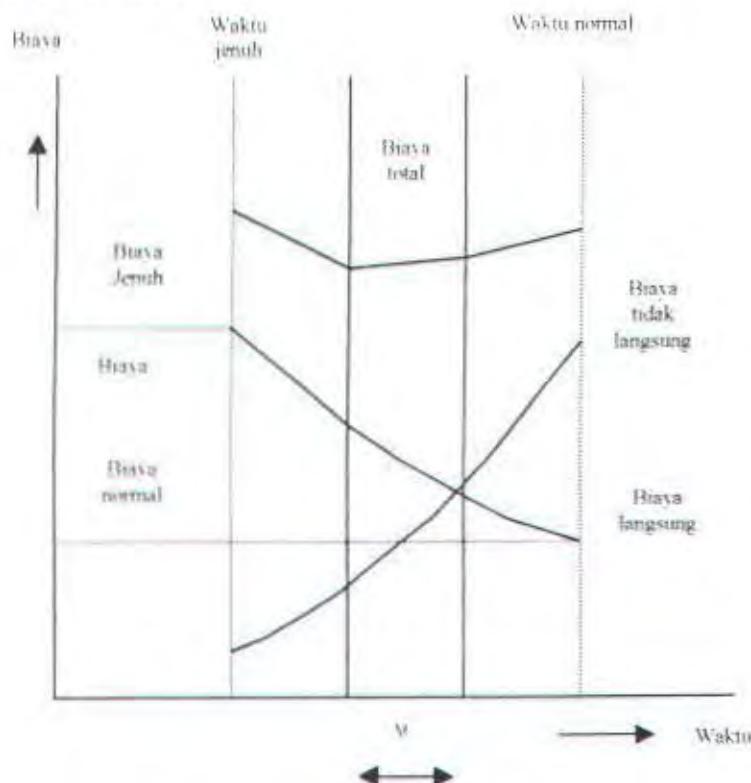
*Constan indirect cost* ialah biaya tetap yang dikeluarkan pada suatu proyek selama proyek itu dilaksanakan atau berlangsung, misalnya sewa kantor. Pada gambar tersebut ditunjukkan bahwa constan indirect cost meningkat dengan cepat pada awal proyek dan selanjutnya akan tetap konstan. Kurva kedua pada gambar tersebut menggambarkan biaya tidak langsung bervariabel (*variable indirect cost*)

Variable indirect cost berhubungan dengan ingkatan aktifitas proyek tetapi tidak dapat diidentifikasi pada suatu pekerjaan atau aktivitas tertentu. Variable indirect cost meliputi pembersihan lapangan (*site clean up*), pengaman lapangan, asuransi peralatan yang digunakan, dan utilitas sementara yang disediakan serta dipergunakan pada proyek tersebut.

### 2.3 Analisa Time Cost Trade Off (TCTO)

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan (kompresi) waktu aktivitas diusahakan agar pertambahan biaya (cost) yang ditimbulkan seminim mungkin. Pengendalian biaya disini ditujukan pada biaya langsung (direct cost) karena biaya inilah yang akan bertambah. Harus diperhatikan bahwa kompresi hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada di dalam lintasan kritis, bila tidak waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan tidak akan berkurang.

Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat dari waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan proyek atau proyek manajer dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya yang minimal. Oleh karena itu perlu diketahui hubungan antara waktu dan biaya, disebut *Time Cost Trade Off* (TCTO). Apabila waktu penyelesaian suatu aktivitas dipercepat, maka biaya langsung akan bertambah sedangkan biaya tidak langsung akan berkurang seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini:



Gbr. 2.10. Hubungan antara Waktu & Biaya

Cost slope adalah biaya persatuan waktu untuk memperpendek waktu penyelesaian proyek /aktivitas. Bisa juga perbandingan antara pertambahan biaya dengan percepatan waktu penyelesaian.

Perumusan cost slope sebagai berikut :

$$\text{Cost Slope} = \Delta C / \Delta t$$

$$= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration}}$$

Dalam proses mempercepat penyelesaian proyek dengan melakukan penekanan waktu aktivitas, diusahakan agar pertambahan biaya yang ditimbulkan seminimum mungkin. Pengendalian biaya di sini ditujukan pada biaya langsung karena biaya inilah yang akan bertambah. Penambahan biaya langsung yang terjadi tidak boleh melebihi pengurangan biaya tidak langsungnya.

Di dalam mengendalikan biaya, yang harus diperhatikan adalah kompresi hanya dilakukan pada aktivitas-aktivits yang berada pada lintasan kritis agar waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan akan berkurang. Selain itu kompresi dilakukan terlebih dahulu pada aktivitas yang mempunyai cost slope terendah.

Ada beberapa cara untuk melakukan kompresi terhadap aktivitas yang mempunyai durasi normal:

#### I. Menambah jumlah jam kerja per hari (lembur)

Penambahan jam kerja ini beertujuan untuk memperbesar produksi kerja selama satu hari tersebut, dengan demikian penyelesaian aktivitas akan lebih cepat. Di dalam melakukan penambahan jam kerja yang perlu diperhatikan adalah lamanya bekerja seseorang dalam satu hari. Umumnya bila pekerja sudah bekerja mulai pukul 8.00 sampai 17.00 maka waktu lembur yang efektif adalah antara pukul 18.00 sampai 22.00. Bila dipaksakan maka tingkat produksi masing-masing pekerja akan menurun karena sudah terlalu lelah.

2. Menambah jumlah sumber daya manusia

Penambahan jumlah tenaga kerja juga dapat memperbesar produksi kerja. Akan tetapi yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang disediakan apakah tidak terlalu sesak bila dilakukan penambahan tenaga kerja, selain itu penambahan tenaga kerja untuk suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pekerja yang melakukan aktivitas yang lain. Penambahan tenaga kerja juga harus diimbangi dengan penambahan tingkat pengawasan terhadap tenaga kerja. Ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan cenderung menurunkan produktivitas kerja.

3. Menambah jumlah peralatan yang dipakai

Penambahan jumlah peralatan ini pada dasarnya harus mengikuti penambahan jumlah tenaga kerja. Dengan bertambahnya tenaga kerja, kebutuhan peralatan kerja juga akan meningkat. Jadi penambahan peralatan juga akan meningkatkan produktifitas kerja.

4. Memilih sumber daya manusia yang berkualitas

Yang dimaksud memilih sumber daya manusia yang berkualitas adalah mempekerjakan tenaga kerja yang mempunyai tingkat produktifitas tinggi dengan hasil yang baik. Bila tiap-tiap pekerja mempunyai produktifitas yang tinggi maka aktivitas akan cepat diselesaikan.

6. Menggunakan metode konstruksi yang efektif

Metode konstruksi berkaitan erat dengan sistem kerja dan tingkat penguasaan pelaksana terhadap metode tersebut serta ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan. Metode konstruksi yang tepat akan mempercepat pelaksanaan aktivitas yang bersangkutan.

Cara-cara diatas dapat dilaksanakan dengan baik secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi antara cara 1 dan 2 dengan melakukan sistem kerja dalam bentuk shift yang mana 24 jam dibagi dalam 3 shift dengan tenaga kerja yang berlainan. Kombinasi ini selain menambah jam kerja juga menambah tenaga kerja. Dalam pelaksanaan, semuanya tergantung pada jenis aktivitas, kondisi lapangan, dan keputusan perencana berdasarkan pengalaman dan wawasannya setelah memperhatikan aspek biaya, waktu dan lainnya.

Selanjutnya langkah-langkah kompresi dapat dituliskan sebagai berikut :

1. Menyusun jaringan kerja proyek dengan menuliskan cost slope masing-masing aktifitas
2. Melakukan kompresi pada aktifitas yang berada pada lintasan kritis dan yang mempunyai cost slope terendah
3. Menyusun kembali jaringan kerja
4. Mengulangi lagi langkah kedua dan akan berhenti bila terjadi pertambahan lintasan kritis. Bila terdapat lebih dari satu lintasan kritis, maka langkah kedua dilakukan secara serentak pada lintasan kritis dan perhitungan cost slope dijumlahkan.
5. Langkah ke empat dihentikan bila terdapat satu lintasan kritis yang telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin untuk dikompres lagi).

#### **2.4 Pemakaian Program Komputer**

Pada waktu melakukan kompresi terhadap salah satu aktivitas pada lintasan kritis seringkali terjadi perubahan jaringan kerjanya yang harus ditata kembali dan menyebabkan terjadinya perubahan lintasan kritis. Apabila proses ini dilakukan untuk aktivitas yang banyak jumlahnya akan sangat rumit menyusun jaringannya dan membutuhkan waktu yang lama serta ketelitian yang tinggi. Untuk mengatasi hal ini, penggunaan komputer sangat diperlukan sehingga didapatkan solusi penekanan biaya dan waktu yang optimum dalam waktu singkat.

Program QSB+ (singkatan dari *Quantitative System for Business Plus*) adalah sebuah program komputer yang digunakan untuk memecahkan masalah-masalah dalam bidang manajemen, terutama yang menyangkut manajemen kuantitatif. Program yang dibuat oleh *Yih Long Chang* (dari University of Arizona, AS) dan *Robert Sullivan* (Universitas of Texas, AS) ini sudah muncul beberapa versi, dimulai dari versi QSB versi 1.2 dan 3, dan QSB+ versi 1.0. Versi terakhir ini beredar tahun 1989.

Masalah-masalah yang dapat dipecahkan dalam program QSB+ adalah:

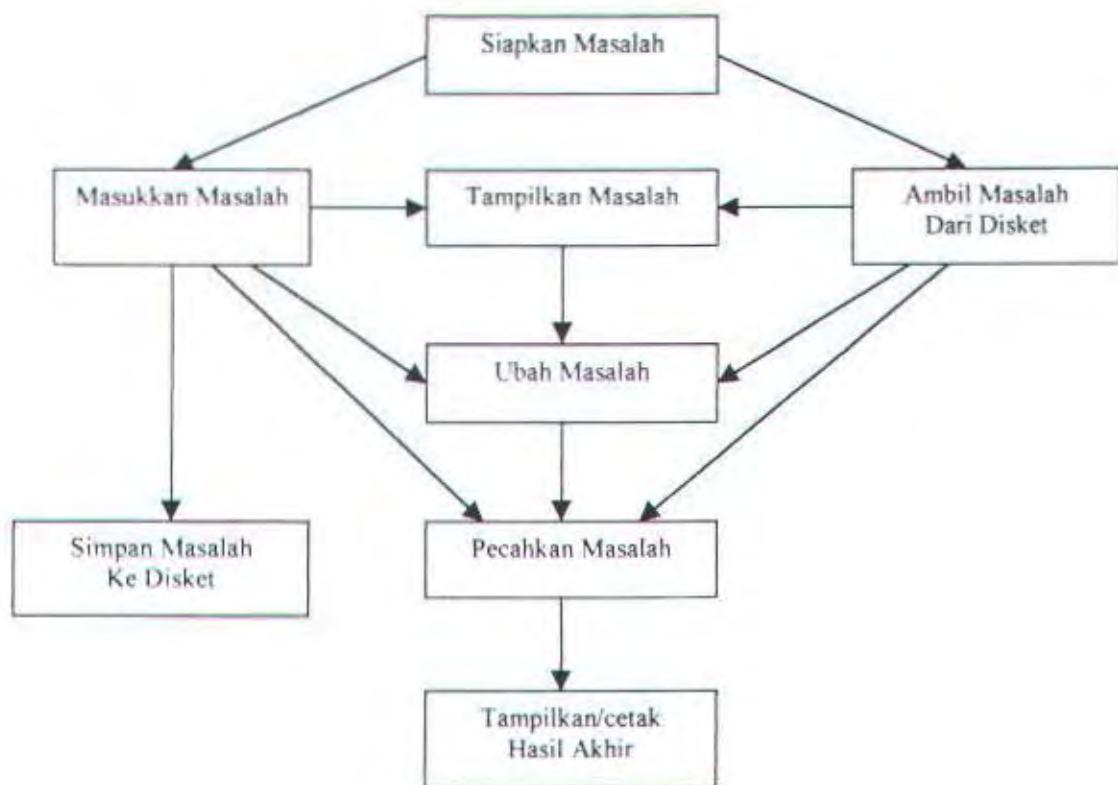
1. Linier Programming (LP)
2. Integer Linier Programming (ILP)
3. Transportation and traveling salesmen problem (TRP)
4. Assigment and traveling salesmen problem (ASTS)

5. Network modeling (NET)
6. Critical Path Method (CPM)
7. Program Evaluation and Review Technique (PERT)
8. Dynamic Programming (DP)
9. Inventory Theory (INVT)
10. Queuing Theory (QUEUE)
11. Queuing System Symulation (QSIM)
12. Decision and Probability Theory (DSPB)
13. Markov Process (MKV)
14. Time Series Forecasting (TSFC)

Perlu diketahui bahwa setiap modul dalam QSB mempunyai beberapa menu pilihan, diantaranya adalah:

1. Overview, memberi penjelasan singkat mengenai suatu modul. Misalnya memilih modul CPM, maka menu overview ini akan menjelaskan secara ringkas mengenai modul CPM ini.
2. Enter new problem, menu ini digunakan untuk memasukkan data baru.
3. Read existing problem from disk (ette), digunakan untuk membaca (atau "mengambil") data yang sudah disimpan ke dalam suatu disket.
4. Show input data, digunakan untuk menampilkan data yang sudah diinput (melalui nomor 2 diatas) atau diambil dari disket (melalui nomor 3)
5. Solve problem, digunakan untuk memecahkan masalah yang sudah diinput atau diambil dari disket
6. Save problem on disk (ette), digunakan untuk menyimpan data (atau masalah) ke dalam disket.
7. Modify problem, digunakan untuk mengubah data atau problem.
8. Show final solution, digunakan untuk menampilkan hasil analisis.
9. Return to the program menu, digunakan untuk keluar dari modul ini dan menuju ke menu utama program QSB.
10. Exit from QSB, digunakan untuk keluar dari modul yang sedang dipakai dan langsung mengakhiri penggunaan QSB.

Apabila digambar dalam bentuk skema, akan tampak seperti dibawah ini :



Gbr. 2.11 Skema Penggunaan Program QSB+

## **BAB III**

## **METODOLOGI**

## BAB III

### METODOLOGI

Metodologi penelitian ini berisi langkah-langkah (tahapan) yang harus ditempuh dalam melakukan penelitian ini. Adapun langkah-langkah tersebut adalah :

#### 3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Skedule proyek
2. Rincian anggaran biaya beserta analisa harga satuannya
3. Informasi Penunjang lainnya seperti denah, gambar-gambar kerja dan lain-lain.

#### 3.2 Penerapan TCTO Pada Schedule Proyek

##### 3.2.1 Membuat Penjadwalan CPM (Critical Path Method)

Skedule asli proyek berupa diagram balok, sehingga perlu dirubah menjadi diagram panah agar TCTO dapat diterapkan. Langkah-langkah yang diperlukan untuk mengubah diagram balok menjadi diagram panah adalah:

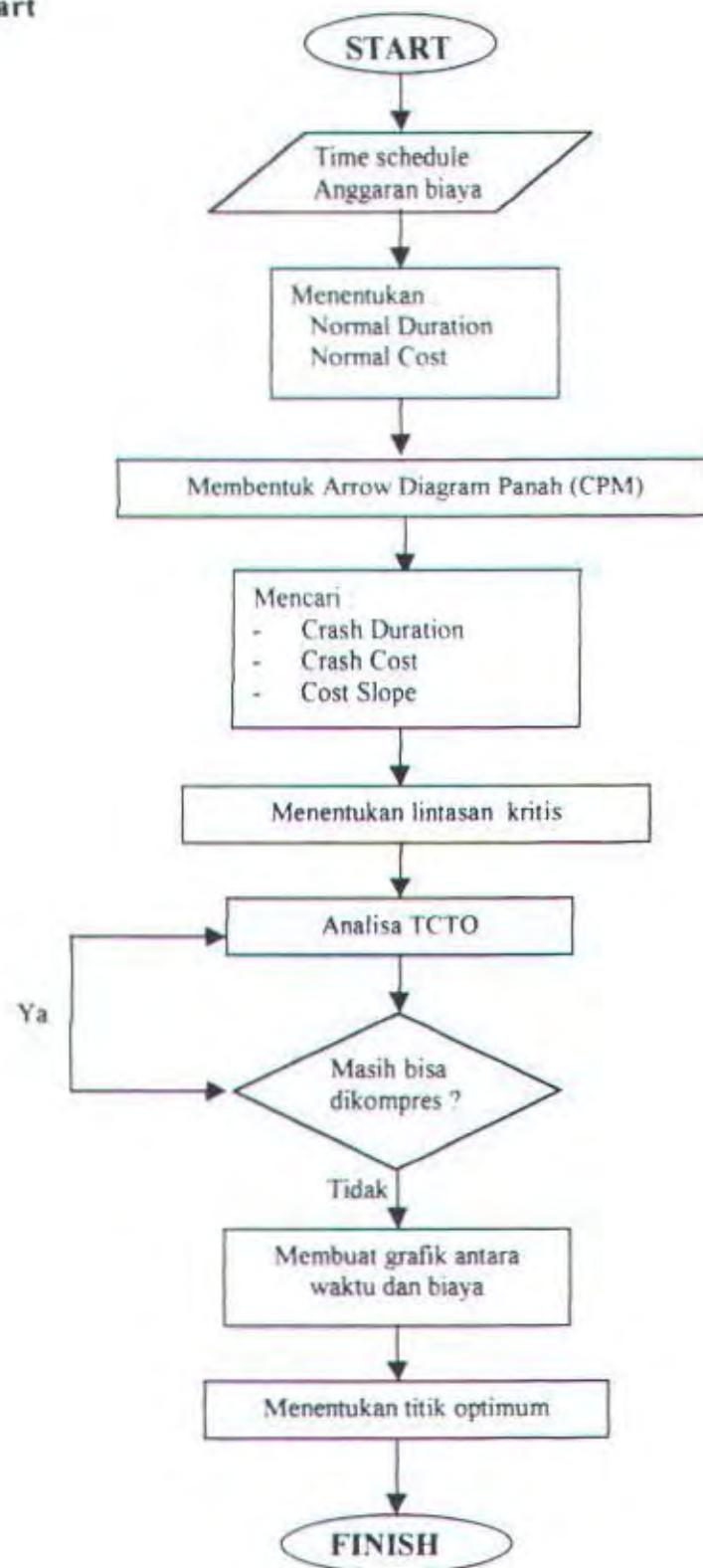
1. Menguraikan setiap kegiatan dalam bentuk tabel (bila terdapat overlap pada suatu kegiatan, maka kegiatan tersebut dibagi menjadi beberapa kegiatan sesuai dengan overlapnya).
2. Menentukan kegiatan yang mendahului kegiatan lainnya.
3. Menentukan durasi dari setiap kegiatan.
4. Membentuk diagram panah.
5. Mencari lintasan kritis

### 3.2.2 Penerapan TCTO

Dalam melaksanakan TCTO maka diperlukan crash duration dan crash cost , maka langkah-langkah yang harus dilaksanakan antara lain:

1. Menentukan crash duration pada setiap kegiatan
2. Menentukan crash cost dari setiap kegiatan
3. Menentukan penomoran titik awal (node awal) dan titik akhir (node akhir) dari masing-masing aktifitas berdasarkan diagram panah
4. Melaksanakan TCTO dengan menggunakan program komputer

### 3.3. Flow Chart



Gbr. 3.1. Flow Chart

## **BAB IV**

### **PENERAPAN TCTO PADA PROYEK**

## BAB IV

### PENERAPAN ANALISA TCTO PADA PROYEK

#### 4.1 PROYEK RUKO 21 GUBENG II SURABAYA

Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang cukup pesat, maka pertumbuhan penduduk tersebut perlu diimbangi dengan upaya-upaya untuk meningkatkan kemampuan dan efisiensi dalam pengadaan tempat tinggal beserta sarana dan prasarana. Dengan keterbatasan lahan yang ada, ruko bertingkat dapat sebagai alternatif pemecahannya. Kegiatan berdagang dapat dilakukan pada lantai dasar, lantai atasnya sebagai gudang, atau tempat tinggal. Lahan bebas sekitar empat meter dari jalan raya, digunakan tempat parkir pengunjung atau yang memiliki ruko.

Proyek Ruko 21 Gubeng II Surabaya ini, direncanakan membangun gedung bertingkat empat, karena proyek tersebut akan dijual dan sudah banyak yang memesan, maka semakin cepat ruko tersebut selesai pengjerjaanya, maka semakin cepat dapat dijual dan bagi yang telah memesannya maka kepercayaan konsumen terhadap kontraktor akan meningkat.

Oleh karena itu dalam Tugas Akhir ini, akan berusaha mengatur jadwal pelaksanaan Proyek Ruko 21 Gubeng II Surabaya, dengan cara analisa Time Cost Trade Off, juga untuk mengetahui pengaruh waktu penyelesaian proyek yang normal dan yang dipercepat yang menguntungkan bagi kontraktor dan owner.

#### 4.2 DATA-DATA YANG DIPEROLEH

Nama	: RUKO 21 GUBENG II
Lokasi proyek	: Jalan Raya Gubeng 30-32 Surabaya
Owner	: CV. CAHAYA HIDUP
Kontraktor	: CV. CAHAYA HIDUP
<b><i>Data Bangunan</i></b>	
Jumlah	: Terdiri atas 7 unit ruko masing masing terdiri atas 4 lantai
Tinggi bangunan	: 12,75 meter dari level lantai +0,00
Tinggi antar lantai	: 3 meter
Pondasi	: Tiang pancang 20x20 ( $h=24$ m)

Struktur bawah : Konstruksi beton

Struktur atas : Konstruksi beton

#### **Batas-Batas Lokasi Proyek**

Utara : Pertokoan

Timur : Jalan Raya Gubeng

Selatan : Jalan Kalimantan

Barat : Rumah penduduk

#### **Total Biaya Proyek**

= Rp. 1.198.796.023,00

**Tabel 4.1.Biaya Proyek Untuk Pekerjaan Struktur Dan Finishing**

Proyek : Ruko 21 Gubeng II Surabaya Lokasi: Jl. Raya Gubeng 30-32			
No	Item Pekerjaan	Bobot (%)	Item Cost
1	Pekerjaan Persiapan	0.26	Rp. 3.097.500,00
2	Pekerjaan Tanah	0.06	Rp. 718.200,00
3	Pekerjaan Pondasi dan Beton	52.04	Rp. 623.888.950,00
4	Pekerjaan Pasangan	18.58	Rp. 222.684.357,00
5	Pekerjaan Atap Kayu, Plafond dan Pintu	11.19	Rp. 134.182.691,00
6	Pekerjaan Tampak Depan	7.35	Rp. 88.085.347,00
7	Pekerjaan Sanitasi dan lain-lain	4.96	Rp. 59.478.328,00
8	Pekerjaan Listrik	1.26	Rp. 15.081.500,00
9	Pekerjaan Finishing	4.30	Rp. 51.579.150,00
	Total	100.00	Rp. 1.198.796.023,00

### **4.3. BIAYA LANGSUNG DAN TAK LANGSUNG**

Pada perhitungan proyek pada proyek Ruko 21 Gubeng II diatas didapat biaya sebesar Rp. 1.198.796.023,00 dengan durasi normal 33 minggu. Untuk biaya tak langsung diasumsikan sebesar 7% biaya pekerjaan. Sehingga biaya tak langsung adalah 7% dikali biaya pekerjaan.

Perhitungan biaya langsung dan tak langsung

Direct cost : Rp. 1.198.796.023,00

Indirect Cost : Rp. 83.915.722,00

Total Cost : Rp. 1.282.711.745,00

### **4.4 MENYUSUN ARROW DIAGRAM**

Skedule asli dari proyek pembangunan Ruko 21 Gubeng II ini berupa diagram balok, sehingga perlu dirubah menjadi diagram panah (Arrow Diagram), agar TCTO dapat diterapkan. Karena dengan menggunakan diagram panah terdapat keterangan lengkap dari suatu aktifitas termasuk ES (*Early Start*), EF (*Early Finish*), LS (*Last Start*), LF (*Last Finish*), nama aktifitas serta durasinya (*duration*). Untuk lebih jelasnya arrow diagram dapat dilihat pada Lampiran 2

#### **4.4.1. Analisa Keterkaitan Antar Aktifitas**

Pada proses penyusunan logika keterkaitan antar aktifitas, pengamatan langsung dan pengarahan dari petugas di lapangan sangatlah membantu karena dengan adanya arahan tersebut penyusunan diagram panah akan sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Sesuai dengan pengamatan di lapangan dan logika berfikir penulis maka disusunlah logika keterkaitan antar aktifitas seperti yang terlihat pada Tabel 4.2. Analisa Keterkaitan Antar Aktifitas

Dari hasil pentabelan (diagram panah) yang telah dibuat ini, terdapat 86 aktifitas nyata. Tetapi ternyata dalam penyusunan diagram tersebut juga terdapat beberapa aktifitas palsu (dummy activity). Jumlah dummy activity ini adalah sebanyak 9 buah yang tersebar pada rangkaian diagram panah yang tersusun.

Tabel 4.2. Analisa Keterkaitan antar aktifitas

NO		JENIS PEKERJAAN	KODE	PREDECESSOR	SUCCESSOR
1	I	PEKERJAAN PERSIAPAN	A1	-	C1
	II	PEKERJAAN TANAH			
2	A	Galian pile cap & sloof	B1	D1	E1
3	B	Galian Septictank & tandon	C1	A1	B1,I1
	III	PEKERJAAN BETON K-225			
4	A	Tiang pancang 20x20 (h=24 m)	D1	-	B1,I1
5	B	Pecah kepala tiang pancang	E1	B1	F1
6	C	Poer/pile cap (t=40 cm)	F1	E1	G1
7	D	Sloof	G1	H1,F1	H1
8	E	Lantai kerja bawah poer & sloof (t=5 cm)	H1	D1	T1
9	F	Kolom Lt I-II 25/40	I1	G1	M1,BZ1
10	G	Kolom Lt II-III 25/40	J1	M1	N1,CA1
11	H	Kolom Lt III-IV 25/40	K1	N1	O1,CB1
12	I	Kolom Lt IV-Atap 25/40	L1	O1	P1,CC1
13	J	Balok Lt 2 + plat	M1	H1	AD1,V1,J1,Q1,U1
14	K	Balok Lt 3 + plat	N1	J1	AE1,W1,K1,R1,BK1
15	L	Balok Lt 4 + plat	O1	K1	AF1,X1,L1,S1,BL1
16	M	Balok Lt Atap + plat	P1	L1	AG1,Y1,BR1,BP1,BO1,BM1
17	N	Tangga Lt. 1-2	Q1	M1,T1	R1,BK1
18	O	Tangga Lt. 2-3	R1	N1,Q1	S1,BL1
19	P	Tangga Lt. 3-4	S1	O1,R1	BO1,BM1
20	Q	Beton 1: 2: 3 untuk pondasi tangga	T1	H1	Q1,U1
21	R	Beton rabat Lt. 1 utk keramik	U1	M1,T1	AZ1,AP1
22	S	Kolom Praktis Lt. 1	V1	M1	AH1
23	T	Kolom Praktis Lt. 2	W1	N1	AJ1
24	U	Kolom Praktis Lt. 3	X1	O1	AJ1
25	V	Kolom Praktis Lt. 4	Y1	P1	AK1
	IV	PEKERJAAN PASANGAN			
26	A	Bata merah Lt. 1	Z1	AD1	AH1
27	B	Bata merah Lt. 2	AA1	AE1,V1,Z1	AJ1
28	C	Bata merah Lt. 3	AB1	AA1,W1,AF1	AJ1
29	D	Bata merah Lt. 4	AC1	AB1,X1,AG1	AK1
30	E	Bata tresram Lt. 1	AD1	M1	AL1,Z1
31	F	Bata tresram Lt. 2	AE1	N1	BG1,AA1
32	G	Bata tresram Lt. 3	AF1	O1	BH1,AB1
33	H	Bata tresram Lt. 4	AG1	P1	BI1,AC1

NO	JENIS PEKERJAAN	KODE	PREDECESSOR	SUCCESSOR
34	I Plesteran lpc: 6ps + acian lt. 1	AH1	Z1AEL,V1	AM1
35	J Plesteran lpc: 6ps + acian lt. 2	AH1	AALAF1,W1	AN1
36	K Plesteran lpc: 6ps + acian lt. 3	AJ1	X1LAB1,AG1	AO1
37	L Plesteran lpc: 6ps + acian lt. 4	AK1	AC1,Y1	BD1,CE1,CF1
38	M Plesteran lpc : 2 ps lt. 1	AL1	AD1	AM1
39	N Plesteran lpc : 2 ps lt. 2	AM1	AH1,AL1	AN1
40	O Plesteran lpc : 2 ps lt. 3	AN1	BGLAM1,AA1	AO1
41	P Plesteran lpc : 2 ps lt. 4	AO1	BHLAN1,AJ1	BD1,CE1,CF1
42	Q Acian & benangan lt. 1	AP1	ULBK1	AT1
43	R Acian & benangan lt. 2	AQ1	AZ1,BL1	AU1
44	S Acian & benangan lt. 3	AR1	BA1,BM1	AV1
45	T Acian & benangan lt. 4	AS1	BB1	AW1
46	U Lantai keramik lt. 1	AT1	AP1	AU1
47	V Lantai keramik lt. 2	AU1	ATLAQ1	AV1
48	W Lantai keramik lt. 3	AV1	AUL,AR1	AW1
49	X Lantai keramik lt. 4	AW1	AS1,AV1	-
50	Y Keramik dinding toilet	AX1	BW1,BX1	AY1
51	Z Keramik lantai toilet	AY1	AX1	BJ1
52	Aa Lantai tangga lt. 1	AZ1	BK1,U1	BA1,AQ1
53	Ab Lantai tangga lt. 2	BA1	AZ1,BL1	BB1,AR1
54	Ac Lantai tangga lt. 3	BB1	BA1,BM1	AS1
	V PEKERJAAN ATAP, KAYU, PLAFOND & PINTU			
55	A Talang + atap fiber gelombang pada void lt atap	BC1	BQ1	-
56	B Plafon rangka 6x4 Meranti	BD1	AK1,AOL,BII	BE1
57	C Plafond triplek 4mm/gypsum board	BE1	BD1	BF1
58	D Acian plafond expose	BF1	BE1	CG1
59	E Kusen untuk KM lt. 2	BG1	V1,Z,LAE1	AN1
60	F Kusen untuk KM lt. 3	BH1	AA1,AF1,W1	AO1
61	G Kusen untuk KM lt. 4	BI1	AB1,X1,AG1	BD1,CE1,CF1
62	H Pintu kamar mandi lapis aluminium	BJ1	AY1	BNI
63	I Railling tangga besi lt. 1	BK1	N1,Q1	AZ1,AP1
64	J Railling tangga besi lt. 2	BL1	O1,R1	BA1,AQ1
65	K Railling tangga besi lt. 3	BM1	PL,SI	BB1,AR1
66	L Pintu harmonika + ventilasi	BN1	BJ1	-
67	M Tangga monyet	BO1	PL,SI	-
68	N Rangka dan atap asbes	BP1	PL	BQ1
	V1 PEKERJAAN TAMPAK DEPAN			
69	A Rangka & atap koral rainbow	BQ1	BP1	BS1

NO		JENIS PEKERJAAN	KODE	PREDECESSOR	SUCCESSOR
70	B	Kanopi + pot bunga	BR1	P1	BT1
71	C	Benangan luar + plat balkon Lt. 2	BS1	BQ1	CH1
72	D	Kusen dan daun jendela	BT1	BR1	CF1
	VII	PEKERJAAN SANITASIELLL.			
73	A	Sifirum air + bak kontrol	BW1	C1	BV1
74	B	Septiktank + sumur peresap + tandon air	BV1	BW1	BW1,BX1
75	C	Kloset jongkok + Monoblok	BW1	BV1	AX1
76	D	Water profing + wastafel + bak mandi	BX1	BV1,BY1	AX1
77	F	Saham air bersih & air kotor	BY1	-	BX1
	VIII	PEKERJAAN LISTRIK			
78	A	Titik lampu Lt. 1	BZ1	I1	CA1
79	B	Titik lampu Lt. 2	CA1	J1,BZ1	CB1
80	C	Titik lampu Lt. 3	CB1	K1,CA1	CC1
81	D	Titik lampu Lt. 4	CC1	L1,CB1	CD1
82	E	Stop kontak + saklar + box sekering	CD1	CC1	-
	IX	PEKERJAAN FINISHING			
83	A	Cat tembok dalam	CE1	AO1,BI1,AK1	-
84	B	Cat kayu	CF1	BT1,AO1,BI1,AK1	-
85	C	Cat plafond	CG1	BF1	-
86	D	Cat tembok bagian luar	CH1	BS1	-

#### 4.4.2. Durasi Aktifitas

Dalam menyusun diagram panah, elemen waktu juga harus dianalisa dengan baik. Waktu atau durasi aktifitas berkaitan erat dengan metode dan kondisi lapangan juga pengalaman kerja dari kontraktor yang bersangkutan. Oleh karena itu untuk menyusun diagram panah kali ini penulis menggunakan durasi tiap aktifitas sesuai dengan data yang diberikan oleh kontraktor .

#### 4.4.3. Analisa Penjadwalan Proyek

Berdasarkan rumusan-rumusan yang telah diuraikan pada bab II, perhitungan terhadap waktu dari masing-masing jenis kegiatan yang meliputi perhitungan ES, EF, LS, LF dan sebagainya sehingga dapat diketahui lintasan kritisnya. Seperti yang terlihat pada lampiran (Arrow diagram untuk durasi normal)

#### 4.5 COST SLOPE MASING-MASING AKTIFITAS

Perhitungan cost slope didapat dari cost normal dari masing-masing aktifitas, dengan asumsi-asumsi sebagai berikut

1. Waktu kerja normal : 8 jam/hari, 6 hari per minggu.
2. Waktu kerja lembur (over time) : 4 jam/hari.
3. Upah tenaga lembur sebesar : 200% normal cost (menurut aturan Depnaker diperbolehkan melebihi 1,5X pada jam pertama dan 2X pada jam kedua dan seterusnya).
4. Biaya peralatan tidak terjadi perubahan.
5. Efektifitas kerja lembur: 80%

Dengan rumus Cost slope sebagai berikut:

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Crash Cost Total} - \text{Normal Cost})}{(\text{Normal Cost} - \text{Crash Cost})}$$

Contoh perhitungan *Cost Slope*

##### a. Pekerjaan Tiang Pancang (D1)

Volume	: 119 titik
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 120.951.000,00
Biaya satuan upah	: Rp. 200.400,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 816.000,00
Produktifitas harian	: $119/12 = 9.92$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 200.400,00 \times 9.92 = \text{Rp. } 1.987.300,00$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 1.987.300,00 \times 12 = \text{Rp. } 23.847.600,00$
Produktifitas tiap jam	: $9.92/8 = 1.24$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 1.24) + (4 \times 0.8 \times 1.24)$
	: 13.38
Crash duration	: $119/13.38 = 9$ hari
Normal cost upah per jam	: $1.24 \times \text{Rp. } 200.400,00 = \text{Rp. } 248.412,50$

Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 248.412,50 = \text{Rp. } 496.825,00$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 248.412,50) + (4 \times \text{Rp. } 496.825,00)$
	: $\text{Rp. } 3.974.600,00$
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 3.974.600,00 = \text{Rp. } 34.068.000,00$
Crash cost total	: $(3,15 \times \text{Rp. } 816.000,00) + \text{Rp. } 34.068.000,00$
	: $\text{Rp. } 131.172.000,00$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 131.172.000,00 - \text{Rp. } 120.951.000,00) / (12-9)$
	: $\text{Rp. } 3.340.333,00$

#### b.Galian Pile Cap & Sloof (B1)

Volume	: $50,4 \text{ m}^3$
Normal duration	: 6 hari
Normal Cost 6 hari	: Rp. 403.200,00
Produktifitas harian	: $1/6 \times 50,4 = 8,40 \text{ m}^3$
Biaya satuan upah	: Rp. 8000,00
Normal cost per hari	: $\text{Rp. } 8000,00 \times 8,40 \text{ m}^3 = \text{Rp. } 67.200,00$
Produktifitas tiap jam	: $8,40 \text{ m}^3 / 8 = 1,05 \text{ m}^3$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 8,40 \text{ m}^3) + (4 \times 0,8 \times 8,40 \text{ m}^3) = 11,76 \text{ m}^3$
Crash duration	: $= 50,4 \text{ m}^3 / 11,76 \text{ m}^3 = 4 \text{ hari}$
Crash cost :	
Untuk pekerja dan alat	
Normal cost per jam	: $1,05 \times \text{Rp. } 8.000,00 = \text{Rp. } 8.400,00$
Biaya lembur per jam	: $2 \times \text{Rp. } 8.400,00 = \text{Rp. } 16.800,00$
Crash cost per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 8.400,00) + (4 \times \text{Rp. } 16.800,00)$
	: Rp. 134.400,00
Crash cost 6 hari	: $6 \times \text{Rp. } 134.400,00 = \text{Rp. } 576.000,00$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 576.000,00 - \text{Rp. } 403.200,00) / (6-4)$
	: Rp. 86.399,90

**c. Pecah Kepala Tiang Pancang (E1)**

Volume	: 119 titik
Normal duration	: 6 hari
Normal Cost : 6 hari	: Rp. 1.785.000,00
Produktifitas harian	: $1/6 = 0.1667$
Normal cost per hari	: $Rp. 1.785.000,00 \times 0.1667 = Rp. 297.500,00$
Produktifitas tiap jam	: $0.1667 / 8 = 0.0208$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0.0208) + (4 \times 0.8 \times 0.0208) = 0.2333$
Crash duration	: $1/0.2333 = 4$ hari
Crash cost :	
Untuk pekerja dan alat	
Normal cost per jam	: $0.0208 \times Rp. 1.785.000,00 = Rp. 37.188,00$
Biaya lembur per jam	: $2 \times Rp. 37.188,00 = Rp. 74.375,00$
Crash cost per hari	: $(8 \times Rp. 37.188,00) + (4 \times Rp. 74.375,00)$
	: Rp. 595.000,00
Crash cost 6 hari	: $6 \times Rp. 595.000,00 = Rp. 2.550.000,00$
Cost slope	: $(Rp. 2.550.000,00 - Rp. 1.785.000,00) / (6-4)$
	: Rp. 382.500,00

**d. Poer/Pile Cap t=40 cm (F1)**

Volume	: 29.40 m <sup>3</sup>
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 39.739.924,00
Biaya satuan upah	: Rp. 23.000,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.328.698,00
Produktifitas harian	: $29.40/12 = 2.45 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 23.000,00 \times 2.45 = \text{Rp. } 56.350,00$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 56.350,00 \times 12 = \text{Rp. } 676.200,00$
Produktifitas tiap jam	: $2.45/8 = 0.31$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0.31) + (4 \times 0.8 \times 0.31)$ : $3.43 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $29.40/3.43 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0.31 \times \text{Rp. } 23.000 = \text{Rp. } 7.043,75$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 7.043,75 = \text{Rp. } 14.087,50$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 7.043,75) + (4 \times \text{Rp. } 14.087,50)$ : $\text{Rp. } 112.700,00$
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 112.700,00 = \text{Rp. } 966.000,00$
Crash cost total	: $(14.42 \times \text{Rp. } 1.328.698,00) + \text{Rp. } 966.000,00$ : $\text{Rp. } 40.029.721,20$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 40.029.721,20 - \text{Rp. } 39.739.924,00) / (12-9)$ : $\text{Rp. } 96.666,66$

**e. Sloof (G1)**

Volume	: $25.20 \text{ m}^3$
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 31.907.141,00
Biaya satuan upah	: Rp. 23.000,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.243.162,00
Produktifitas harian	: $25.20 / 12 = 2.10 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 23.000,00 \times 2.10 = \text{Rp. } 48.300,00$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 48.300,00 \times 12 = \text{Rp. } 579.600,00$
Produktifitas tiap jam	: $2.10 / 8 = 0.26$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0.26) + (4 \times 0.8 \times 0.26)$ : $2.94 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $25.20 / 2.94 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0.26 \times \text{Rp. } 23.000 = \text{Rp. } 6.037,50$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 6.037,50 = \text{Rp. } 12.075,00$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 6.037,50) + (4 \times \text{Rp. } 12.075,00)$ : $\text{Rp. } 96.600,00$
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 96.600 = \text{Rp. } 828.000,00$
Crash cost total	: $(25.20 \times \text{Rp. } 1.243.162,00) + \text{Rp. } 828.000,00$ : $\text{Rp. } 32.155.682,00$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 32.155.682,00 - \text{Rp. } 31.907.141,00) / (12-9)$ : $\text{Rp. } 83.000,00$

**f. Kolom Lt. I-II 25/40 (11)**

Volume	: 14,42 m <sup>3</sup>
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 26.543.951,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $14,42 / 12 = 0,0328 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 54.050,00 \times 0,0328 = \text{Rp. } 64.950,08$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 64.950,08 \times 12 = \text{Rp. } 779.401,00$
Produktifitas tiap jam	: $14,42 / 8 = 0,15$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0,15) - (4 \times 0,8 \times 0,15)$ = 1,68 m <sup>3</sup> /hari
Crash duration	: $14,42 / 1,68 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0,15 \times \text{Rp. } 54.050 = \text{Rp. } 8.118,76$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 8.118,76 = \text{Rp. } 16.237,52$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 8.118,76) + (4 \times \text{Rp. } 16.237,52)$ = Rp. 129.900,00
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 129.900 = \text{Rp. } 1.113.430,00$
Crash cost total	: $(14,42 \times \text{Rp. } 1.788.512,00) + \text{Rp. } 1.113.430,00$ = Rp. 26.903.773,00
Cost slope	: $(\text{Rp. } 26.903.773,00 - \text{Rp. } 26.543.951,00) / (12-9)$ = Rp. 120.000,00

**g. Balok Lt. 2 + plat (M1)**

Volume	: 62,44 m <sup>3</sup>
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 71.391.277,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $62,44 / 12 = 5,20 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 54.050,00 \times 5,20 = \text{Rp. } 281.240,17$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 281.240,17 \times 12 = \text{Rp. } 3.374.882,00$
Produktifitas tiap jam	: $5,20 / 8 = 0,65 \text{ m}^3$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0,65) + (4 \times 0,8 \times 0,65)$ : $7,28 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $62,44 / 7,28 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0,65 \times \text{Rp. } 54.050 = \text{Rp. } 35.155,02$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 35.155,02 = \text{Rp. } 70.310,04$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 35.155,02) + (4 \times \text{Rp. } 70.310,04)$ : $\text{Rp. } 562.480,33$
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 562.480,33 = \text{Rp. } 4.821.260,00$
Crash cost total	: $(62,44 \times \text{Rp. } 1.788.512,00) + \text{Rp. } 4.821.260,00$ : $\text{Rp. } 115.850.569,44$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 115.850.569,44 - \text{Rp. } 71.391.277,00) / (12-9)$ : $\text{Rp. } 14.820.000/\text{hari}$

**h. Kolom Lt. II – III (J1)**

Volume	: $11.27 \text{ m}^3$
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 20.720.532,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $11.27 / 12 = 0,94 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $Rp. 54.050,00 \times 0,94 = Rp. 50.761,98$
Normal cost upah 12 hari	: $Rp. 50.761,98 \times 12 = Rp. 609.143,50$
Produktifitas tiap jam	: $0,94 / 8 = 0,12$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0,12) - (4 \times 0,8 \times 0,12)$ : $1,31 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $11.27 / 1,31 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0,12 \times Rp. 54.050 = Rp. 6.345,24$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times Rp. 6.345,24 = Rp. 12.690,49$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times Rp. 6.345,24) + (4 \times Rp. 12.690,49)$ : Rp. 101.523,92
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times Rp. 101.523,92 = Rp. 870.205,00$
Crash cost total	: $(11.27 \times Rp. 1.788.512,00) + Rp. 101.523,92$ : Rp. 21.026.735,24
Cost slope	: $(Rp. 21.026.735 - Rp. 20.720.532,00) / (12-9)$ : Rp. 102.000,00

**i. Balok Lt.3 + plat (N1)**

Volume	: 64.17 m <sup>3</sup>
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 74.044.438,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $64.17 / 12 = 5.35 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 54.050,00 \times 5.35 = \text{Rp. } 289.023,38$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 289.023,38 \times 12 = \text{Rp. } 3.468.388,50$
Produktifitas tiap jam	: $5.35 / 8 = 0.67 \text{ m}^3$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0.67) + (4 \times 0.8 \times 0.67)$ = 7.49 m <sup>3</sup> /hari
Crash duration	: $64.17 / 7.49 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0.67 \times \text{Rp. } 54.050 = \text{Rp. } 36.129,05$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 36.129,05 = \text{Rp. } 72.258,09$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 36.129,05) + (4 \times \text{Rp. } 72.258,09)$ = Rp. 578.064,75
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 578.064,75 = \text{Rp. } 4.954.840,71$
Crash cost total	: $(64.17 \times \text{Rp. } 1.788.512,00) + \text{Rp. } 4.954.840,71$ = Rp. 13.129.654,02
Cost slope	: $(\text{Rp. } 115.850.569,44 - \text{Rp. } 71.391.277,00) / (12-9)$ = Rp. 15.005.330,00



**j. Kolom Lt. III – IV (K1)**

Volume	: $11.27 \text{ m}^3$
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 20.720.532,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $11.27 / 12 = 0,94 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 54.050,00 \times 0,94 = \text{Rp. } 50.761,98$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 50.761,98 \times 12 = \text{Rp. } 609.143,50$
Produktifitas tiap jam	: $0,94 / 8 = 0,12$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0,12) + (4 \times 0,8 \times 0,12)$ : $1,31 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $11.27 / 1,31 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0,12 \times \text{Rp. } 54.050 = \text{Rp. } 6.345,24$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 6.345,24 = \text{Rp. } 12.690,49$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 6.345,24) + (4 \times \text{Rp. } 12.690,49)$ : $\text{Rp. } 101.523,92$
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 101.523,92 = \text{Rp. } 870.205,00$
Crash cost total	: $(11.27 \times \text{Rp. } 1.788.512,00) + \text{Rp. } 101.523,92$ : $\text{Rp. } 21.026.735,24$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 21.026.735 - \text{Rp. } 20.720.532,00) / (12-9)$ : $\text{Rp. } 102.000,00$

**k. Balok Lt.4 + plat (O1)**

Volume	: $64.17 \text{ m}^3$
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 74.044.438,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $64.17 / 12 = 5.35 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 54.050,00 \times 5.35 = \text{Rp. } 289.023,38$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 289.023,38 \times 12 = \text{Rp. } 3.468.388,50$
Produktifitas tiap jam	: $5.35 / 8 = 0.67 \text{ m}^3$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0.67) + (4 \times 0.8 \times 0.67)$ : $7.49 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $64.17 / 7.49 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0.67 \times \text{Rp. } 54.050 = \text{Rp. } 36.129,05$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 36.129,05 = \text{Rp. } 72.258,09$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 36.129,05) + (4 \times \text{Rp. } 72.258,09)$ : $\text{Rp. } 578.064,75$
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 578.064,75 = \text{Rp. } 4.954.840,71$
Crash cost total	: $(64.17 \times \text{Rp. } 1.788.512,00) + \text{Rp. } 4.954.840,71$ : $\text{Rp. } 13.129.654,02$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 115.850.569,44 - \text{Rp. } 71.391.277,00) / (12-9)$ : $\text{Rp. } 15.005.330,00$

### I. Kolom Lt. IV – Atap (L1)

Volume	: $7.0 \text{ m}^3$
Normal duration	: 12 hari
Normal cost	: Rp. 12.897.934,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $7.0 / 12 = 0.58 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 54.050,00 \times 0.58 = \text{Rp. } 31.529,17$
Normal cost upah 12 hari	: $\text{Rp. } 31.529,17 \times 12 = \text{Rp. } 378.350,00$
Produktifitas tiap jam	: $0.58 / 8 = 0.07$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0.07) + (4 \times 0.8 \times 0.07)$ : $0.82 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $7.0 / 1.31 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0.07 \times \text{Rp. } 54.050 = \text{Rp. } 3.941,15$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 3.941,15 = \text{Rp. } 7.882,29$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 3.941,15) + (4 \times \text{Rp. } 7.882,29)$ : $\text{Rp. } 63.058,33$
Crash cost upah 9 hari	: $9 \times \text{Rp. } 63.058,33 = \text{Rp. } 540.500,00$
Crash cost total	: $(7.0 \times \text{Rp. } 1.788.512,00) + \text{Rp. } 540.500,00$ : $\text{Rp. } 13.060.084$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 13.060.084,00 - \text{Rp. } 12.897.934,00) / (12-9)$ : $\text{Rp. } 54.000,00$

**m. Balok Lt. Atap + plat (P1)**

Volume	: $41,71 \text{ m}^3$
Normal duration	: 6 hari
Normal cost	: Rp. 52.673.659,00
Biaya satuan upah	: Rp. 54.050,00
Biaya satuan material/bahan	: Rp. 1.788.512,00
Produktifitas harian	: $41,71/6 = 6,95 \text{ m}^3$
Normal cost upah per hari	: $\text{Rp. } 54.050,00 \times 6,95 = \text{Rp. } 375.737,58$
Normal cost upah 6 hari	: $\text{Rp. } 375.737,58 \times 6 = \text{Rp. } 2.254.425,50$
Produktifitas tiap jam	: $6,95/8 = 0,87 \text{ m}^3$
Produktifitas harian setelah crash	: $(8 \times 0,87) + (4 \times 0,8 \times 0,87)$ : $9,43 \text{ m}^3/\text{hari}$
Crash duration	: $41,71/9,43 = 9 \text{ hari}$
Normal cost upah per jam	: $0,87 \times \text{Rp. } 54.050 = \text{Rp. } 46.967,20$
Biaya lembur upah per jam	: $2 \times \text{Rp. } 46.967,20 = \text{Rp. } 93.934,46$
Crash cost upah per hari	: $(8 \times \text{Rp. } 46.967,20) + (4 \times \text{Rp. } 93.934,46)$ : $\text{Rp. } 751.475,17$
Crash cost upah 9 hari	: $4 \times \text{Rp. } 751.475,17 = \text{Rp. } 3.220.607,86$
Crash cost total	: $(41,71 \times \text{Rp. } 1.788.512,00) + \text{Rp. } 3.220.607,86$ : $\text{Rp. } 77.388.328,82$
Cost slope	: $(\text{Rp. } 77.388.328,82 - \text{Rp. } 52.673.659,00) / (6-4)$ : $\text{Rp. } 12.357.330,00$

Perhitungan *Cost Slope* untuk seluruh aktivitas digunakan program komputer Microsoft Excel dan hasilnya dapat dilihat dalam tabel 4.3

#### 4.6. ANALISA TIME COST TRADE OFF PADA PROYEK

Untuk selanjutnya dalam melakukan analisa *Time Cost Trade Off* ini, dibantu dengan program bantu komputer untuk mempermudah serta lebih teliti dalam melakukan TCTO.

Adapun data yang diperlukan adalah arrow network yang menunjukkan keterkaitan antar aktifitas dan banyaknya aktifitas dummy yang diperlukan. Serta data mengenai normal duration, crash duration, normal cost dan crash cost untuk tiap aktifitas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data masukan untuk analisa TCTO dengan Cut Set System

Aktifitas	Start Node	End Node	Nd	Cd	Nc	Cc
A1	1	52	6	4	3,097,500	4,425,000
B1	2	3	6	4	403,200	576,000
C1	52	53	6	4	315,000	450,000
D1	1	2	12	9	120,961,600	131,172,000
E1	3	4	6	4	1,785,000	2,550,000
F1	4	6	12	9	39,739,924	40,029,721
G1	6	7	12	9	31,907,141	32,155,682
H1	2	5	12	9	812,546	835,830
I1	7	8	12	9	26,543,951	26,903,773
J1	9	14	12	9	20,720,532	21,026,735
K1	16	23	12	9	20,720,532	21,026,735
L1	25	32	12	9	12,897,934	13,060,084
M1	8	9	12	9	71,391,277	115,850,569
N1	14	16	12	9	74,044,438	119,060,395
O1	23	25	12	9	74,044,438	119,060,395
P1	32	34	6	4	52,673,659	77,388,329
Q1	13	20	6	4	12,638,820	12,781,548
R1	20	29	6	4	10,833,274	10,950,301
S1	29	38	6	4	10,833,274	10,950,301
T1	5	13	6	4	3,862,775	3,904,182
U1	13	21	12	9	6,337,835	6,580,022
V1	9	11	6	4	7,782,747	7,844,709
W1	16	18	6	4	7,782,747	7,844,709
X1	25	27	6	4	7,782,747	7,844,709
Y1	34	36	6	4	7,782,747	7,844,709
Z1	10	11	12	9	12,497,767	12,998,287
AA1	17	18	12	9	12,497,767	12,998,287
AB1	26	27	12	9	12,497,767	12,998,287
AC1	35	36	12	9	12,497,767	12,998,287
AD1	9	10	6	4	1,459,913	1,508,148
AE1	16	17	6	4	1,459,913	1,508,148
AF1	25	26	6	4	1,459,913	1,508,148
AG1	34	35	6	4	1,459,913	1,508,148

Aktifitas	Start Node	End Node	Nd	Cd	Nc	Cc
AH1	11	12	12	9	7,444,521	8,532,351
AII	18	19	12	9	7,444,521	8,532,351
AJ1	27	28	12	9	7,444,521	8,532,351
AK1	36	37	12	9	7,444,521	8,532,351
AL1	10	12	6	4	559,291	629,795
AM1	12	19	6	4	559,291	629,795
AN1	19	28	6	4	559,291	629,795
AO1	28	37	6	4	559,291	629,795
AP1	21	22	12	9	7,247,922	8,542,286
AQ1	30	31	12	9	7,247,922	8,542,286
AR1	39	40	12	9	7,247,922	8,542,286
AS1	41	42	12	9	7,247,922	8,542,286
AT1	22	31	12	9	20,106,152	21,138,480
AU1	31	40	12	9	20,106,152	21,138,480
AV1	40	42	12	9	20,106,152	21,138,480
AW1	42	61	12	9	20,106,152	21,138,480
AX1	57	58	36	26	10,543,274	11,023,344
AY1	58	59	24	17	3,891,167	4,014,233
AZ1	21	30	6	4	4,047,916	4,255,653
BA1	30	39	6	4	3,469,642	3,647,559
BB1	39	41	6	4	3,469,642	3,647,559
BC1	45	61	12	9	8,943,375	9,595,138
BD1	37	49	6	4	4,827,851	5,116,862
BE1	49	50	6	4	5,917,562	6,270,947
BF1	50	51	6	4	355,544	433,017
BG1	17	19	6	4	4,918,667	4,944,673
BH1	26	28	6	4	4,918,667	4,944,673
BI1	35	37	6	4	4,918,667	4,944,673
BJ1	59	60	12	9	8,547,000	8,754,000
BK1	20	21	6	4	10,733,578	11,692,240
BL1	29	30	6	4	9,200,210	10,021,297
BM1	38	39	6	4	9,200,210	10,021,297
BN1	60	61	12	9	38,292,485	39,741,317
BO1	38	61	6	4	5,250,000	5,337,900
BP1	34	44	12	9	18,153,975	27,795,010
BQ1	44	45	12	9	25,256,000	26,811,950
BR1	34	47	12	9	10,556,000	10,673,000
BS1	45	46	12	9	23,252,747	26,523,927
BT1	47	48	12	9	29,020,600	29,296,600
BU1	53	54	6	4	4,795,000	5,181,400
BV1	54	55	18	13	19,233,200	23,288,900
BW1	55	57	18	13	11,200,000	11,459,425
BX1	56	57	24	17	18,283,888	18,550,228
BY1	1	56	12	9	5,966,240	6,659,210
BZ1	8	15	6	4	1,750,000	2,500,000
CA1	15	24	6	4	1,750,000	2,500,000
CB1	24	33	6	4	1,750,000	2,500,000
CC1	33	43	6	4	1,750,000	2,500,000

Aktifitas	Start Node	End Node	Nd	Cd	Nc	Cc
CD1	43	61	36	26	8,081,500	11,545,000
CE1	37	61	30	21	23,922,675	25,494,737
CF1	48	61	18	13	6,615,000	7,154,700
CG1	51	61	12	9	2,298,975	2,450,051
CH1	46	61	18	13	18,742,500	19,139,535
DA1	5	6	0	0	-	-
DB1	9	13	0	0	-	-
DC1	14	15	0	0	-	-
DD1	16	20	0	0	-	-
DE1	23	24	0	0	-	-
DF1	25	29	0	0	-	-
DG1	32	33	0	0	-	-
DH1	34	38	0	0	-	-
DI1	37	48	0	0	-	-
DJ1	55	56	0	0	-	-

Keterangan :

Nd : Normal duration (waktu normal)

Cd : Crash duration (waktu crash)

Nc : Normal cost (biaya normal)

Cc : Crash cost (biaya crash)

Kompresi dilakukan menggunakan bantuan software komputer yaitu QSB+ (*Quantitative System for Business Plus*) pada sub bab Analisis CPM (*Critical Path Method*). Input data dari proyek yang ditinjau dengan *software* QSB+ dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.7. PERHITUNGAN DURASI & BIAYA SETELAH DIMAMPATKAN

Dari analisa TCTO dengan *Cut Set System* dengan *software* QSB+ akan didapatkan *critical path*, *earliest start*, *latest start*, *latest finist*, *slack*, *completion time* & *total cost* (total biaya langsung) untuk seluruh aktifitas seperti yang tercantum di bawah ini. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran., Sedangkan biaya tak langsung didapatkan dari perkalian antara durasi total seluruh aktifitas dengan biaya tak langsung per harinya. Untuk lebih jelasnya total cost yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4.5. Proses Pemampatan

Critical paths for ruko21 with completion time = 198 Total cost = 1198783

CP # 1 :

```
D1      B1      E1      F1      G1      I1
1=> 2=> 3=> 4=> 5=> 6=> 7=> 8
    M1    J1    NI    K1    O1    L1
8=> 9=> 14=> 16=> 23=> 25=> 32
    P1    AG1   AC1   AK1   BD1   BE1
32=> 34=> 35=> 36=> 37=> 49=> 50
    BF1   CG1
50=> 51=> 61
```

CP # 2 :

```
D1      B1      E1      F1      G1      I1
1=> 2=> 3=> 4=> 5=> 6=> 7=> 8
    M1    J1    NI    K1    O1    L1
8=> 9=> 14=> 16=> 23=> 25=> 32
    P1    AG1   AC1   AK1   CE1
32=> 34=> 35=> 36=> 37=> 61
```

CPM Analysis for ruko21 Page 1						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	54.000	6.0000	60.000	54.000
3	BY1	0	78.000	12.000	90.000	78.000
4	B1	12.000	12.000	18.000	18.000	Critical
5	H1	12.000	24.000	24.000	36.000	12.000
6	E1	18.000	18.000	24.000	24.000	Critical
7	F1	24.000	24.000	36.000	36.000	Critical
8	DA1	24.000	36.000	24.000	36.000	12.000
9	T1	24.000	120.00	30.000	126.00	96.000
10	G1	36.000	36.000	48.000	48.000	Critical
11	I1	48.000	48.000	60.000	60.000	Critical
12	M1	60.000	60.000	72.000	72.000	Critical
13	BZ1	60.000	138.00	66.000	144.00	78.000
14	AD1	72.000	120.00	78.000	126.00	48.000

Completion time = 198 Total cost = 1198783

CPM Analysis for ruko21 Page 2						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	72.000	132.00	78.000	138.00	60.000
16	DB1	72.000	126.00	72.000	126.00	54.000
17	J1	72.000	72.000	84.000	84.000	Critical
18	Z1	78.000	126.00	90.000	138.00	48.000
19	AL1	78.000	144.00	84.000	150.00	66.000
20	AH1	90.000	138.00	102.00	150.00	48.000
21	AM1	102.00	150.00	108.00	156.00	48.000
22	Q1	72.000	126.00	78.000	132.00	54.000
23	U1	72.000	126.00	84.000	138.00	54.000
24	DC1	84.000	144.00	84.000	144.00	60.000
25	NI	84.000	84.000	96.000	96.000	Critical
26	CA1	84.000	144.00	90.000	150.00	60.000
27	AE1	96.000	126.00	102.00	132.00	30.000
28	W1	96.000	138.00	102.00	144.00	42.000

Completion time = 198 Total cost = 1198783

CPM Analysis for ruko21 Page 3						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	96.000	132.00	96.000	132.00	36.000
30	K1	96.000	96.000	108.00	108.00	Critical
31	AA1	102.00	132.00	114.00	144.00	30.000
32	BG1	102.00	150.00	108.00	156.00	48.000
33	AI1	114.00	144.00	126.00	156.00	30.000
34	AN1	126.00	156.00	132.00	162.00	30.000
35	BK1	96.000	132.00	102.00	138.00	36.000
36	R1	96.000	138.00	102.00	144.00	42.000
37	AP1	102.00	138.00	114.00	150.00	36.000
38	AZ1	102.00	144.00	108.00	150.00	42.000
39	AT1	114.00	150.00	126.00	162.00	36.000
40	DE1	108.00	150.00	108.00	150.00	42.000
41	O1	108.00	108.00	120.00	120.00	Critical
42	CB1	108.00	150.00	114.00	156.00	42.000

CPM Analysis for ruko21 Page 4						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	120.00	132.00	126.00	138.00	12.000
44	X1	120.00	144.00	126.00	150.00	24.000
45	DF1	120.00	144.00	120.00	144.00	24.000
46	L1	120.00	120.00	132.00	132.00	Critical
47	AB1	126.00	138.00	138.00	150.00	12.000
48	BH1	126.00	156.00	132.00	162.00	30.000
49	AJ1	138.00	150.00	150.00	162.00	12.000
50	AO1	150.00	162.00	156.00	168.00	12.000
51	BL1	120.00	144.00	126.00	150.00	24.000
52	S1	120.00	150.00	126.00	156.00	30.000
53	AQ1	126.00	150.00	138.00	162.00	24.000
54	BA1	126.00	156.00	132.00	162.00	30.000
55	AU1	138.00	162.00	150.00	174.00	24.000
56	DG1	132.00	156.00	132.00	156.00	24.000

CPM Analysis for ruko21						Page 5
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	132.00	132.00	138.00	138.00	Critical
58	CC1	132.00	156.00	138.00	162.00	24.000
59	AG1	138.00	138.00	144.00	144.00	Critical
60	Y1	138.00	150.00	144.00	156.00	12.000
61	DH1	138.00	156.00	138.00	156.00	18.000
62	BP1	138.00	144.00	150.00	156.00	6.0000
63	BR1	138.00	156.00	150.00	168.00	18.000
64	AC1	144.00	144.00	156.00	156.00	Critical
65	BI1	144.00	162.00	150.00	168.00	18.000
66	AK1	156.00	156.00	168.00	168.00	Critical
67	BD1	168.00	168.00	174.00	174.00	Critical
68	CE1	168.00	168.00	198.00	198.00	Critical
69	BM1	138.00	156.00	144.00	162.00	18.000
70	BO1	138.00	192.00	144.00	198.00	54.000

CPM Analysis for ruko21 Page 6						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	144.00	162.00	156.00	174.00	18.000
72	BB1	144.00	168.00	150.00	174.00	24.000
73	AV1	156.00	174.00	168.00	186.00	18.000
74	AS1	150.00	174.00	162.00	186.00	24.000
75	AW1	168.00	186.00	180.00	198.00	18.000
76	CD1	138.00	162.00	174.00	198.00	24.000
77	BQ1	150.00	156.00	162.00	168.00	6.0000
78	BS1	162.00	168.00	174.00	180.00	6.0000
79	BC1	162.00	186.00	174.00	198.00	24.000
80	CH1	174.00	180.00	192.00	198.00	6.0000
81	BT1	150.00	168.00	162.00	180.00	18.000
82	CF1	162.00	180.00	180.00	198.00	18.000
83	BE1	174.00	174.00	180.00	180.00	Critical
84	BF1	180.00	180.00	185.00	186.00	Critical
Completion time = 198 Total cost = 1198783						

CPM Analysis for ruko21 Page 7						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	186.00	186.00	198.00	198.00	Critical
86	C1	6.0000	60.000	12.000	66.000	54.000
87	BU1	12.000	66.000	18.000	72.000	54.000
88	BV1	18.000	72.000	36.000	90.000	54.000
89	DJ1	36.000	90.000	36.000	90.000	54.000
90	BW1	36.000	96.000	54.000	114.00	60.000
91	BX1	36.000	90.000	60.000	114.00	54.000
92	AX1	60.000	114.00	96.000	150.00	54.000
93	AY1	96.000	150.00	120.00	174.00	54.000
94	BJ1	120.00	174.00	132.00	186.00	54.000
95	BNI	132.00	186.00	144.00	198.00	54.000
Completion time = 198 Total cost = 1198783						

Proses pemampatan dengan cut set system dan hasil kompressi dengan perincian sebagai berikut:

Normal Duration = 198 hari

Total Biaya = Rp. 1.268.694.708,94

Indirect Cost hari = Rp. 887.997,10

### 1. Tahap Normal (198 hari)

Aktifitas yang kritis

D1, B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1,

BF1, CG1, CE1

## 2. Tahap I (196 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, **AG1**, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1

Cost slope terendah : AG1 (Pekerjaan bata tresram lt. 4)

Pengurangan durasi : 2 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\text{AG1} \quad Nd=6 \longrightarrow Cd=4 \quad 2 * \text{Rp. } 24.117,00 = \text{Rp. } 48.234,01$$

## 3. Tahap II (193 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, **AG1**, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1

Cost slope terendah : L1 (Pekerjaan kolom lt. 4-atap)

Pengurangan durasi : 2 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\text{L1} \quad Nd=12 \longrightarrow Cd=9 \quad 3 * \text{Rp. } 54.000,00 = \text{Rp. } 162.000,00$$

## 4. Tahap III (190 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, B1, E1, F1, **G1**, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, **AG1**, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1

Cost slope terendah : G1 (Pekerjaan sloof)

Pengurangan durasi : 2 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\text{G1} \quad Nd=4 \longrightarrow Cd=6 \quad 3 * \text{Rp. } 83.000 = \text{Rp. } 249.000,00$$

## 5. Tahap IV (188 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1**, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, **AG1**, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1

Cost slope terendah : B1 (Galian pile cap/sloof)

Pengurangan durasi : 2 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$B1 \quad Nd=12 \rightarrow Cd=9 \quad 2 * Rp. 86.399,9 = Rp. 172.800,00$$

#### **6. Tahap V (185 hari)**

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1**, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1

Cost slope terendah : F1 (poer/pile cap)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$F1 \quad Nd=12 \rightarrow Cd=9 \quad 3 * Rp. 96.666,66 = Rp. 390.000,00$$

#### **7. Tahap VI (182 hari)**

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1**, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1

Cost slope terendah : J1 (Kolom lt. II-III)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$J1 \quad Nd=12 \rightarrow Cd=9 \quad 3 * Rp. 102.000,00 = Rp. 306.000,00$$

#### **8. Tahap VII (179 hari)**

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1**, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, **K1**, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1

Cost slope terendah : K1 (Pekerjaan kolom lt. 4-atap)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$K1 \quad Nd=12 \rightarrow Cd=9 \quad 3 * Rp. 102.000,00 = Rp. 306.000,00$$

### 9. Tahap VIII (176 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1**

Cost slope terendah : II (Kolom lt. I-II)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\text{II} \quad Nd=12 \rightarrow Cd=9 \quad 3 * \text{Rp. } 120.000,00 = \text{Rp. } 360.000,00$$

### 10. Tahap IX (173 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1**

Cost slope terendah : L1 (Pekerjaan kolom lt. 4-atap)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\text{AC1} \quad Nd=12 \rightarrow Cd=9 \quad 3 * \text{Rp. } 166.666,70 = \text{Rp. } 500.000,00$$

### 11. Tahap X (172 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, BH1**

Cost slope terendah : BF1(Acian plafond expose)

CE1 (Cat tembok dalam)

Pengurangan durasi : 1 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\text{BF1} \quad Nd=6 \rightarrow Cd=4 \quad 1 * \text{Rp. } 38.739,90 = \text{Rp. } 38.739,90$$

$$\text{CE1} \quad Nd=30 \rightarrow Cd=29 \quad 1 * \text{Rp. } 174.666,70 = \text{Rp. } 174.666,70$$

### 12. Tahap XI (171 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, **AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1**

Cost slope terendah : BF1(Acian plafond expose)

CE1 (Cat tembok dalam)

CH1(Cat tembok bag. luar)

Pengurangan durasi : 1 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

BF1 Nd=6 → Cd=4 1\* Rp. 38.739,90 = Rp. 38.739,90

CE1 Nd=30 → Cd=28 1\* Rp. 174.666,70 = Rp. 174.666,70

CH1 Nd=18 → Cd=17	1* Rp. 79.400,00	<hr/>	Rp. 79.400,00
			Rp.292.806,90

### 13. Tahap XI I (168 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1**

Cost slope terendah : CE1 (Cat tembok dalam)

CH1(Cat tembok bag. luar)

CG1 (Cat plafond)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

CE1 Nd=30 → Cd=25 3\* Rp. 174.666,70 = Rp. 524.001,00

CH1 Nd=18 → Cd=14 3\* Rp. 79.400,00 = Rp. 238.200,00

CG1 Nd=12 → Cd=9	3* Rp. 50.366,70	<hr/>	Rp. 151.100,00
			Rp. 913.302,00

### 14. Tahap XI II (166 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1**

Cost slope terendah : E1 (Pecah kepala tiang pcang)

Pengurangan durasi : 2 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\text{E1} \quad Nd=6 \rightarrow Cd=4 \quad 23 * \text{Rp. } 382.500,00 = \text{Rp. } 765.000,00$$

#### 15. Tahap XIV (165 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1**

Cost slope terendah : CE1 (Cat tembok dalam)

CH1(Cat tembok bag. luar)

BD1 (Plafond rangka)

Pengurangan durasi : 1 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\begin{array}{lll} \text{CE1} & Nd=30 \rightarrow Cd=24 & 1 * \text{Rp. } 174.666,70 = \text{Rp. } 174.666,70 \\ \text{CH1} & Nd=18 \rightarrow Cd=13 & 1 * \text{Rp. } 79.400,00 = \text{Rp. } 79.400,00 \\ \text{BD1} & Nd=6 \rightarrow Cd=5 & 1 * \text{Rp. } 144.500,00 = \text{Rp. } 144.500,00 \\ & & \hline & & \text{Rp. } 398.567,00 \end{array}$$

#### 16. Tahap XV (164 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, **B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1**

Cost slope terendah : CE1 (Cat tembok dalam)

BQ1(Rangka atap koral Rainbow)

BD1 (Plafond rangka)

Pengurangan durasi : 1 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$\begin{array}{lll} \text{CE1} & Nd=30 \rightarrow Cd=23 & 1 * \text{Rp. } 174.666,70 = \text{Rp. } 174.666,70 \\ \text{BQ1} & Nd=12 \rightarrow Cd=11 & 1 * \text{Rp. } 518.667,00 = \text{Rp. } 518.500,00 \\ \text{BD1} & Nd=6 \rightarrow Cd=4 & 1 * \text{Rp. } 144.500,00 = \text{Rp. } 144.500,00 \\ & & \hline & & \text{Rp. } 837.834,00 \end{array}$$

### 17. Tahap XVI (162 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1

Cost slope terendah : CE1 (Cat tembok dalam)

BQ1(Rangka atap koral Rainbow)

BE1 (Plafond triplek)

Pengurangan durasi : 2 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

CE1 Nd=30 → Cd=21 2\* Rp. 174.666,70 = Rp. 349.334,00

BQ1 Nd=12 → Cd=10 2\* Rp. 518.667,00 = Rp. 1.037.334,00

BE1 Nd=6 → Cd=4 2\* Rp. 176.645,00 = Rp. 353.290,00

Rp. 1.739.598,00

### 18. Tahap XVII (159 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1

Cost slope terendah : BS1(Benangan luar & palt balkon lt. 2)

AK1 (Plester 1 Pc 6 Ps + acian lt. 4)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

BS1 Nd=12 → Cd=10 3\* Rp. 1.090.333,00 = Rp. 3.271.000,00

AK1 Nd=12 → Cd=9 3\* Rp. 362.300,00 = Rp. 1.086.900,00

Rp. 4.357.900,00

### 19. Tahap XVIII (156 hari)

Aktifitas yang kritis :

D1, B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1

Cost slope terendah : D1 (Tiang Pancang)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

D1 Nd=12 → Cd=9 3 \* Rp. 3.403.333,00 = Rp. 10.210.000,00

#### 20. Tahap XIX (155 hari)

Aktifitas yang kritis :

**D1, B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1, AF1, AB1, AJ1, AO1**

Cost slope terendah : P1 (Balok lt. Atap + plat)

Pengurangan durasi : 1 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

P1 Nd=6 → Cd=5 1 \* Rp. 12.357.330,00 = Rp. 10.210.000,00

#### 21. Tahap XX (154 hari)

Aktifitas yang kritis :

**D1, B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1, AF1, AB1, AJ1, AO1**

Cost slope terendah : P1 (Balok lt. Atap + plat)

Pengurangan durasi : 1 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

P1 Nd=6 → Cd=4 1 \* Rp. 12.357.330,00 = Rp. 12.357.330,00

AF1	Nd=6	→ Cd=5	1 * Rp.	24.099,00	= Rp.	24.099,00
						Rp. 12.381.429,00

#### 22. Tahap XXI (151 hari)

Aktifitas yang kritis :

**D1, B1, E1, F1, G1, H1, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1, AF1, AB1, AJ1, AO1**

Cost slope terendah : P1 (Balok lt. Atap + plat)

Pengurangan durasi : 1 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

M1 Nd=12 → Cd=9 1 \* Rp. 14.820.000,00 = Rp. 14.820.000,00

### 23. Tahap XXII (148 hari)

Aktifitas yang kritis :

**D1, B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1, AF1, AB1, AJ1, AO1**

Cost slope terendah : M1 (Balok lt. III+ plat)

Pengurangan durasi : 3 hari

Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$N1 \quad Nd=12 \longrightarrow Cd=9 \quad 1 * Rp. 15.005.330,00 = Rp. 45.016.000,00$$

### 24. Tahap XXIII (145 hari)

Aktifitas yang kritis :

**D1, B1, E1, F1, G1, II, M1, J1, N1, K1, O1, L1, P1, AG1, AC1, AK1, BD1, BE1, BF1, CG1, CE1, BP1, BQ1, BS1, CH1, AF1, AB1, AJ1, AO1**

Cost slope terendah : O1 (Balok lt. IV + plat)

Pengurangan durasi : 3 hari

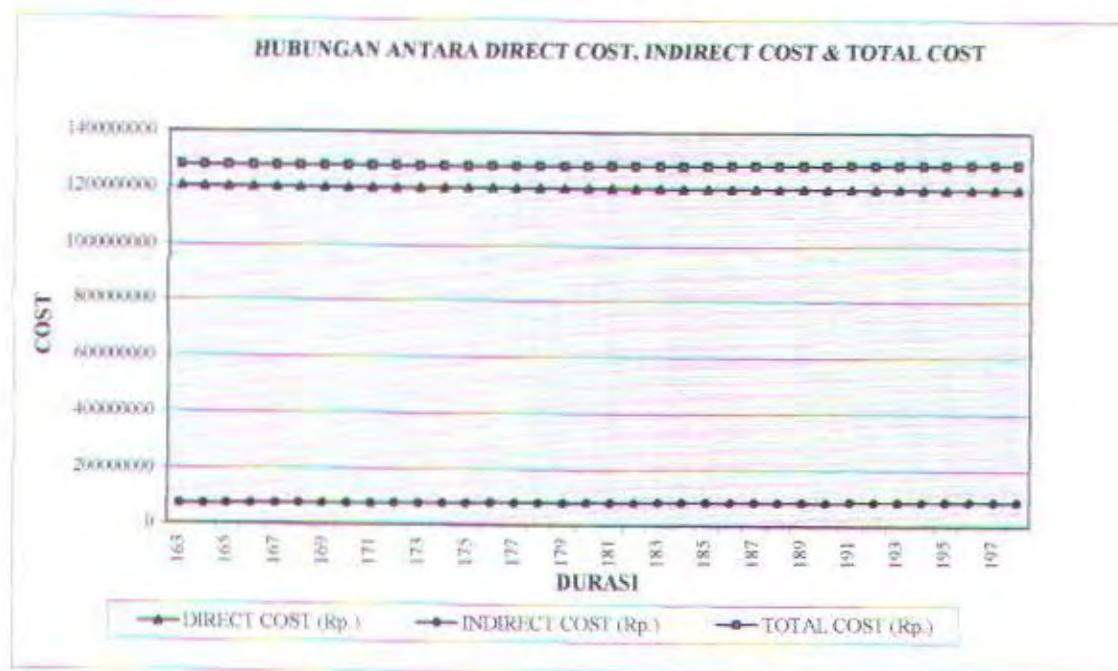
Penambahan biaya langsung akibat crash:

$$O1 \quad Nd=12 \longrightarrow Cd=9 \quad 3 * Rp. 15.005.330,00 = Rp. 45.016.000,00$$

Selanjutnya kompresi jaringan kerja tiap perubahan lintasan kritis dan tiap perubahan kompresi aktifitas seperti yang diuraikan di atas, dapat dilihat pada Tabel 4.5.Proses Pemampatan. Dari tabel tersebut dapat diketahui total biaya proyek (total cost) yang minimum (hasil kompressi yang optimal) pada durasi total 165 hari dengan total cost sebesar Rp 1.277.019.757,45 dengan durasi aktifitas seperti yang terlihat pada Tabel 4.6. Durasi Hasil Analisa dengan Cut Set System

Tabel 4.5 Proses Pemampatan

No	Tahap	Durasi	Penambahan Biaya Langsung	Biaya Langsung	Crash Activity	Pengurangan Biaya Tak Langsung	Biaya Tak Langsung	Total Biaya
1	0	198	-	1,198,783,000.00	-	-	83,915,726.40	1,282,698,726.40
2	1	196	48,234.01	1,198,831,000.00	AG1	847,633.60	83,068,092.80	1,281,899,092.80
3	2	193	162,000.00	1,198,993,000.00	L1	1,271,450.00	81,796,642.40	1,280,789,642.40
4	3	190	249,000.00	1,199,242,000.00	G1	1,271,450.00	80,525,192.00	1,279,767,192.00
5	4	188	172,800.00	1,199,415,000.00	B1	847,633.60	79,677,558.40	1,279,092,558.40
6	5	185	290,000.00	1,199,705,000.00	F1	1,271,450.00	78,406,108.00	1,278,111,108.00
7	6	182	306,000.00	1,200,011,000.00	J1	1,271,450.00	77,134,657.60	1,277,145,657.60
8	7	179	306,000.00	1,200,317,000.00	K1	1,271,450.00	75,863,207.20	1,276,180,207.20
9	8	176	360,000.00	1,200,677,000.00	II	1,271,450.00	74,591,756.80	1,275,268,756.80
10	9	173	500,000.00	1,201,177,000.00	AC1	1,271,450.00	73,320,306.40	1,274,497,306.40
11	10	172	213,406.90	1,201,391,000.00	BFI,CEI	423,816.80	72,896,489.60	1,274,287,489.60
12	11	171	292,806.90	1,201,683,000.00	BFI,CEI,CHI	423,816.80	72,472,672.80	1,274,155,672.80
13	12	168	913,302.00	1,202,597,000.00	CEI,CHI,CG1	1,271,450.00	71,201,222.40	1,273,798,222.40
14	13	166	765,000.00	1,203,362,000.00	E1	847,633.60	70,353,588.80	1,273,715,588.80
15	14	165	398,567.00	1,203,760,000.00	CEI,CHI,BDI	423,816.80	69,929,772.00	1,273,689,772.00
16	15	164	837,834.00	1,204,598,000.00	CEI,BQI,BDI	423,816.80	69,505,955.20	1,274,103,955.20
17	16	162	1,739,958.00	1,206,338,000.00	CEI,BQI,BEI	847,633.60	68,658,321.60	1,274,996,321.60
18	17	159	4,357,900.00	1,210,696,000.00	BSI,AK1	1,271,450.00	67,386,871.20	1,278,082,871.20
19	18	156	10,210,000.00	1,220,906,000.00	DI	1,271,450.00	66,115,420.80	1,287,021,420.80
20	19	155	12,357,330.00	1,233,263,000.00	PI	847,633.60	65,691,604.00	1,298,954,604.00
21	20	154	12,381,429.00	1,245,645,000.00	AFL,PI	847,633.60	65,267,787.20	1,310,912,787.20
22	21	151	44,460,000.00	1,290,105,000.00	M1	1,271,450.00	63,996,336.80	1,354,101,336.80
23	22	148	45,016,000.00	1,335,121,000.00	N1	1,271,450.00	62,724,886.40	1,397,845,886.40
24	23	145	45,016,000.00	1,380,137,000.00	O1	1,271,450.00	61,453,436.00	1,441,590,436.00



Gambar 4.1 Hubungan antara direct cost, indirect cost, total cost dan waktu



Gambar 4.2. Hubungan antara total cost dan waktu

Tabel 4.6. Durasi hasil analisa TCTO dengan Cut Set System

Aktifitas	Durasi Awal	Durasi Crash
A1	6	6
B1	6	4
C1	6	6
D1	12	12
E1	6	4
F1	12	9
G1	12	9
H1	12	12
I1	12	9
J1	12	9
K1	12	9
L1	12	9
M1	12	12
N1	12	12
O1	12	12
P1	6	6
Q1	6	6
R1	6	6
S1	6	6
T1	6	6
U1	12	12
V1	6	6
W1	6	6
X1	6	6
Y1	6	6
Z1	12	12
AA1	12	12
AB1	12	12
AC1	12	9
AD1	6	6
AE1	6	6
AF1	6	6
AG1	6	4
AH1	12	12
AI1	12	12
AJ1	12	12
AK1	12	12
AL1	6	6
AM1	6	6
AN1	6	6
AO1	6	6
AP1	12	12
AQ1	12	12
AR1	12	12
AS1	12	12

Aktifitas	Durasi Awal	Durasi Crash
AT1	12	12
AU1	12	12
AV1	12	12
AW1	12	12
AX1	36	36
AY1	24	24
AZ1	6	6
BA1	6	6
BB1	6	6
BC1	12	12
BD1	6	5
BE1	6	6
BF1	6	4
BG1	6	6
BH1	6	6
BI1	6	6
BJ1	12	12
BK1	6	6
BL1	6	6
BM1	6	6
BN1	12	12
BO1	6	6
BP1	12	12
BQ1	12	12
BR1	12	12
BS1	12	12
BT1	12	12
BU1	6	6
BV1	18	18
BW1	18	18
BX1	24	18
BY1	12	12
BZ1	6	6
CA1	6	6
CB1	6	6
CC1	6	6
CD1	36	36
CE1	30	24
CF1	18	18
CG1	12	9
CH1	18	13

#### 4.8 PELAKSANAAN DI LAPANGAN

Aktifitas yang menguntungkan untuk dilakukan kompressi (lembur) adalah aktifitas B1(Galian pile cap & sloof), E1(Pecah kepala tiang pancang), F1(poer/pile cap), G1(sloof), H1(kolom lt. I-II), J1(kolom lt II-III), K1(kolom lt. III-IV), L1(kolom lt. IV-Atap), AG1(bata tresram lt. 4), AC1(bata merah lt. 4), BD1(plafond rangka), CE1(cat tembok dalam), CH1(cat tembok bagian luar), BF1(acian plafond expose), CG1(cat plafond) dengan durasi seperti yang tercantum dalam tabel 4.6.

Dalam pelaksanaannya di lapangan pengeluaran biaya tambahan juga harus dipikirkan, misalnya uang makan untuk para pekerja, biaya tambahan untuk peralatan tambahan dan lain-lain.

Tabel 4.7 Biaya tambahan untuk pelaksanaan di lapangan

Aktifitas Lembur	Biaya Tambahan /Hari (uang makan pekerja)	Durasi Lembur	Total (Rp.)
B1(Galian pile cap & sloof)	4*@Rp.2500,00 = Rp. 10.000,00	4	40.000,00
E1(Pecah kepala t. pancang)	4*@Rp.2500,00 = Rp. 10.000,00	4	40.000,00
F1(Poer/pile cap)	6*@Rp.2500,00 = Rp. 15.000,00	9	135.000,00
G1(Sloof)	6*@Rp.2500,00 = Rp. 15.000,00	9	135.000,00
H1(Kolom lt. I-II)	7*@Rp.2500,00 = Rp. 17.500,00	9	157.000,00
J1(Kolom lt. II-III)	7*@Rp.2500,00 = Rp. 17.500,00	9	157.000,00
K1(Kolom lt. III-IV)	7*@Rp.2500,00 = Rp. 17.500,00	9	157.000,00
L1(Kolom lt. IV-Atap)	7*@Rp.2500,00 = Rp. 17.500,00	9	157.000,00
AG1(Bata tresram lt. 4)	4*@Rp.2500,00 = Rp. 10.000,00	4	40.000,00
AC1(Bata merah lt. 4)	4*@Rp.2500,00 = Rp. 10.000,00	9	90.000,00
BD1(Plafond rangka)	2*@Rp.2500,00 = Rp. 5.000,00	4	20.000,00
CE1(Cat tembok dalam )	6*@Rp.2500,00 = Rp. 15.000,00	24	260.000,00
CH1(Cat tembok luar)	6*@Rp.2500,00 = Rp. 15.000,00	13	195.000,00
BF1(Acian plafond expose)	2*@Rp.2500,00 = Rp. 5.000,00	4	20.000,00
CG1(Cat plafond)	4*@Rp.2500,00 = Rp. 10.000,00	9	90.000,00
			1.695.000,00

Biaya total untuk pekerjaan lembur (pelaksanaan di lapangan) :

$$\text{Rp.} 1.273.689.772,00 + \text{Rp.} 1.695.000,00 = \text{Rp.} 1.275.384.772,00$$

Normal Cost = Rp. 1.282698.726,00

$$\text{Keuntungan Rp.} 1.282698.726,00 - \text{Rp.} 1.275.384.772,00 = \text{Rp.} 7.314.024,00$$

Dan untuk kegiatan BQ1(rangka & atap koral rainbow), BE1(plafond triplek), BS1(benangan luar+plat balkon lt. 2), AK1(plesteran 1pc:6 ps+acian lt. 4), D1(tiang pancang), AF1 (bata tresram lt. 3), P1(balok lantai atap+plat), M1(balok lantai II+plat), N1(balok lantai III+plat), O1(balok lantai IV+plat) tidak dilakukan lembur karena biaya

totalnya semakin naik meskipun waktu pelaksanaanya lebih cepat. Penggambaran hubungan biaya langsung, biaya tak langsung, biaya total dan waktu dapat dilihat pada gambar 4.1. Hubungan antara direct cost, indirect cost, total cost dan waktu Sedangkan hubungan antara biaya total dan waktu dapat dilihat pada gambar 4.2. Hubungan antara durasi dan total cost

## **BAB V**

## **KESIMPULAN**

## BAB V

### KESIMPULAN & SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Setelah mengevaluasi pelaksanaan proyek dari segi waktu dan biaya pada proyek Ruko 21 Gubeng II Surabaya, maka kami dapat mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Percepatan waktu maksimum (waktu jenuh) yang dapat dicapai untuk pelaksanaan proyek adalah sebesar 53 hari kerja pada tahap pemampatan ke 23, dengan cara penambahan jam kerja selama 4 jam dari waktu kerja normal.
2. Penambahan jam kerja atau lembur pada pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan percepatan waktu secara maximum menyebabkan perubahan biaya penyelesaian proyek dari biaya total sebesar Rp.1.282.698.796,40 pada kondisi normal menjadi Rp. 1.441.590.436,00 pada kondisi jenuh.
3. Kondisi optimum untuk penyelesaian proyek pembangunan ini diperoleh pada pemampatan tahap ke 14 yaitu 165 hari kerja, menghemat 33 hari kerja dari jadwal semula dengan perubahan biaya penyelesaian proyek menjadi Rp. 1.273.689.772,00
4. Penghematan yang terjadi akibat adanya pemampatan sampai titik yang optimum adalah sebesar Rp. 9.009.024,00.

#### 5.2. SARAN

Agar percepatan waktu pelaksanaan proyek dengan menggunakan metode Pertukaran Biaya & Waktu (TCTO) dapat dijadikan dasar dalam pelaksanaan proyek yang nyata di lapangan, maka penulis memberi sedikit saran yaitu :

1. Pada saat pelaksanaan di lapangan pihak manajemen perlu untuk menetapkan prioritas atau memusatkan perhatian pada aktifitas-aktifitas tertentu yang akan sangat menentukan dalam ketepatan waktu penyelesaian proyek. Dan pengawasan yang teliti untuk pekerjaan lembur diharapkan dapat dicapai kwalitas & kwantitas pekerjaan seperti yang diharapkan.
2. Dalam melakukan penambahan jam kerja atau lembur, penggunaan material dan peralatan perlu diperhatikan keterbatasan dalam penggunannya di lapangan.

Misalnya untuk pekerjaan struktur, apakah bekisting dipakai secara bergantian atau disediakan sendiri. Apabila disediakan sendiri berarti harus diperhitungkan penambahan biaya bekisting.

3. Laporan atau tugas akhir ini dapat dilanjutkan pada tahap levelling atau pemerataan dari sumber-sumber daya yang ada pada tiap item pekerjaan, sehingga nantinya proyek ini akan lebih optimal dilihat dari segi waktu maupun biayanya



## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Badiru B, Adedeji, P. Simin Pulat, 1994, *Comprehensive Project Management*, New Jersey: Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs
- Barrie, Donald S, Boyd C. Paulson Jr, Sudinarto, 1990, *Manajemen Konstruksi Profesional*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga
- Chang, Yih Long dan Sullivan, Robert S, 1989, *QSB Quantitative System For Business Plus*, New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Miswanto, Wing Wahyu Winarno, 1995, *Analisis Manajemen Kuantitatif*, Edisi Kedua, Yogyakarta: Penerbit Bagian Penerbitan Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi YKPN.
- Nugraha Ishak, Paulus N, dan R Sudjipto, 1986, *Manajemen Proyek Konstruksi 2*. Surabaya: Penerbit Kartika Yudha.
- Soeharto Imam, 1997, *Manajemen Proyek: dari konseptual sampai operasional ,Jilid 1*, Jakarta: Erlangga.

**LAMPIRAN I**  
**(DATA-DATA DARI PROYEK )**

## RENCANA ANGGARAN BIAYA

Proyek : RUKO 21 GUBENG II

Kavling : A,B,C,D,E,F,G (7 Ruko)

Lokasi : Jl. Raya Gubeng 30 Surabaya

No.	Item	Satuan	Vol	Harga Sat	Jumlah (Rp.)
I	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
1	Pengukuran & Utiliset	M2	446.25	3,000.00	1.338.750.00
2	Direksi keet	Ls	1.00	350.000.00	350.000.00
3	Alat Kerja & air kerja	Ls	1.00	700.000.00	700.000.00
4	Bouplank	M'	141.75	5.000	708.750.00
				Sub Total I	3.097.500.00
II	<b>PEKERJAAN TANAH</b>				
1	Galian pile cap & sloof	M3	50.40	8.000	403.200.00
2	Galian Septictank & tandon	M3	35.00	9.000	315.000.00
				Sub Total II	718.200.00
III	<b>PEKERJAAN BETON K-225</b>				
1	Tiang pancang 20x20 (h=24 m)	Titik	119.00	1.016.400	120.961.600.00
2	Pecah kepala tiang pancang	Titik	119.00	15.000	1.785.000.00
3	Poer/pile cap (t=40 cm)	M3	29.40	1.351.598	39.739.924.00
4	Sloof	M3	25.20	1.266.162	31.907.141.00
5	Lantai kerja bawah poer & sloof (t=5 cm)	M3	3.15	257.950	812.545.00
6	Kolom Lt I-II 25/40	M3	14.42	1.842.562	26.543.951.00
7	Kolom Lt II-III 25/40	M3	11.27	1.842.562	20.720.532.00
8	Kolom Lt III-IV 25/40	M3	11.27	1.842.562	20.720.532.00
9	Kolom Lt IV-Atap 25/40	M3	7.00	1.842.562	12.897.934.00
10	Balok Lt 2 + plat	M3	62.44	1.569.452	71.391.277.00
11	Balok Lt 3 + plat	M3	64.17	1.569.452	74.044.438.00
12	Balok Lt 4 + plat	M3	64.17	1.569.452	74.044.438.00
13	Belok Lt Atap + plat	M3	41.71	1.569.452	52.673.659.00
14	Tangga Lt. 1-2	M3	13.75	919.710	12.546.012.50
15	Tangga Lt. 2-3	M3	11.78	919.710	10.834.183.80
16	Tangga Lt. 3-4	M3	11.78	919.710	10.834.183.80
17	Beton 1-2-3 untuk pondasi tangga	M3	4.20	919.710	3.862.775.00
18	Beton rabat Lt. 1 utk keramik	M3	24.57	257.950	6.337.835.00
19	Kolom Praktis Lt. 1	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00
20	Kolom Praktis Lt. 2	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00
21	Kolom Praktis Lt. 3	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00
22	Kolom Praktis Lt. 4	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00
				Sub Total III	523.888.950.10
IV	<b>PEKERJAAN PASANGAN</b>				
1	Bata merah ft. 1	M2	401.80	31.118	12.497.767.00
2	Bata merah ft. 2	M2	401.80	31.118	12.497.767.00
3	Bata merah ft. 3	M2	401.80	31.118	12.497.767.00
4	Bata merah ft. 4	M2	401.80	31.118	12.497.767.00
5	Bata tresram Lt. 1	M2	39.41	37.036	1.459.913.00
6	Bata tresram Lt. 2	M2	39.41	37.036	1.459.913.00
7	Bata tresram Lt. 3	M2	39.41	37.036	1.459.913.00
8	Bata tresram Lt. 4	M2	39.41	37.036	1.459.913.00
9	Plesteran 1pc. 6ps + acian ft. 1	M2	803.25	9.268	7.444.521.00
10	Plesteran 1pc. 6ps + acian ft. 2	M2	803.25	9.268	7.444.521.00
11	Plesteran 1pc. 6ps + acian ft. 3	M2	803.25	9.268	7.444.521.00
12	Plesteran 1pc. 6ps + acian ft. 4	M2	803.25	9.268	7.444.521.00
13	Plesteran 1pc. 2 ps ft. 1	M2	52.16	10.720	559.291.00
14	Plesteran 1pc. 2 ps ft. 2	M2	52.16	10.720	559.291.00
15	Plesteran 1pc. 2 ps ft. 3	M2	52.16	10.720	559.291.00
16	Plesteran 1pc. 2 ps ft. 4	M2	52.16	10.720	559.291.00
17	Acian Lt. 1	M2	552.95	2.500	1.382.367.50
18	Acian Lt. 2	M2	552.95	2.500	1.382.367.50
19	Acian Lt. 3	M2	552.95	2.500	1.382.367.50
20	Acian Lt. 4	M2	552.95	2.500	1.382.367.50

No	Item	Satuan	Vol.	Harga Sat	Jumlah (Rp.)
17	Acian & benangan lt. 1	Ls	1.00	7,247,922	7,247,922,00
18	Acian & benangan lt. 2	Ls	1.00	7,247,922	7,247,922,00
19	Acian & benangan lt. 3	Ls	1.00	7,247,922	7,247,922,00
20	Acian & benangan lt. 4	Ls	1.00	7,247,922	7,247,922,00
21	Lantai keramik lt. 1	M2	418.88	48,000	20,106,152,00
22	Lantai keramik lt. 2	M2	418.88	48,000	20,106,152,00
23	Lantai keramik lt. 3	M2	418.88	48,000	20,106,152,00
24	Lantai keramik lt. 4	M2	418.88	48,000	20,106,152,00
25	Keramik dinding toilet	M2	176.96	59,580	10,543,274,00
26	Keramik lantai toilet	M2	65.31	59,580	3,891,167,00
27	Lantai tangga lt. 1	M2	84.33	48,000	4,047,916,00
28	Lantai tangga lt. 2	M2	72.28	48,000	3,469,642,00
29	Lantai tangga lt. 3	M2	72.28	48,000	3,469,642,00
V	<b>PEKERJAAN ATAP, KAYU, PLAFOND &amp; PINTU</b>			<b>Sub Total IV</b>	<b>222,683,905,00</b>
1	Talang + atap fiber gelombang pada void lantai atap	Unit	7.00		8,943,375,00
2	Plafon rangka 6x4 Meranti	M2	306.53	15,750	4,827,851,00
3	Plafond triplek 4mm/gypsum board	M2	306.53	19,305	5,917,562,00
4	Acian plafond expose	M2	131.67	2,700	355,544,00
5	Kusen untuk KM lt. 2	M3	1.59	3,100,000	4,918,667,00
6	Kusen untuk KM lt. 3	M3	1.59	3,100,000	4,918,667,00
7	Kusen untuk KM lt. 4	M3	1.59	3,100,000	4,918,667,00
8	Pintu kamar mandi lapis aluminium	Unit	21.00	407,000	8,547,000,00
9	Railing tangga besi lt. 1	M'	53.67	200,000	10,733,578,00
10	Railing tangga besi lt. 2	M'	46.00	200,000	9,200,210,00
11	Railing tangga besi lt. 3	M'	46.00	200,000	9,200,210,00
12	Pintu harmonika + ventilasi	Unit	7.00	5,470,355	38,292,485,00
13	Tangga monyet	Unit	7.00	750,000	5,250,000,00
14	Rangka atap asbes	M2	157.85	41,500	6,550,775,00
15	Atap asbes	M2	331.66	35,000	11,608,100,00
VI	<b>PEKERJAAN TAMPAK DEPAN</b>			<b>Sub Total V</b>	<b>134,182,691,00</b>
1	Rangka & atap koral rainbow	M2	157.85	160,000	25,256,000,00
2	Kanopi + pot bunga	Unit	7.00	1,508,000	10,556,000,00
3	Benangan luar + plafon balkon Lt. 2	Unit	7.00	3,321,821	23,252,747,00
4	Kusen dan daun jendela	Unit	7.00	4,145,800	29,020,600,00
VII	<b>PEKERJAAN SANTASI DLL</b>			<b>Sub Total VI</b>	<b>88,085,347,00</b>
1	Sakuran air + bak kontrol	Unit	7.00	685,000	4,795,000,00
2	Septictank + sumur peresap + tandon air	Unit	7.00	2,747,600	19,233,200,00
3	Kloset jongkok + Monoblok	Unit	7.00	1,600,000	11,200,000,00
4	Water profing + wastafel + bak mandi	Unit	7.00	2,611,984	18,283,888,00
5	Saluan air bersih & air kotor	Unit	7.00	852,320	5,966,240,00
VIII	<b>PEKERJAAN LISTRIK</b>			<b>Sub Total VII</b>	<b>59,478,328,00</b>
1	Titik lampu LL. 1	Titik	35.0	50,000	1,750,000,00
2	Titik lampu LL. 2	Titik	35.0	50,000	1,750,000,00
3	Titik lampu Lt. 3	Titik	35.0	50,000	1,750,000,00
4	Titik lampu Lt. 4	Titik	35.0	50,000	1,750,000,00
5	Stop kontak + saklar + box sekering dll	Ls	1.00	8,081,500	8,081,500,00
IX	<b>PEKERJAAN FINISHING</b>			<b>Sub Total VIII</b>	<b>15,081,500,00</b>
1	Cat tembok dalam	M2	3,189.69	7,500	23,922,675,00
2	Cat kayu	M2	490.00	13,500	6,615,000,00
3	Cat plafond	M2	306.53	7,500	2,298,975,00
4	Cat tembok bagian luar	M2	535.50	35,000	18,742,500,00
				<b>Sub total IX</b>	<b>51,579,150</b>
	<b>GRAND TOTAL</b>				<b>1,198,786,559</b>

## RENCANA ANGGARAN BIAYA

Lokasi : RUKO 21 GUBENG II  
 Lingkungan : A,B,C,D,E,F,G (7 Ruko)  
 Alamat : Jl. Raya Gubeng 30 Surabaya

Item	Satuan	Vol	Harga Sat	Jumlah (Rp.)	Bobot (%)	Bobot Komulatif (%)
<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>						
Pengukuran & Utilisasi	M2	446.25	3.000.00	1.338.750.00		
Direksi kebet	Ls	1.00	350.000.00	350.000.00		
Alat Kerja & air kerja	Ls	1.00	700.000.00	700.000.00		
Bouplank	M3	141.75	5.000	708.750.00		
				Sub Total I	3.097.500.00	0.2584
					0.258384241	
<b>PEKERJAAN TANAH</b>						
Galian pile cap & sloof	M3	50.40	8.000	403.200.00		
Galian Septictank & fondasi	M3	35.00	9.000	315.000.00		
				Sub Total II	718.200.00	0.0599
					0.318294349	
<b>PEKERJAAN BETON K-225</b>						
Tiang pancang 20x20 (h=24 m)	Trik	119.00	1.016.400	120.961.600.00		
Pecah kapala tiang pancang	Trik	119.00	15.000	1.785.000.00		
Poer/pile cap (t=40 cm)	M3	29.40	1.351.598	39.739.924.00		
Sloof	M3	25.20	1.266.162	31.907.141.00		
Lantai kerja bawah poer & sloof (t=5 cm)	M3	3.15	257.950	812.546.00		
Kolom Lt I-II 25/40	M3	14.42	1.842.562	26.543.951.00		
Kolom Lt II-III 25/40	M3	11.27	1.842.562	20.720.532.00		
Kolom Lt III-IV 25/40	M3	11.27	1.842.562	20.720.532.00		
Kolom Lt IV-Atap 25/40	M3	7.00	1.842.562	12.887.934.00		
Balok Lt 2 + plat	M3	62.44	1.569.452	71.391.277.0		
Balok Lt 3 + plat	M3	64.17	1.569.452	74.044.438.00		
Balok Lt 4 + plat	M3	64.17	1.569.452	74.044.438.00		
Tangga Lt 1-2	M3	13.75	919.710	12.646.012.50		
Tangga Lt 2-3	M3	11.78	919.710	10.834.183.80		
Tangga Lt 3-4	M3	11.78	919.710	10.834.183.80		
Beton t. 2-3 untuk pondasi tangga	M3	4.20	919.710	3.862.775.00		
Beton rabat Lt. 1 utk keramik	M3	24.57	257.950	6.337.835.00		
Kolom Praktis Lt. 1	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00		
Kolom Praktis Lt. 2	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00		
Kolom Praktis Lt. 3	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00		
Kolom Praktis Lt. 4	M3	5.81	1.340.351	7.782.747.00		
				Sub Total III	523.888.950.10	52.043
					52.361.255.63	
<b>PEKERJAAN PASANGAN</b>						
Bata merah lt. 1	M2	401.80	31.118	12.497.767.00		
Bata merah lt. 2	M2	401.80	31.118	12.497.767.00		
Bata merah lt. 3	M2	401.80	31.118	12.497.767.00		
Bata merah lt. 4	M2	401.80	31.118	12.497.767.00		
Bata tresram Lt. 1	M2	39.41	37.036	1.459.913.00		
Bata tresram Lt. 2	M2	39.41	37.036	1.459.913.00		
Bata tresram Lt. 3	M2	39.41	37.036	1.459.913.00		
Bata tresram Lt. 4	M2	39.41	37.036	1.459.913.00		
Plesteran 1pc 6ps + acian lt. 1	M2	803.25	9.268	7.444.521.00		
Plesteran 1pc 6ps + acian lt. 2	M2	803.25	9.268	7.444.521.00		
Plesteran 1pc 6ps + acian lt. 3	M2	803.25	9.268	7.444.521.00		
Plesteran 1pc 6ps + acian lt. 4	M2	803.25	9.268	7.444.521.00		
Plesteran 1pc 2 ps lt. 1	M2	52.16	10.720	559.291.00		
Plesteran 1pc 2 ps lt. 2	M2	52.16	10.720	559.291.00		
Plesteran 1pc 2 ps lt. 3	M2	52.16	10.720	559.291.00		
Plesteran 1pc 2 ps lt. 4	M2	52.16	10.720	559.291.00		
Acian lt. 1	M2	552.95	2.500	1.382.367.50		
Acian lt. 2	M2	552.95	2.500	1.382.367.50		
Acian lt. 3	M2	552.95	2.500	1.382.367.50		
Acian lt. 4	M2	552.95	2.500	1.382.367.50		

Item	Satuan	Vol	Harga Sat	Jumlah (Rp.)	Bobot (%)	Bobot Komulatif(%)
Benangan Lt. 1	M'	1.675,91	3.500	5,865.667,50		
Benangan Lt. 2	M'	1.675,91	3.500	5,865.667,50		
Benangan Lt. 3	M'	1.675,91	3.500	5,865.667,50		
Benangan Lt. 4	M'	1.675,91	3.500	5,865.667,50		
Lantai keramik lt. 1	M2	418,88	48.000	20,106.152,00		
Lantai keramik lt. 2	M2	418,88	48.000	20,106.152,00		
Lantai keramik lt. 3	M2	418,88	48.000	20,106.152,00		
Lantai keramik lt. 4	M2	418,88	48.000	20,106.152,00		
Keramik dinding toilet	M2	175,96	59,580	10,543.274,00		
Keramik lantai toilet	M2	65,31	59,580	3.891.157,00		
Lantai tangga lt. 1	M2	84,33	48.000	4.047.916,00		
Lantai tangga lt. 2	M2	72,28	48.000	3.469.642,00		
Lantai tangga lt. 3	M2	72,28	48.000	3.469.642,00		
			Sub Total IV	222.684.357,00	18,576	18.893.961,3
<b>PEKERJAAN ATAP, KAYU, PLAFOND &amp; PINTU</b>						
Talang + atap fiber gelombang pada void lantai atap	Unit	7,00		8.943.375,00		
Plafon rangka 5x4 Meranti	M2	306,53	15,750	4.827.851,00		
Plafond triplek 4mm/gypsum board	M2	306,53	19,305	5.917.562,00		
Acian plafond expose	M2	131,67	2.700	355.544,00		
Kusen untuk KM lt. 2	M3	1,59	3.100.000	4.918.667,00		
Kusen untuk KM lt. 3	M3	1,59	3.100.000	4.918.667,00		
Kusen untuk KM lt. 4	M3	1,59	3.100.000	4.918.667,00		
Pintu kamar mandi lapis aluminium	Unit	21,00	407.000	8.547.000,00		
Railing tangga besi lt. 1	M2	53,67	200.000	10.733.578,00		
Railing tangga besi lt. 2	M2	46,00	200.000	9.200.210,00		
Railing tangga besi lt. 3	M2	46,00	200.000	9.200.210,00		
Pintu harmonika + ventilasi	Unit	7,00	5.470.355	38.292.485,00		
Tangga monyet	Unit	7,00	750.000	5.250.000,00		
Rangka atap asbes	M2	157,85	41,500	6.550.775,00		
Atap asbes	M2	331,66	35.000	11.608.100,00		
			Sub Total V	134.182.691,00	11,193	82.130.043,7
<b>PEKERJAAN TAMPAK DEPAN</b>						
Rangka & atap koral rainbow	M2	157,85	160.000	25.256.000,00		
Kanopi + pot bunga	Unit	7,00	1.508.000	10.556.000,00		
Benangan luar + plat batlon Lt. 2	Unit	7,00	3.321.821	23.252.747,00		
Kusen dan daun jendela	Unit	7,00	4.145.800	29.020.600,00		
			Sub Total VI	88.085.347,00	7.347,8	89.477.861,5
<b>PEKERJAAN SANITASI DLL</b>						
Saluran air + bak kontrol	Unit	7,00	685.000	4.795.000,00		
Septictank + sumur peresap + tandon air	Unit	7,00	2.747.600	19.233.200,00		
Kloset jongkok + Monoblok	Unit	7,00	1.600.000	11.200.000,00		
Water profing + wastafel + bak mandi	Unit	7,00	2.611.984	18.283.888,00		
Saluan air bersih & air kotor	Unit	7,00	852.320	5.986.240,00		
			Sub Total VII	59.478.328,00	4.961,5	94.439.366,8
<b>PEKERJAAN LISTRIK</b>						
Titik lampu Lt. 1	Titik	35,0	50.000	1.750.000,00		
Titik lampu Lt. 2	Titik	35,0	50.000	1.750.000,00		
Titik lampu Lt. 3	Titik	35,0	50.000	1.750.000,00		
Titik lampu Lt. 4	Titik	35,0	50.000	1.750.000,00		
Stop kontak + saklar + box sekering dkk	Ls.	1,00	8.081.500	8.081.500,00		
			Sub Total VIII	15.081.500,00	1.258,1	95.697.420,7
<b>PEKERJAAN FINISHING</b>						
Cat tembok dalam	M2	3.189,69	7.500	23.922.575,00		
Cat kayu	M2	490,00	13.500	6.615.000,00		
Cat plafond	M2	306,53	7.500	2.298.975,00		
Cat tembok bagian luar	M2	535,50	35.000	18.742.500,00		
			Sub total IX	51.579.150	4.302,6	100
<b>GRAND TOTAL</b>				1.198.796.023	100	100

**LAMPIRAN II**  
**(ARROW DIGRAM/DIAGRAM PANAH)**

## **LAMPIRAN III**

### **(COST SLOPE)**

**LAMPIRAN IV**  
**(DATA INPUT & OUT PUT QSB +)**

## Input Data of The Problem ruko21 Page 1

74

Activity ber	Activity/ name	Start node	End node	Normal duration	Crash duration	Normal cost	Crash cost
	<D1>	> <1 >	<2 >	<12.000>	<9.0000>	<120962 >	<131172 >
	<A1>	> <1 >	<52 >	<6.0000>	<4.0000>	<3097.5 >	<4425.0 >
	<BY1>	> <1 >	<56 >	<12.000>	<9.0000>	<5966.2 >	<6659.2 >
	<B1>	> <2 >	<3 >	<6.0000>	<4.0000>	<403.20 >	<576.00 >
	<H1>	> <2 >	<5 >	<12.000>	<9.0000>	<812.55 >	<835.83 >
	<E1>	> <3 >	<4 >	<6.0000>	<4.0000>	<1785.0 >	<2550.0 >
	<F1>	> <4 >	<6 >	<12.000>	<9.0000>	<39740 >	<40030 >
	<DA1>	> <5 >	<6 >	< >	< >	< >	< >
	<T1>	> <5 >	<13 >	<6.0000>	<4.0000>	<3862.8 >	<3904.2 >
	<G1>	> <6 >	<7 >	<12.000>	<9.0000>	<31907 >	<32156 >
	<I1>	> <7 >	<8 >	<12.000>	<9.0000>	<26544 >	<26904 >
	<M1>	> <8 >	<9 >	<12.000>	<9.0000>	<71391 >	<115851 >
	<BZ1>	> <8 >	<15 >	<6.0000>	<4.0000>	<1750.0 >	<2500.0 >
	<AD1>	> <9 >	<10 >	<6.0000>	<4.0000>	<1459.9 >	<1508.1 >
	<V1>	> <9 >	<11 >	<6.0000>	<4.0000>	<7782.7 >	<7844.7 >
	<DB1>	> <9 >	<13 >	< >	< >	< >	< >
	<J1>	> <9 >	<14 >	<12.000>	<9.0000>	<20721 >	<21027 >
	<Z1>	> <10 >	<11 >	<12.000>	<9.0000>	<12498 >	<12998 >
	<AL1>	> <10 >	<12 >	<6.0000>	<4.0000>	<559.29 >	<629.79 >
	<AH1>	> <11 >	<12 >	<12.000>	<9.0000>	<7444.5 >	<8531.4 >
	<AM1>	> <12 >	<19 >	<6.0000>	<4.0000>	<559.29 >	<629.79 >
	<Q1>	> <13 >	<20 >	<6.0000>	<4.0000>	<12639 >	<12782 >
	<U1>	> <13 >	<21 >	<12.000>	<9.0000>	<6337.8 >	<6580.0 >
	<DC1>	> <14 >	<15 >	< >	< >	< >	< >
	<N1>	> <14 >	<16 >	<12.000>	<9.0000>	<74044 >	<119060 >
	<CA1>	> <15 >	<24 >	<6.0000>	<4.0000>	<1750.0 >	<2500.0 >
	<AE1>	> <16 >	<17 >	<6.0000>	<4.0000>	<1459.9 >	<1508.1 >
	<W1>	> <16 >	<18 >	<6.0000>	<4.0000>	<7782.7 >	<7844.7 >
	<DD1>	> <16 >	<20 >	< >	< >	< >	< >
	<K1>	> <16 >	<23 >	<12.000>	<9.0000>	<20721 >	<21027 >
	<AA1>	> <17 >	<18 >	<12.000>	<9.0000>	<12498 >	<12998 >
	<BG1>	> <17 >	<19 >	<6.0000>	<4.0000>	<4918.7 >	<4944.7 >
	<AI1>	> <18 >	<19 >	<12.000>	<9.0000>	<7444.5 >	<8531.4 >
	<AN1>	> <19 >	<28 >	<6.0000>	<4.0000>	<559.29 >	<629.79 >
	<BK1>	> <20 >	<21 >	<6.0000>	<4.0000>	<10734 >	<11692 >
	<R1>	> <20 >	<29 >	<6.0000>	<4.0000>	<10833 >	<10950 >
	<AP1>	> <21 >	<22 >	<12.000>	<9.0000>	<7247.9 >	<8542.3 >
	<AZ1>	> <21 >	<30 >	<6.0000>	<4.0000>	<4047.9 >	<4255.7 >
	<AT1>	> <22 >	<31 >	<12.000>	<9.0000>	<20106 >	<21138 >
	<DE1>	> <23 >	<24 >	< >	< >	< >	< >
	<O1>	> <23 >	<25 >	<12.000>	<9.0000>	<74044 >	<119060 >
	<CB1>	> <24 >	<33 >	<6.0000>	<4.0000>	<1750.0 >	<2500.0 >
	<AF1>	> <25 >	<26 >	<6.0000>	<4.0000>	<1459.9 >	<1508.1 >
	<X1>	> <25 >	<27 >	<6.0000>	<4.0000>	<7782.7 >	<7844.7 >
	<DF1>	> <25 >	<29 >	< >	< >	< >	< >
	<L1>	> <25 >	<32 >	<12.000>	<9.0000>	<12898 >	<13060 >
	<AB1>	> <26 >	<27 >	<12.000>	<9.0000>	<12498 >	<12998 >
	<BH1>	> <26 >	<28 >	<6.0000>	<4.0000>	<4918.7 >	<4944.7 >
	<AJ1>	> <27 >	<28 >	<12.000>	<9.0000>	<7444.5 >	<8531.4 >
	<AO1>	> <28 >	<37 >	<6.0000>	<4.0000>	<559.29 >	<629.79 >
	<BL1>	> <29 >	<30 >	<6.0000>	<4.0000>	<9200.2 >	<10021 >
	<S1>	> <29 >	<38 >	<6.0000>	<4.0000>	<10833 >	<10950 >
	<AQ1>	> <30 >	<31 >	<12.000>	<9.0000>	<7247.9 >	<8542.3 >
	<BA1>	> <30 >	<39 >	<6.0000>	<4.0000>	<3469.6 >	<3647.6 >
	<AU1>	> <31 >	<40 >	<12.000>	<9.0000>	<20106 >	<21138 >
	<DG1>	> <32 >	<33 >	< >	< >	< >	< >
	<P1>	> <32 >	<34 >	<6.0000>	<4.0000>	<52674 >	<77388 >
	<CC1>	> <33 >	<43 >	<6.0000>	<4.0000>	<1750.0 >	<2500.0 >
	<AG1>	> <34 >	<35 >	<6.0000>	<4.0000>	<1459.9 >	<1508.1 >
	<Y1>	> <34 >	<36 >	<6.0000>	<4.0000>	<7782.7 >	<7844.7 >

## Input Data of The Problem ruko21 Page 4

Activity per	Activity name	Start node	End node	Normal duration	Crash duration	Normal cost	Crash cost
1	<DH1 >	<34 >	<38 >	< >	< >	> <	>
2	<BP1 >	<34 >	<44 >	<12.000>	<9.0000>	< 18154	> < 27795 >
3	<BR1 >	<34 >	<47 >	<12.000>	<9.0000>	< 10556	> < 10673 >
4	<AC1 >	<35 >	<36 >	<12.000>	<9.0000>	< 12498	> < 12998 >
5	<BI1 >	<35 >	<37 >	<6.0000>	<4.0000>	< 4918.7	> < 4944.7 >
6	<AK1 >	<36 >	<37 >	<12.000>	<9.0000>	< 7444.5	> < 8531.4 >
7	<BD1 >	<37 >	<49 >	<6.0000>	<4.0000>	< 4827.9	> < 5116.9 >
8	<CE1 >	<37 >	<61 >	<30.000>	<21.000>	< 23923	> < 25495 >
9	<BM1 >	<38 >	<39 >	<6.0000>	<4.0000>	< 9200.2	> < 10021 >
0	<BO1 >	<38 >	<61 >	<6.0000>	<4.0000>	< 5250.0	> < 5337.9 >
1	<ARI >	<39 >	<40 >	<12.000>	<9.0000>	< 7247.9	> < 8542.3 >
2	<BB1 >	<39 >	<41 >	<6.0000>	<4.0000>	< 3469.6	> < 3647.6 >
3	<AV1 >	<40 >	<42 >	<12.000>	<9.0000>	< 20106	> < 21138 >
4	<AS1 >	<41 >	<42 >	<12.000>	<9.0000>	< 7247.9	> < 8542.3 >
5	<AW1 >	<42 >	<61 >	<12.000>	<9.0000>	< 20106	> < 21138 >
6	<CD1 >	<43 >	<61 >	<36.000>	<26.000>	< 8081.5	> < 11545 >
7	<BQ1 >	<44 >	<45 >	<12.000>	<9.0000>	< 25256	> < 26812 >
8	<BS1 >	<45 >	<46 >	<12.000>	<9.0000>	< 23253	> < 26524 >
9	<BC1 >	<45 >	<61 >	<12.000>	<9.0000>	< 8943.4	> < 9595.1 >
0	<CH1 >	<46 >	<61 >	<18.000>	<13.000>	< 18743	> < 19140 >
1	<BT1 >	<47 >	<48 >	<12.000>	<9.0000>	< 29021	> < 29297 >
2	<CF1 >	<48 >	<61 >	<18.000>	<13.000>	< 6615.0	> < 7154.7 >
3	<BE1 >	<49 >	<50 >	<6.0000>	<4.0000>	< 5917.6	> < 6270.9 >
4	<BF1 >	<50 >	<51 >	<6.0000>	<4.0000>	< 355.54	> < 433.02 >
5	<CG1 >	<51 >	<61 >	<12.000>	<9.0000>	< 2299.0	> < 2450.1 >
6	<C1 >	<52 >	<53 >	<6.0000>	<4.0000>	< 315.00	> < 450.00 >
7	<BU1 >	<53 >	<54 >	<6.0000>	<4.0000>	< 4795.0	> < 5181.4 >
8	<BV1 >	<54 >	<55 >	<18.000>	<13.000>	< 19233	> < 23289 >
9	<DJ1 >	<55 >	<56 >	< >	< >	> <	>
0	<BW1 >	<55 >	<57 >	<18.000>	<13.000>	< 11200	> < 11459 >
1	<BX1 >	<56 >	<57 >	<24.000>	<17.000>	< 18284	> < 18550 >
2	<AX1 >	<57 >	<58 >	<36.000>	<26.000>	< 10543	> < 11032 >
3	<AY1 >	<58 >	<59 >	<24.000>	<17.000>	< 3891.2	> < 4014.2 >
4	<BJ1 >	<59 >	<60 >	<12.000>	<9.0000>	< 8547.0	> < 8754.0 >
5	<BN1 >	<60 >	<61 >	<12.000>	<9.0000>	< 38292	> < 39741 >

critical paths for ruko21 with completion time = 198 Total cost = 1198783 76

1 :

D1            B1            E1            F1            G1            I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
M1            J1            N1            K1            O1            L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
P1            AG1          AC1          AK1          BD1          BE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50  
BF1           CG1  
=====> 51=====> 61

2 :

D1            B1            E1            F1            G1            I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
M1            J1            N1            K1            O1            L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
P1            AG1          AC1          AK1          CE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	54.000	6.0000	60.000	54.000
3	BY1	0	78.000	12.000	90.000	78.000
4	B1	12.000	12.000	18.000	18.000	Critical
5	H1	12.000	24.000	24.000	36.000	12.000
6	E1	18.000	18.000	24.000	24.000	Critical
7	F1	24.000	24.000	36.000	36.000	Critical
8	DA1	24.000	36.000	24.000	36.000	12.000
9	T1	24.000	120.00	30.000	126.00	96.000
10	G1	36.000	36.000	48.000	48.000	Critical
11	I1	48.000	48.000	60.000	60.000	Critical
12	M1	60.000	60.000	72.000	72.000	Critical
13	BZ1	60.000	138.00	66.000	144.00	78.000
14	AD1	72.000	120.00	78.000	126.00	48.000

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	72.000	132.00	78.000	138.00	60.000
16	DB1	72.000	126.00	72.000	126.00	54.000
17	J1	72.000	72.000	84.000	84.000	Critical
18	Z1	78.000	126.00	90.000	138.00	48.000
19	AL1	78.000	144.00	84.000	150.00	66.000
20	AH1	90.000	138.00	102.00	150.00	48.000
21	AM1	102.00	150.00	108.00	156.00	48.000
22	Q1	72.000	126.00	78.000	132.00	54.000
23	U1	72.000	126.00	84.000	138.00	54.000
24	DC1	84.000	144.00	84.000	144.00	60.000
25	N1	84.000	84.000	96.000	96.000	Critical
26	CA1	84.000	144.00	90.000	150.00	60.000
27	AE1	96.000	126.00	102.00	132.00	30.000
28	W1	96.000	138.00	102.00	144.00	42.000

## CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	96.000	132.00	96.000	132.00	36.000
30	K1	96.000	96.000	108.00	108.00	Critical
31	AA1	102.00	132.00	114.00	144.00	30.000
32	BG1	102.00	150.00	108.00	156.00	48.000
33	AI1	114.00	144.00	126.00	156.00	30.000
34	AN1	126.00	156.00	132.00	162.00	30.000
35	BK1	96.000	132.00	102.00	138.00	36.000
36	R1	96.000	138.00	102.00	144.00	42.000
37	AP1	102.00	138.00	114.00	150.00	36.000
38	AZ1	102.00	144.00	108.00	150.00	42.000
39	AT1	114.00	150.00	126.00	162.00	36.000
40	DE1	108.00	150.00	108.00	150.00	42.000
41	O1	108.00	108.00	120.00	120.00	Critical
42	CB1	108.00	150.00	114.00	156.00	42.000

Completion time = 198 Total cost = 1198783

## CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	120.00	132.00	126.00	138.00	12.000
44	X1	120.00	144.00	126.00	150.00	24.000 -
45	DF1	120.00	144.00	120.00	144.00	24.000
46	L1	120.00	120.00	132.00	132.00	Critical
47	AB1	126.00	138.00	138.00	150.00	12.000
48	BH1	126.00	156.00	132.00	162.00	30.000
49	AJ1	138.00	150.00	150.00	162.00	12.000
50	AO1	150.00	162.00	156.00	168.00	12.000
51	BL1	120.00	144.00	126.00	150.00	24.000
52	S1	120.00	150.00	126.00	156.00	30.000
53	AQ1	126.00	150.00	138.00	162.00	24.000
54	BA1	126.00	156.00	132.00	162.00	30.000
55	AU1	138.00	162.00	150.00	174.00	24.000
56	DG1	132.00	156.00	132.00	156.00	24.000

Completion time = 198 Total cost = 1198783

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	132.00	132.00	138.00	138.00	Critical
58	CC1	132.00	156.00	138.00	162.00	24.000
59	AG1	138.00	138.00	144.00	144.00	Critical
60	Y1	138.00	150.00	144.00	156.00	12.000
61	DH1	138.00	156.00	138.00	156.00	18.000
62	BP1	138.00	144.00	150.00	156.00	6.0000
63	BR1	138.00	156.00	150.00	168.00	18.000
64	AC1	144.00	144.00	156.00	156.00	Critical
65	BI1	144.00	162.00	150.00	168.00	18.000
66	AK1	156.00	156.00	168.00	168.00	Critical
67	BD1	168.00	168.00	174.00	174.00	Critical
68	CE1	168.00	168.00	198.00	198.00	Critical
69	BM1	138.00	156.00	144.00	162.00	18.000
70	BO1	138.00	192.00	144.00	198.00	54.000

Completion time = 198 Total cost = 1198783

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	144.00	162.00	156.00	174.00	18.000
72	BB1	144.00	168.00	150.00	174.00	24.000
73	AV1	156.00	174.00	168.00	186.00	18.000
74	AS1	150.00	174.00	162.00	186.00	24.000
75	AW1	168.00	186.00	180.00	198.00	18.000
76	CD1	138.00	162.00	174.00	198.00	24.000
77	BQ1	150.00	156.00	162.00	168.00	6.0000
78	BS1	162.00	168.00	174.00	180.00	6.0000
79	BC1	162.00	186.00	174.00	198.00	24.000
80	CH1	174.00	180.00	192.00	198.00	6.0000
81	BT1	150.00	168.00	162.00	180.00	18.000
82	CF1	162.00	180.00	180.00	198.00	18.000
83	BE1	174.00	174.00	180.00	180.00	Critical
84	BF1	180.00	180.00	186.00	186.00	Critical

Completion time = 198 Total cost = 1198783

CPM Analysis for ruko21 Page 7

CPM Analysis for ruko21 Page 7						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	186.00	186.00	198.00	198.00	Critical
86	C1	6.0000	60.0000	12.0000	66.0000	54.0000
87	BU1	12.0000	66.0000	18.0000	72.0000	54.0000
88	BV1	18.0000	72.0000	36.0000	90.0000	54.0000
89	DJ1	36.0000	90.0000	36.0000	90.0000	54.0000
90	BW1	36.0000	96.0000	54.0000	114.00	60.0000
91	BX1	36.0000	90.0000	60.0000	114.00	54.0000
92	AX1	60.0000	114.00	96.0000	150.00	54.0000
93	AY1	96.0000	150.00	120.00	174.00	54.0000
94	BJ1	120.00	174.00	132.00	186.00	54.0000
95	BN1	132.00	186.00	144.00	198.00	54.0000

s crash: To reduce 3 time unit(s).

ion time without crashing for ruko21 is 198

81

activity L1 1 time unit(s) New duration = 11 Incremental cost = 54

activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
D1

1 paths for ruko21 with completion time = 195 Total cost = 1198885

:

B1	E1	F1	G1	I1	
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8					
J1	N1	K1	O1	L1	
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32					
AG1	AC1	AK1	BD1	BE1	
====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50					
CG1					
====> 51=====> 61					

:

B1	E1	F1	G1	I1	
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8					
J1	N1	K1	O1	L1	
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32					
AG1	AC1	AK1	CE1		
====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61					

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	51.000	6.0000	57.000	51.000
3	BY1	0	75.000	12.000	87.000	75.000
4	B1	12.000	12.000	18.000	18.000	Critical
5	H1	12.000	24.000	24.000	36.000	12.000
6	E1	18.000	18.000	24.000	24.000	Critical
7	F1	24.000	24.000	36.000	36.000	Critical
8	DA1	24.000	36.000	24.000	36.000	12.000
9	T1	24.000	117.00	30.000	123.00	93.000
10	G1	36.000	36.000	48.000	48.000	Critical
11	I1	48.000	48.000	60.000	60.000	Critical
12	M1	60.000	60.000	72.000	72.000	Critical
13	BZ1	60.000	135.00	66.000	141.00	75.000
14	AD1	72.000	117.00	78.000	123.00	45.000

CPM Analysis for ruk21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	72.000	129.00	78.000	135.00	57.000
16	DB1	72.000	123.00	72.000	123.00	51.000
17	J1	72.000	72.000	84.000	84.000	Critical
18	Z1	78.000	123.00	90.000	135.00	45.000
19	AL1	78.000	141.00	84.000	147.00	63.000
20	AH1	90.000	135.00	102.00	147.00	45.000
21	AM1	102.00	147.00	108.00	153.00	45.000
22	Q1	72.000	123.00	78.000	129.00	51.000
23	U1	72.000	123.00	84.000	135.00	51.000
24	DC1	84.000	141.00	84.000	141.00	57.000
25	N1	84.000	84.000	96.000	96.000	Critical
26	CA1	84.000	141.00	90.000	147.00	57.000
27	AE1	96.000	123.00	102.00	129.00	27.000
28	W1	96.000	135.00	102.00	141.00	39.000

## CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	96.000	129.00	96.000	129.00	33.000
30	K1	96.000	96.000	108.00	108.00	Critical
31	AA1	102.00	129.00	114.00	141.00	27.000
32	BG1	102.00	147.00	108.00	153.00	45.000
33	AI1	114.00	141.00	126.00	153.00	27.000
34	AN1	126.00	153.00	132.00	159.00	27.000
35	BK1	96.000	129.00	102.00	135.00	33.000
36	R1	96.000	135.00	102.00	141.00	39.000
37	AP1	102.00	135.00	114.00	147.00	33.000
38	AZ1	102.00	141.00	108.00	147.00	39.000
39	AT1	114.00	147.00	126.00	159.00	33.000
40	DE1	108.00	147.00	108.00	147.00	39.000
41	O1	108.00	108.00	120.00	120.00	Critical
42	CB1	108.00	147.00	114.00	153.00	39.000

Completion time = 195 Total cost = 1198885

## CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	120.00	129.00	126.00	135.00	9.0000
44	X1	120.00	141.00	126.00	147.00	21.000
45	DF1	120.00	141.00	120.00	141.00	21.000
46	L1	120.00	120.00	131.00	131.00	Critical
47	AB1	126.00	135.00	138.00	147.00	9.0000
48	BH1	126.00	153.00	132.00	159.00	27.000
49	AJ1	138.00	147.00	150.00	159.00	9.0000
50	AO1	150.00	159.00	156.00	165.00	9.0000
51	BL1	120.00	141.00	126.00	147.00	21.000
52	S1	120.00	147.00	126.00	153.00	27.000
53	AQ1	126.00	147.00	138.00	159.00	21.000
54	BA1	126.00	153.00	132.00	159.00	27.000
55	AU1	138.00	159.00	150.00	171.00	21.000
56	DG1	131.00	153.00	131.00	153.00	22.000

Completion time = 195 Total cost = 1198885

CPM Analysis for ruko21 Page 5						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	131.00	131.00	137.00	137.00	Critical
58	CC1	131.00	153.00	137.00	159.00	22.000
59	AG1	137.00	137.00	141.00	141.00	Critical
60	Y1	137.00	147.00	143.00	153.00	10.000
61	DH1	137.00	153.00	137.00	153.00	16.000
62	BP1	137.00	141.00	149.00	153.00	4.0000
63	BR1	137.00	153.00	149.00	165.00	16.000
64	AC1	141.00	141.00	153.00	153.00	Critical
65	BI1	141.00	159.00	147.00	165.00	18.000
66	AK1	153.00	153.00	165.00	165.00	Critical
67	BD1	165.00	165.00	171.00	171.00	Critical
68	CE1	165.00	165.00	195.00	195.00	Critical
69	BM1	137.00	153.00	143.00	159.00	16.000
70	BO1	137.00	189.00	143.00	195.00	52.000

Completion time = 195 Total cost = 1198885

CPM Analysis for ruko21 Page 6						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	143.00	159.00	155.00	171.00	16.000
72	BB1	143.00	165.00	149.00	171.00	22.000
73	AV1	155.00	171.00	167.00	183.00	16.000
74	AS1	149.00	171.00	161.00	183.00	22.000
75	AW1	167.00	183.00	179.00	195.00	16.000
76	CD1	137.00	159.00	173.00	195.00	22.000
77	BQ1	149.00	153.00	161.00	165.00	4.0000
78	BS1	161.00	165.00	173.00	177.00	4.0000
79	BC1	161.00	183.00	173.00	195.00	22.000
80	CH1	173.00	177.00	191.00	195.00	4.0000
81	BT1	149.00	165.00	161.00	177.00	16.000
82	CF1	161.00	177.00	179.00	195.00	16.000
83	BE1	171.00	171.00	177.00	177.00	Critical
84	BF1	177.00	177.00	183.00	183.00	Critical

Completion time = 195 Total cost = 1198885

CPM Analysis for ruko21 Page 7

CPM Analysis for ruko21						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	183.00	183.00	195.00	195.00	Critical
86	C1	6.0000	57.0000	12.0000	63.0000	51.0000
87	BU1	12.0000	63.0000	18.0000	69.0000	51.0000
88	BV1	18.0000	69.0000	36.0000	87.0000	51.0000
89	DJ1	36.0000	87.0000	36.0000	87.0000	51.0000
90	BW1	36.0000	93.0000	54.0000	111.00	51.0000
91	BX1	36.0000	87.0000	60.0000	111.00	51.0000
92	AX1	60.0000	111.00	96.0000	147.00	51.0000
93	AY1	96.0000	147.00	120.00	171.00	51.0000
94	BJ1	120.00	171.00	132.00	183.00	51.0000
95	BN1	132.00	183.00	144.00	195.00	51.0000

```
this crash: To reduce 6 time unit(s).
completion time without crashing for ruko21 is 198 86

crash activity G1 1 time unit(s) New duration = 11 Incremental cost = 83
crash activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162
crash activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =
123401

critical paths for ruko21 with completion time = 192 Total cost = 1199076

# 1 :
D1      B1      E1      F1      G1      I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
M1      J1      N1      K1      O1      L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
P1      AG1     AC1     AK1     BD1     BE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50
BF1     CG1
=====> 51=====> 61

# 2 :
D1      B1      E1      F1      G1      I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
M1      J1      N1      K1      O1      L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
P1      AG1     AC1     AK1     CE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61
```

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	48.000	6.0000	54.000	48.000
3	BY1	0	72.000	12.000	84.000	72.000
4	B1	12.000	12.000	18.000	18.000	Critical
5	H1	12.000	24.000	24.000	36.000	12.000
6	E1	18.000	18.000	24.000	24.000	Critical
7	F1	24.000	24.000	36.000	36.000	Critical
8	DA1	24.000	36.000	24.000	36.000	12.000
9	T1	24.000	114.00	30.000	120.00	90.000
10	G1	36.000	36.000	47.000	47.000	Critical
11	I1	47.000	47.000	59.000	59.000	Critical
12	M1	59.000	59.000	71.000	71.000	Critical
13	BZ1	59.000	132.00	65.000	138.00	73.000
14	AD1	71.000	114.00	77.000	120.00	43.000

Completion time = 192 Total cost = 1199076

CPM Analysis for rukg21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	71.000	126.00	77.000	132.00	55.000
16	DB1	71.000	120.00	71.000	120.00	49.000
17	J1	71.000	71.000	83.000	83.000	Critical
18	Z1	77.000	120.00	89.000	132.00	43.000
19	AL1	77.000	138.00	83.000	144.00	61.000
20	AH1	89.000	132.00	101.00	144.00	43.000
21	AM1	101.00	144.00	107.00	150.00	43.000
22	Q1	71.000	120.00	77.000	126.00	49.000
23	U1	71.000	120.00	83.000	132.00	49.000
24	DC1	83.000	138.00	83.000	138.00	55.000
25	N1	83.000	83.000	95.000	95.000	Critical
26	CA1	83.000	138.00	89.000	144.00	55.000
27	AE1	95.000	120.00	101.00	126.00	25.000
28	W1	95.000	132.00	101.00	138.00	37.000

Completion time = 192 Total cost = 1199076

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	95.000	126.00	95.000	126.00	31.000
30	K1	95.000	95.000	107.00	107.00	Critical
31	AA1	101.00	126.00	113.00	138.00	25.000
32	BG1	101.00	144.00	107.00	150.00	43.000
33	AI1	113.00	138.00	125.00	150.00	25.000
34	AN1	125.00	150.00	131.00	156.00	25.000
35	BK1	95.000	126.00	101.00	132.00	31.000
36	R1	95.000	132.00	101.00	138.00	37.000
37	AP1	101.00	132.00	113.00	144.00	31.000
38	AZ1	101.00	138.00	107.00	144.00	37.000
39	AT1	113.00	144.00	125.00	156.00	31.000
40	DE1	107.00	144.00	107.00	144.00	37.000
41	O1	107.00	107.00	119.00	119.00	Critical
42	CB1	107.00	144.00	113.00	150.00	37.000

CPM Analysis for rukp21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	119.00	126.00	125.00	132.00	7.0000
44	X1	119.00	138.00	125.00	144.00	19.000
45	DF1	119.00	138.00	119.00	138.00	19.000
46	L1	119.00	119.00	128.00	128.00	Critical
47	AB1	125.00	132.00	137.00	144.00	7.0000
48	BH1	125.00	150.00	131.00	156.00	25.000
49	AJ1	137.00	144.00	149.00	156.00	7.0000
50	AO1	149.00	156.00	155.00	162.00	7.0000
51	BL1	119.00	138.00	125.00	144.00	19.000
52	S1	119.00	144.00	125.00	150.00	25.000
53	AQ1	125.00	144.00	137.00	156.00	19.000
54	BA1	125.00	150.00	131.00	156.00	25.000
55	AU1	137.00	156.00	149.00	168.00	19.000
56	DG1	128.00	150.00	128.00	150.00	22.000

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	128.00	128.00	134.00	134.00	Critical
58	CC1	128.00	150.00	134.00	156.00	22.000
59	AG1	134.00	134.00	138.00	138.00	Critical
60	Y1	134.00	144.00	140.00	150.00	10.000
61	DH1	134.00	150.00	134.00	150.00	16.000
62	BP1	134.00	138.00	146.00	150.00	4.0000
63	BR1	134.00	150.00	146.00	162.00	16.000
64	AC1	138.00	138.00	150.00	150.00	Critical
65	BI1	138.00	156.00	144.00	162.00	18.000
66	AK1	150.00	150.00	162.00	162.00	Critical
67	BD1	162.00	162.00	168.00	168.00	Critical
68	CE1	162.00	162.00	192.00	192.00	Critical
69	BM1	134.00	150.00	140.00	156.00	Critical
70	BO1	134.00	186.00	140.00	192.00	52.000

Completion time = 192 Total cost = 1199076

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	140.00	156.00	152.00	168.00	16.000
72	BB1	140.00	162.00	146.00	168.00	22.000
73	AV1	152.00	168.00	164.00	180.00	16.000
74	AS1	146.00	168.00	158.00	180.00	22.000
75	AW1	164.00	180.00	176.00	192.00	16.000
76	CD1	134.00	156.00	170.00	192.00	22.000
77	BQ1	146.00	150.00	158.00	162.00	4.0000
78	BS1	158.00	162.00	170.00	174.00	4.0000
79	BC1	158.00	180.00	170.00	192.00	22.000
80	CH1	170.00	174.00	188.00	192.00	4.0000
81	BT1	146.00	162.00	158.00	174.00	16.000
82	CF1	158.00	174.00	176.00	192.00	16.000
83	BE1	168.00	168.00	174.00	174.00	Critical
84	BF1	174.00	174.00	180.00	180.00	Critical

Completion time = 192 Total cost = 1199076

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	180.00	180.00	192.00	192.00	Critical
86	C1	6.0000	54.000	12.000	60.000	48.000
87	BU1	12.000	60.000	18.000	66.000	48.000
88	BV1	18.000	66.000	36.000	84.000	48.000
89	DJ1	36.000	84.000	36.000	84.000	48.000
90	BW1	36.000	90.000	54.000	108.00	54.000
91	BX1	36.000	84.000	60.000	108.00	48.000
92	AX1	60.000	108.00	96.000	144.00	48.000
93	AY1	96.000	144.00	120.00	168.00	48.000
94	BJ1	120.00	168.00	132.00	180.00	48.000
95	BN1	132.00	180.00	144.00	192.00	48.000

Completion time = 192 Total cost = 1199076

this crash: To reduce 9 time unit(s)

91

letion time without crashing for ruko31 is 108

ash activity B1 1 time unit(s) New duration = 5 Incremental cost = 99999

ash activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 319

ash activity L1 3 time unit(s) New duration = 3 Incremental cost = 0

```
ash activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
3401
```

cal paths for ruko21 with completion time = 189 Total cost = 1199329

1

```

D1          B1          E1          F1          G1          I1
===== 2===== 3===== 4===== 6===== 7===== 8
M1          J1          N1          K1          O1          L1
===== 9===== 14===== 16===== 23===== 25===== 32
P1          AG1         AC1         AK1         BD1         BE1
===== 34===== 35===== 36===== 37===== 49===== 50
BF1         CG1
===== 51===== 61

```

2

```

D1          B1          E1          F1          G1          I1
===== > 2===== > 3===== > 4===== > 6===== > 7===== > 8
M1          J1          N1          K1          O1          L1
===== > 9===== > 14===== > 16===== > 23===== > 25===== > 32
P1          AG1         AC1         AK1         CE1
===== > 34===== > 35===== > 36===== > 37===== > 61

```

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	45.000	6.0000	51.000	45.000
3	BY1	0	69.000	12.000	81.000	69.000
4	B1	12.000	12.000	17.000	17.000	Critical
5	H1	12.000	23.000	24.000	35.000	11.000
6	E1	17.000	17.000	23.000	23.000	Critical
7	F1	23.000	23.000	35.000	35.000	Critical
8	DA1	24.000	35.000	24.000	35.000	Critical
9	T1	24.000	111.00	30.000	117.00	11.000
10	G1	35.000	35.000	44.000	44.000	Critical
11	I1	44.000	44.000	56.000	56.000	Critical
12	M1	56.000	56.000	68.000	68.000	Critical
13	BZ1	56.000	129.00	62.000	135.00	73.000
14	AD1	68.000	111.00	74.000	117.00	43.000

Completion time = 189 Total cost = 1100330

CPM Analysis for rukq21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	68.000	123.00	74.000	129.00	55.000
16	DB1	68.000	117.00	68.000	117.00	49.000
17	J1	68.000	68.000	80.000	80.000	Critical
18	Z1	74.000	117.00	86.000	129.00	43.000
19	AL1	74.000	135.00	80.000	141.00	61.000
20	AH1	86.000	129.00	98.000	141.00	43.000
21	AM1	98.000	141.00	104.00	147.00	43.000
22	Q1	68.000	117.00	74.000	123.00	49.000
23	U1	68.000	117.00	80.000	129.00	49.000
24	DC1	80.000	135.00	80.000	135.00	55.000
25	N1	80.000	80.000	92.000	92.000	Critical
26	CA1	80.000	135.00	86.000	141.00	55.000
27	AE1	92.000	117.00	98.000	123.00	25.000
28	W1	92.000	129.00	98.000	135.00	37.000

Completion time = 189 Total cost = 1199329

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	92.000	123.00	92.000	123.00	31.000
30	K1	92.000	92.000	104.00	104.00	Critical
31	AA1	98.000	123.00	110.00	135.00	25.000
32	BG1	98.000	141.00	104.00	147.00	43.000
33	AI1	110.00	135.00	122.00	147.00	25.000
34	AN1	122.00	147.00	128.00	153.00	25.000
35	BK1	92.000	123.00	98.000	129.00	31.000
36	R1	92.000	129.00	98.000	135.00	37.000
37	AP1	98.000	129.00	110.00	141.00	31.000
38	AZ1	98.000	135.00	104.00	141.00	37.000
39	AT1	110.00	141.00	122.00	153.00	31.000
40	DE1	104.00	141.00	104.00	141.00	37.000
41	O1	104.00	104.00	116.00	116.00	Critical
42	CB1	104.00	141.00	110.00	147.00	37.000

CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	116.00	123.00	122.00	129.00	7.0000
44	X1	116.00	135.00	122.00	141.00	19.000
45	DF1	116.00	135.00	116.00	135.00	19.000
46	L1	116.00	116.00	125.00	125.00	Critical
47	AB1	122.00	129.00	134.00	141.00	7.0000
48	BH1	122.00	147.00	128.00	153.00	25.000
49	AJ1	134.00	141.00	146.00	153.00	7.0000
50	AO1	146.00	153.00	152.00	159.00	7.0000
51	BL1	116.00	135.00	122.00	141.00	19.000
52	S1	116.00	141.00	122.00	147.00	25.000
53	AQ1	122.00	141.00	134.00	153.00	19.000
54	BA1	122.00	147.00	128.00	153.00	25.000
55	AU1	134.00	153.00	146.00	165.00	19.000
56	DG1	125.00	147.00	125.00	147.00	22.000

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	125.00	125.00	131.00	131.00	Critical
58	CC1	125.00	147.00	131.00	153.00	22.000
59	AG1	131.00	131.00	135.00	135.00	Critical
60	Y1	131.00	141.00	137.00	147.00	10.000
61	DH1	131.00	147.00	131.00	147.00	16.000
62	BP1	131.00	135.00	143.00	147.00	4.0000
63	BR1	131.00	147.00	143.00	159.00	16.000
64	AC1	135.00	135.00	147.00	147.00	Critical
65	BI1	135.00	153.00	141.00	159.00	18.000
66	AK1	147.00	147.00	159.00	159.00	Critical
67	BD1	159.00	159.00	165.00	165.00	Critical
68	CE1	159.00	159.00	189.00	189.00	Critical
69	BM1	131.00	147.00	137.00	153.00	16.000
70	BO1	131.00	183.00	137.00	189.00	52.000

Completion time = 189 Total cost = 1199329

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	137.00	153.00	149.00	165.00	16.000
72	BB1	137.00	159.00	143.00	165.00	22.000
73	AV1	149.00	165.00	161.00	177.00	16.000
74	AS1	143.00	165.00	155.00	177.00	22.000
75	AW1	161.00	177.00	173.00	189.00	16.000
76	CD1	131.00	153.00	167.00	189.00	22.000
77	BQ1	143.00	147.00	155.00	159.00	4.0000
78	BS1	155.00	159.00	167.00	171.00	4.0000
79	BC1	155.00	177.00	167.00	189.00	22.000
80	CH1	167.00	171.00	185.00	189.00	4.0000
81	BT1	143.00	159.00	155.00	171.00	16.000
82	CF1	155.00	171.00	173.00	189.00	16.000
83	BE1	165.00	165.00	171.00	171.00	Critical
84	BF1	171.00	171.00	177.00	177.00	Critical

Completion time = 189 Total cost = 1199329

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	177.00	177.00	189.00	189.00	Critical
86	C1	6.0000	51.000	12.000	57.000	45.000
87	BU1	12.000	57.000	18.000	63.000	45.000
88	BV1	18.000	63.000	36.000	81.000	45.000
89	DJ1	36.000	81.000	36.000	81.000	45.000
90	BW1	36.000	87.000	54.000	105.00	51.000
91	BX1	36.000	81.000	60.000	105.00	45.000
92	AX1	60.000	105.00	96.000	141.00	45.000
93	AY1	96.000	141.00	120.00	165.00	45.000
94	BJ1	120.00	165.00	132.00	177.00	45.000
95	BN1	132.00	177.00	144.00	189.00	45.000

this crash: To reduce 12 time unit(s),  
completion time without crashing for ruko21 is 198

96

ash activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8  
ash activity F1 2 time unit(s) New duration = 10 Incremental cost = .3333  
ash activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249  
ash activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162  
ash activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 23401

ical paths for ruko21 with completion time = 186 Total cost = 1199609

1 :  
D1            B1            E1            F1            G1            I1  
=====> 2======> 3======> 4======> 6======> 7======> 8  
M1            J1            N1            K1            O1            L1  
======> 9======> 14======> 16======> 23======> 25======> 32  
P1            AG1          AC1          AK1          BD1          BE1  
======> 34======> 35======> 36======> 37======> 49======> 50  
BF1           CG1  
======> 51======> 61

2 :  
D1            B1            E1            F1            G1            I1  
======> 2======> 3======> 4======> 6======> 7======> 8  
M1            J1            N1            K1            O1            L1  
======> 9======> 14======> 16======> 23======> 25======> 32  
P1            AG1          AC1          AK1          CE1  
======> 34======> 35======> 36======> 37======> 61

## CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	42.000	6.0000	48.000	42.000
3	BY1	0	66.000	12.000	78.000	66.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	20.000	24.000	32.000	8.0000
6	E1	16.000	16.000	22.000	22.000	Critical
7	F1	22.000	22.000	32.000	32.000	Critical
8	DA1	24.000	32.000	24.000	32.000	8.0000
9	T1	24.000	108.00	30.000	114.00	84.000
10	G1	32.000	32.000	41.000	41.000	Critical
11	I1	41.000	41.000	53.000	53.000	Critical
12	M1	53.000	53.000	65.000	65.000	Critical
13	BZ1	53.000	126.00	59.000	132.00	73.000
14	AD1	65.000	108.00	71.000	114.00	43.000

Completion time = 186 Total cost = 1199609

## CPM Analysis for ruko21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	65.000	120.00	71.000	126.00	55.000
16	DB1	65.000	114.00	65.000	114.00	49.000
17	J1	65.000	65.000	77.000	77.000	Critical
18	Z1	71.000	114.00	83.000	126.00	43.000
19	AL1	71.000	132.00	77.000	138.00	61.000
20	AH1	83.000	126.00	95.000	138.00	43.000
21	AM1	95.000	138.00	101.00	144.00	43.000
22	Q1	65.000	114.00	71.000	120.00	49.000
23	U1	65.000	114.00	77.000	126.00	49.000
24	DC1	77.000	132.00	77.000	132.00	55.000
25	N1	77.000	77.000	89.000	89.000	Critical
26	CA1	77.000	132.00	83.000	138.00	55.000
27	AE1	89.000	114.00	95.000	120.00	25.000
28	W1	89.000	126.00	95.000	132.00	37.000

Completion time = 186 Total cost = 1199609

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	89.000	120.00	89.000	120.00	31.000
30	K1	89.000	89.000	101.00	101.00	Critical
31	AA1	95.000	120.00	107.00	132.00	25.000
32	BG1	95.000	138.00	101.00	144.00	43.000
33	AII	107.00	132.00	119.00	144.00	25.000
34	AN1	119.00	144.00	125.00	150.00	25.000
35	BK1	89.000	120.00	95.000	126.00	31.000
36	R1	89.000	126.00	95.000	132.00	37.000
37	AP1	95.000	126.00	107.00	138.00	31.000
38	AZ1	95.000	132.00	101.00	138.00	37.000
39	AT1	107.00	138.00	119.00	150.00	31.000
40	DE1	101.00	138.00	101.00	138.00	37.000
41	O1	101.00	101.00	113.00	113.00	Critical
42	CB1	101.00	138.00	107.00	144.00	37.000

CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	113.00	120.00	119.00	126.00	7.0000
44	X1	113.00	132.00	119.00	138.00	19.000
45	DF1	113.00	132.00	113.00	132.00	19.000
46	L1	113.00	113.00	122.00	122.00	Critical
47	AB1	119.00	126.00	131.00	138.00	7.0000
48	BH1	119.00	144.00	125.00	150.00	25.000
49	AJ1	131.00	138.00	143.00	150.00	7.0000
50	AO1	143.00	150.00	149.00	156.00	7.0000
51	BL1	113.00	132.00	119.00	138.00	19.000
52	S1	113.00	138.00	119.00	144.00	25.000
53	AQ1	119.00	138.00	131.00	150.00	19.000
54	BA1	119.00	144.00	125.00	150.00	25.000
55	AU1	131.00	150.00	143.00	162.00	19.000
56	DG1	122.00	144.00	122.00	144.00	22.000

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	122.00	122.00	128.00	128.00	Critical
58	CC1	122.00	144.00	128.00	150.00	22.000
59	AG1	128.00	128.00	132.00	132.00	Critical
60	Y1	128.00	138.00	134.00	144.00	10.000
61	DH1	128.00	144.00	128.00	144.00	16.000
62	BP1	128.00	132.00	140.00	144.00	4.0000
63	BR1	128.00	144.00	140.00	156.00	16.000
64	AC1	132.00	132.00	144.00	144.00	Critical
65	BI1	132.00	150.00	138.00	156.00	18.000
66	AK1	144.00	144.00	156.00	156.00	Critical
67	BD1	156.00	156.00	162.00	162.00	Critical
68	CE1	156.00	156.00	186.00	186.00	Critical
69	BM1	128.00	144.00	134.00	150.00	16.000
70	BO1	128.00	180.00	134.00	186.00	52.000

Completion time = 186 Total cost = 1199609

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	134.00	150.00	146.00	162.00	16.000
72	BB1	134.00	156.00	140.00	162.00	22.000
73	AV1	146.00	162.00	158.00	174.00	16.000
74	AS1	140.00	162.00	152.00	174.00	22.000
75	AW1	158.00	174.00	170.00	186.00	16.000
76	CD1	128.00	150.00	164.00	186.00	22.000
77	BQ1	140.00	144.00	152.00	156.00	4.0000
78	BS1	152.00	156.00	164.00	168.00	4.0000
79	BC1	152.00	174.00	164.00	186.00	22.000
80	CH1	164.00	168.00	182.00	186.00	4.0000
81	BT1	140.00	156.00	152.00	168.00	16.000
82	CF1	152.00	168.00	170.00	186.00	16.000
83	BE1	162.00	162.00	168.00	168.00	Critical
84	BF1	168.00	168.00	174.00	174.00	Critical

Completion time = 186 Total cost = 1199609

## CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	174.00	174.00	186.00	186.00	Critical
86	C1	6.0000	48.000	12.000	54.000	42.000
87	BU1	12.000	54.000	18.000	60.000	42.000
88	BV1	18.000	60.000	36.000	78.000	42.000
89	DJ1	36.000	78.000	36.000	78.000	42.000
90	BW1	36.000	84.000	54.000	102.00	48.000
91	BX1	36.000	78.000	60.000	102.00	42.000
92	AX1	60.000	102.00	96.000	138.00	42.000
93	AY1	96.000	138.00	120.00	162.00	42.000
94	BJ1	120.00	162.00	132.00	174.00	42.000
95	BN1	132.00	174.00	144.00	186.00	42.000

Completion time = 186 Total cost = 1199609

his crash: To reduce 15 time unit(s).

101

etion time without crashing for ruko21 is 198

sh activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8  
sh activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290  
sh activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249  
sh activity J1 2 time unit(s) New duration = 10 Incremental cost = 204  
sh activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162  
sh activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
3401

cal paths for ruko21 with completion time = 183 Total cost = 1199909

:  
D1 B1 E1 F1 G1 I1  
=====> 2======> 3======> 4======> 6======> 7======> 8  
M1 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9======> 14======> 16======> 23======> 25======> 32  
P1 AG1 AC1 AK1 BD1 BE1  
=====> 34======> 35======> 36======> 37======> 49======> 50  
BF1 CG1  
======> 51======> 61

:  
D1 B1 E1 F1 G1 I1  
=====> 2======> 3======> 4======> 6======> 7======> 8  
M1 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9======> 14======> 16======> 23======> 25======> 32  
P1 AG1 AC1 AK1 CE1  
=====> 34======> 35======> 36======> 37======> 61

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	39.000	6.0000	45.000	39.000
3	BY1	0	63.000	12.000	75.000	63.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	19.000	24.000	31.000	7.0000
6	E1	16.000	16.000	22.000	22.000	Critical
7	F1	22.000	22.000	31.000	31.000	Critical
8	DA1	24.000	31.000	24.000	31.000	7.0000
9	T1	24.000	105.00	30.000	111.00	81.000
10	G1	31.000	31.000	40.000	40.000	Critical
11	I1	40.000	40.000	52.000	52.000	Critical
12	M1	52.000	52.000	64.000	64.000	Critical
13	BZ1	52.000	123.00	58.000	129.00	71.000
14	ZD1	61.000	105.00	71.000	71.000	Critical

Completion time = 183 Total cost = 1192000

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	64.000	117.00	70.000	123.00	53.000
16	DB1	64.000	111.00	64.000	111.00	47.000
17	J1	64.000	64.000	74.000	74.000	Critical
18	Z1	70.000	111.00	82.000	123.00	41.000
19	AL1	70.000	129.00	76.000	135.00	59.000
20	AH1	82.000	123.00	94.000	135.00	41.000
21	AM1	94.000	135.00	100.00	141.00	41.000
22	Q1	64.000	111.00	70.000	117.00	47.000
23	U1	64.000	111.00	76.000	123.00	47.000
24	DC1	74.000	129.00	74.000	129.00	55.000
25	N1	74.000	74.000	86.000	86.000	Critical
26	CA1	74.000	129.00	80.000	135.00	55.000
27	AE1	86.000	111.00	92.000	117.00	25.000
28	W1	86.000	123.00	92.000	129.00	37.000

Completion time = 183 Total cost = 1199909

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	86.000	117.00	86.000	117.00	31.000
30	K1	86.000	86.000	98.000	98.000	Critical
31	AA1	92.000	117.00	104.00	129.00	25.000
32	BG1	92.000	135.00	98.000	141.00	43.000
33	AI1	104.00	129.00	116.00	141.00	25.000
34	AN1	116.00	141.00	122.00	147.00	25.000
35	BK1	86.000	117.00	92.000	123.00	31.000
36	R1	86.000	123.00	92.000	129.00	37.000
37	AP1	92.000	123.00	104.00	135.00	31.000
38	AZ1	92.000	129.00	98.000	135.00	37.000
39	AT1	104.00	135.00	116.00	147.00	31.000
40	DE1	98.000	135.00	98.000	135.00	37.000
41	O1	98.000	98.000	110.00	110.00	Critical
42	CB1	98.000	135.00	104.00	141.00	37.000



CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	110.00	117.00	116.00	123.00	7.0000
44	X1	110.00	129.00	116.00	135.00	19.000
45	DF1	110.00	129.00	110.00	129.00	19.000
46	L1	110.00	110.00	119.00	119.00	Critical
47	AB1	116.00	123.00	128.00	135.00	7.0000
48	BH1	116.00	141.00	122.00	147.00	25.000
49	AJ1	128.00	135.00	140.00	147.00	7.0000
50	AO1	140.00	147.00	146.00	153.00	7.0000
51	BL1	110.00	129.00	116.00	135.00	19.000
52	S1	110.00	135.00	116.00	141.00	25.000
53	AQ1	116.00	135.00	128.00	147.00	19.000
54	BA1	116.00	141.00	122.00	147.00	25.000
55	AU1	128.00	147.00	140.00	159.00	19.000
56	DG1	119.00	141.00	119.00	141.00	22.000

CPM Analysis for ruko21 Page 5						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	119.00	119.00	125.00	125.00	Critical
58	CC1	119.00	141.00	125.00	147.00	22.000
59	AG1	125.00	125.00	129.00	129.00	Critical
60	Y1	125.00	135.00	131.00	141.00	10.000
61	DH1	125.00	141.00	125.00	141.00	16.000
62	BP1	125.00	129.00	137.00	141.00	4.0000
63	BR1	125.00	141.00	137.00	153.00	16.000
64	AC1	129.00	129.00	141.00	141.00	Critical
65	BI1	129.00	147.00	135.00	153.00	18.000
66	AK1	141.00	141.00	153.00	153.00	Critical
67	BD1	153.00	153.00	159.00	159.00	Critical
68	CE1	153.00	153.00	183.00	183.00	Critical
69	BM1	125.00	141.00	131.00	147.00	16.000
70	BO1	125.00	177.00	131.00	183.00	52.000

Completion time = 183 Total cost = 1199909

CPM Analysis for ruko21 Page 6						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	131.00	147.00	143.00	159.00	16.000
72	BB1	131.00	153.00	137.00	159.00	22.000
73	AV1	143.00	159.00	155.00	171.00	16.000
74	AS1	137.00	159.00	149.00	171.00	22.000
75	AW1	155.00	171.00	167.00	183.00	16.000
76	CD1	125.00	147.00	161.00	183.00	22.000
77	BQ1	137.00	141.00	149.00	153.00	4.0000
78	BS1	149.00	153.00	161.00	165.00	4.0000
79	BC1	149.00	171.00	161.00	183.00	22.000
80	CH1	161.00	165.00	179.00	183.00	4.0000
81	BT1	137.00	153.00	149.00	165.00	16.000
82	CF1	149.00	165.00	167.00	183.00	16.000
83	BE1	159.00	159.00	165.00	165.00	Critical
84	BF1	165.00	165.00	171.00	171.00	Critical

Completion time = 183 Total cost = 1199909

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	171.00	171.00	183.00	183.00	Critical
86	C1	6.0000	45.000	12.000	51.000	39.000
87	BU1	12.000	51.000	18.000	57.000	39.000
88	BV1	18.000	57.000	36.000	75.000	39.000
89	DJ1	36.000	75.000	36.000	75.000	39.000
90	BW1	36.000	81.000	54.000	99.000	45.000
91	BX1	36.000	75.000	60.000	99.000	39.000
92	AX1	60.000	99.000	96.000	135.00	39.000
93	AY1	96.000	135.00	120.00	159.00	39.000
94	BJ1	120.00	159.00	132.00	171.00	39.000
95	BN1	132.00	171.00	144.00	183.00	39.000

is crash: To reduce 18 time unit(s).

106

tion time without crashing for ruko21 is 198

h activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8  
h activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290  
h activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249  
h activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
h activity K1 2 time unit(s) New duration = 10 Incremental cost = 204  
h activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162  
h activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 401

all paths for ruko21 with completion time = 180 Total cost = 1200215

:

```
1      B1      E1      F1      G1      I1
=====> 2======> 3======> 4======> 6======> 7======> 8
1      J1      N1      K1      O1      L1
=====> 9======> 14======> 16======> 23======> 25======> 32
1      AG1     AC1     AK1     BD1     BE1
=====> 34======> 35======> 36======> 37======> 49======> 50
F1      CG1
=====> 51======> 61
```

:

```
1      B1      E1      F1      G1      I1
=====> 2======> 3======> 4======> 6======> 7======> 8
1      J1      N1      K1      O1      L1
=====> 9======> 14======> 16======> 23======> 25======> 32
1      AG1     AC1     AK1     CE1
=====> 34======> 35======> 36======> 37======> 61
```

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	36.000	6.0000	42.000	36.000
3	BY1	0	60.000	12.000	72.000	60.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	19.000	24.000	31.000	7.0000
6	E1	16.000	16.000	22.000	22.000	Critical
7	F1	22.000	22.000	31.000	31.000	Critical
8	DA1	24.000	31.000	24.000	31.000	7.0000
9	T1	24.000	102.00	30.000	108.00	78.000
10	G1	31.000	31.000	40.000	40.000	Critical
11	I1	40.000	40.000	52.000	52.000	Critical
12	M1	52.000	52.000	64.000	64.000	Critical
13	BZ1	52.000	120.00	58.000	126.00	68.000
14	AD1	64.000	102.00	70.000	108.00	38.000

CPM Analysis for ruko21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	64.000	114.00	70.000	120.00	50.000
16	DB1	64.000	108.00	64.000	108.00	44.000
17	J1	64.000	64.000	73.000	73.000	Critical
18	Z1	70.000	108.00	82.000	120.00	38.000
19	AL1	70.000	126.00	76.000	132.00	56.000
20	AH1	82.000	120.00	94.000	132.00	38.000
21	AM1	94.000	132.00	100.00	138.00	38.000
22	Q1	64.000	108.00	70.000	114.00	44.000
23	U1	64.000	108.00	76.000	120.00	44.000
24	DC1	73.000	126.00	73.000	126.00	53.000
25	N1	73.000	73.000	85.000	85.000	Critical
26	CA1	73.000	126.00	79.000	132.00	53.000
27	AE1	85.000	108.00	91.000	114.00	23.000
28	W1	85.000	120.00	91.000	126.00	35.000

CPM Analysis for ruko21 Page 3						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	85.000	114.00	85.000	114.00	29.000
30	K1	85.000	85.000	95.000	95.000	Critical
31	AA1	91.000	114.00	103.00	126.00	23.000
32	BG1	91.000	132.00	97.000	138.00	41.000
33	AI1	103.00	126.00	115.00	138.00	23.000
34	AN1	115.00	138.00	121.00	144.00	23.000
35	BK1	85.000	114.00	91.000	120.00	29.000
36	R1	85.000	120.00	91.000	126.00	35.000
37	AP1	91.000	120.00	103.00	132.00	29.000
38	AZ1	91.000	126.00	97.000	132.00	35.000
39	AT1	103.00	132.00	115.00	144.00	29.000
40	DE1	95.000	132.00	95.000	132.00	37.000
41	O1	95.000	95.000	107.00	107.00	Critical
42	CB1	95.000	132.00	101.00	138.00	37.000

CPM Analysis for ruko21							Page 4
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack	LS-ES
43	AF1	107.00	114.00	113.00	120.00	7.0000	
44	X1	107.00	126.00	113.00	132.00	19.000	
45	DF1	107.00	126.00	107.00	126.00	19.000	
46	L1	107.00	107.00	116.00	116.00		Critical
47	AB1	113.00	120.00	125.00	132.00	7.0000	
48	BH1	113.00	138.00	119.00	144.00	25.000	
49	AJ1	125.00	132.00	137.00	144.00	7.0000	
50	AO1	137.00	144.00	143.00	150.00	7.0000	
51	BL1	107.00	126.00	113.00	132.00	19.000	
52	S1	107.00	132.00	113.00	138.00	25.000	
53	AQ1	113.00	132.00	125.00	144.00	19.000	
54	BA1	113.00	138.00	119.00	144.00	25.000	
55	AU1	125.00	144.00	137.00	156.00	19.000	
56	DG1	116.00	138.00	116.00	138.00	22.000	

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	116.00	116.00	122.00	122.00	Critical
58	CC1	116.00	138.00	122.00	144.00	22.000
59	AG1	122.00	122.00	126.00	126.00	Critical
60	Y1	122.00	132.00	128.00	138.00	10.000
61	DH1	122.00	138.00	122.00	138.00	16.000
62	BP1	122.00	126.00	134.00	138.00	4.0000
63	BR1	122.00	138.00	134.00	138.00	16.000
64	AC1	126.00	126.00	138.00	150.00	Critical
65	BI1	126.00	144.00	132.00	150.00	18.000
66	AK1	138.00	138.00	150.00	150.00	Critical
67	BD1	150.00	150.00	156.00	156.00	Critical
68	CE1	150.00	150.00	180.00	180.00	Critical
69	BM1	122.00	138.00	128.00	144.00	16.000
70	BO1	122.00	174.00	128.00	180.00	52.000

Completion time = 180      Total cost = 1200215

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	128.00	144.00	140.00	156.00	16.000
72	BB1	128.00	150.00	134.00	156.00	22.000
73	AV1	140.00	156.00	152.00	168.00	16.000
74	AS1	134.00	156.00	146.00	168.00	22.000
75	AW1	152.00	168.00	164.00	180.00	16.000
76	CD1	122.00	144.00	158.00	180.00	22.000
77	BQ1	134.00	138.00	146.00	150.00	4.0000
78	BS1	146.00	150.00	158.00	162.00	4.0000
79	BC1	146.00	168.00	158.00	180.00	22.000
80	CH1	158.00	162.00	176.00	180.00	4.0000
81	BT1	134.00	150.00	146.00	162.00	16.000
82	CF1	146.00	162.00	164.00	180.00	16.000
83	BE1	156.00	156.00	162.00	162.00	Critical
84	BF1	162.00	162.00	168.00	168.00	Critical

Completion time = 180      Total cost = 1200215

## CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	168.00	168.00	180.00	180.00	Critical
86	C1	6.0000	42.000	12.000	48.000	36.000
87	BU1	12.000	48.000	18.000	54.000	36.000
88	BV1	18.000	54.000	36.000	72.000	36.000
89	DJ1	36.000	72.000	36.000	72.000	36.000
90	BW1	36.000	78.000	54.000	96.000	42.000
91	BX1	36.000	72.000	60.000	96.000	36.000
92	AX1	60.000	96.000	96.000	132.00	36.000
93	AY1	96.000	132.00	120.00	156.00	36.000
94	BJ1	120.00	156.00	132.00	168.00	36.000
95	BN1	132.00	168.00	144.00	180.00	36.000

Completion time = 180 Total cost = 1200215

```

is crash: To reduce 21 time unit(s).
tion time without crashing for ruko21 is 198 (11

h activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8
h activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290
h activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249
h activity I1 2 time unit(s) New duration = 10 Incremental cost = 240
h activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306
h activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306
h activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162
h activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =
401

al paths for ruko21 with completion time = 177 Total cost = 1200557

:
1      B1          E1          F1          G1          I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
1      J1          N1          K1          O1          L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
1      AG1         AC1         AK1         BD1         BE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50
F1      CG1
=====> 51=====> 61

:
1      B1          E1          F1          G1          I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
1      J1          N1          K1          O1          L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
1      AG1         AC1         AK1         CE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61

```

CPM Analysis for ruko21 Page 1						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	33.000	6.0000	39.000	33.000
3	BY1	0	57.000	12.000	69.000	57.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	19.000	24.000	31.000	7.0000
6	E1	16.000	16.000	22.000	22.000	Critical
7	F1	22.000	22.000	31.000	31.000	Critical
8	DA1	24.000	31.000	24.000	31.000	7.0000
9	T1	24.000	99.000	30.000	105.00	75.000
10	G1	31.000	31.000	40.000	40.000	Critical
11	I1	40.000	40.000	50.000	50.000	Critical
12	M1	50.000	50.000	62.000	62.000	Critical
13	BZ1	50.000	117.00	56.000	123.00	67.000
14	AD1	62.000	99.000	68.000	105.00	37.000

CPM Analysis for ruko21						
Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	62.000	111.00	68.000	117.00	49.000
16	DB1	62.000	105.00	62.000	105.00	43.000
17	J1	62.000	62.000	71.000	71.000	Critical
18	Z1	68.000	105.00	80.000	117.00	37.000
19	AL1	68.000	123.00	74.000	129.00	55.000
20	AH1	80.000	117.00	92.000	129.00	37.000
21	AM1	92.000	129.00	98.000	135.00	37.000
22	Q1	62.000	105.00	68.000	111.00	43.000
23	U1	62.000	105.00	74.000	117.00	43.000
24	DC1	71.000	123.00	71.000	123.00	52.000
25	N1	71.000	71.000	83.000	83.000	Critical
26	CA1	71.000	123.00	77.000	129.00	52.000
27	AE1	83.000	105.00	89.000	111.00	22.000
28	W1	83.000	117.00	89.000	123.00	34.000

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	83.000	111.00	83.000	111.00	28.000
30	K1	83.000	83.000	92.000	92.000	Critical
31	AA1	89.000	111.00	101.00	123.00	22.000
32	BG1	89.000	129.00	95.000	135.00	40.000
33	A11	101.00	123.00	113.00	135.00	22.000
34	AN1	113.00	135.00	119.00	141.00	22.000
35	BK1	83.000	111.00	89.000	117.00	28.000
36	R1	83.000	117.00	89.000	123.00	34.000
37	AP1	89.000	117.00	101.00	129.00	28.000
38	AZ1	89.000	123.00	95.000	129.00	34.000
39	AT1	101.00	129.00	113.00	141.00	28.000
40	DE1	92.000	129.00	92.000	129.00	37.000
41	O1	92.000	92.000	104.00	104.00	Critical
42	CB1	92.000	129.00	98.000	135.00	37.000

Completion time = 177 Total cost = 1200557

CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	104.00	111.00	110.00	117.00	7.0000
44	X1	104.00	123.00	110.00	129.00	19.000
45	DF1	104.00	123.00	104.00	123.00	19.000
46	L1	104.00	104.00	113.00	113.00	Critical
47	AB1	110.00	117.00	122.00	129.00	7.0000
48	BH1	110.00	135.00	116.00	141.00	25.000
49	AJ1	122.00	129.00	134.00	141.00	7.0000
50	AO1	134.00	141.00	140.00	147.00	7.0000
51	BL1	104.00	123.00	110.00	129.00	19.000
52	S1	104.00	129.00	110.00	135.00	25.000
53	AQ1	110.00	129.00	122.00	141.00	19.000
54	BA1	110.00	135.00	116.00	141.00	25.000
55	AU1	122.00	141.00	134.00	153.00	19.000
56	DG1	113.00	135.00	113.00	135.00	22.000

Completion time = 177 Total cost = 1200557

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	113.00	113.00	119.00	119.00	Critical
58	CC1	113.00	135.00	119.00	141.00	22.000
59	AG1	119.00	119.00	123.00	123.00	Critical
60	Y1	119.00	129.00	125.00	135.00	10.000
61	DH1	119.00	135.00	119.00	135.00	16.000
62	BP1	119.00	123.00	131.00	135.00	4.0000
63	BR1	119.00	135.00	131.00	147.00	16.000
64	AC1	123.00	123.00	135.00	135.00	Critical
65	BI1	123.00	141.00	129.00	147.00	18.000
66	AK1	135.00	135.00	147.00	147.00	Critical
67	BD1	147.00	147.00	153.00	153.00	Critical
68	CE1	147.00	147.00	177.00	177.00	Critical
69	BM1	119.00	135.00	125.00	141.00	16.000
70	BO1	119.00	171.00	125.00	177.00	52.000

Completion time = 177 Total cost = 1200557

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	125.00	141.00	137.00	153.00	16.000
72	BB1	125.00	147.00	131.00	153.00	22.000
73	AV1	137.00	153.00	149.00	165.00	16.000
74	AS1	131.00	153.00	143.00	165.00	22.000
75	AW1	149.00	165.00	161.00	177.00	16.000
76	CD1	119.00	141.00	155.00	177.00	22.000
77	BQ1	131.00	135.00	143.00	147.00	4.0000
78	BS1	143.00	147.00	155.00	159.00	4.0000
79	BC1	143.00	165.00	155.00	177.00	22.000
80	CH1	155.00	159.00	173.00	177.00	4.0000
81	BT1	131.00	147.00	143.00	159.00	16.000
82	CF1	143.00	159.00	161.00	177.00	16.000
83	BE1	153.00	153.00	159.00	159.00	Critical
84	BF1	159.00	159.00	165.00	165.00	Critical

Completion time = 177 Total cost = 1200557

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	165.00	165.00	177.00	177.00	Critical
86	C1	6.0000	39.000	12.000	45.000	33.000
87	BU1	12.000	45.000	18.000	51.000	33.000
88	BV1	18.000	51.000	36.000	69.000	33.000
89	DJ1	36.000	69.000	36.000	69.000	33.000
90	BW1	36.000	75.000	54.000	93.000	39.000
91	BX1	36.000	69.000	60.000	93.000	33.000
92	AX1	60.000	93.000	96.000	129.00	33.000
93	AY1	96.000	129.00	120.00	153.00	33.000
94	BJ1	120.00	153.00	132.00	165.00	33.000
95	BN1	132.00	165.00	144.00	177.00	33.000

Completion time = 177 Total cost = 1200557

this crash: To reduce 24 time unit(s).

116

etion time without crashing for ruko21 is 198

```
sh activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8
sh activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290
sh activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249
sh activity I1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 360
sh activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306
sh activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306
sh activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162
sh activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =
3401
```

```
sh activity AC1 2 time unit(s) New duration = 10 Incremental cost =
3333
```

cal paths for ruko21 with completion time = 174 Total cost = 1201011

```
1 :
D1          B1          E1          F1          G1          I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
M1          J1          N1          K1          O1          L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
P1          AG1         AC1         AK1         BD1         BE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50
BF1         CG1
=====> 51=====> 61
```

```
:
1          B1          E1          F1          G1          I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
1          J1          N1          K1          O1          L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
1          AG1         AC1         AK1         CE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61
```

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	
2	A1	0	30.000	6.0000	36.000	30.000
3	BY1	0	54.000	12.000	66.000	54.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	19.000	24.000	31.000	7.0000
6	E1	16.000	16.000	22.000	22.000	Critical
7	F1	22.000	22.000	31.000	31.000	Critical
8	DA1	24.000	31.000	24.000	31.000	Critical
9	T1	24.000	96.000	30.000	102.00	7.0000
10	G1	31.000	31.000	40.000	40.000	72.000
11	I1	40.000	40.000	49.000	49.000	Critical
12	M1	49.000	49.000	61.000	61.000	Critical
13	BZ1	49.000	114.00	55.000	120.00	65.000
14	AD1	61.000	96.000	67.000	102.00	35.000

CPM Analysis for rukb21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	61.000	108.00	67.000	114.00	47.000
16	DB1	61.000	102.00	61.000	102.00	41.000
17	J1	61.000	61.000	70.000	70.000	Critical
18	Z1	67.000	102.00	79.000	114.00	35.000
19	AL1	67.000	120.00	73.000	126.00	53.000
20	AH1	79.000	114.00	91.000	126.00	35.000
21	AM1	91.000	126.00	97.000	132.00	35.000
22	Q1	61.000	102.00	67.000	108.00	41.000
23	U1	61.000	102.00	73.000	114.00	41.000
24	DC1	70.000	120.00	70.000	120.00	50.000
25	N1	70.000	70.000	82.000	82.000	Critical
26	CA1	70.000	120.00	76.000	126.00	50.000
27	AE1	82.000	102.00	88.000	108.00	20.000
28	W1	82.000	114.00	88.000	120.00	32.000

## CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	82.000	108.00	82.000	108.00	26.000
30	K1	82.000	82.000	91.000	91.000	Critical
31	AA1	88.000	108.00	100.00	120.00	20.000
32	BG1	88.000	126.00	94.000	132.00	38.000
33	AI1	100.00	120.00	112.00	132.00	20.000
34	AN1	112.00	132.00	118.00	138.00	20.000
35	BK1	82.000	108.00	88.000	114.00	26.000
36	R1	82.000	114.00	88.000	120.00	32.000
37	AP1	88.000	114.00	100.00	126.00	26.000
38	AZ1	88.000	120.00	94.000	126.00	32.000
39	AT1	100.00	126.00	112.00	138.00	26.000
40	DE1	91.000	126.00	91.000	126.00	35.000
41	O1	91.000	91.000	103.00	103.00	Critical
42	CB1	91.000	126.00	97.000	132.00	35.000

Completion time = 174 Total cost = 1201011

## CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	103.00	108.00	109.00	114.00	5.0000
44	X1	103.00	120.00	109.00	126.00	17.000
45	DF1	103.00	120.00	103.00	120.00	17.000
46	L1	103.00	103.00	112.00	112.00	Critical
47	AB1	109.00	114.00	121.00	126.00	5.0000
48	BH1	109.00	132.00	115.00	138.00	23.000
49	AJ1	121.00	126.00	133.00	138.00	5.0000
50	AO1	133.00	138.00	139.00	144.00	5.0000
51	BL1	103.00	120.00	109.00	126.00	17.000
52	S1	103.00	126.00	109.00	132.00	23.000
53	AQ1	109.00	126.00	121.00	138.00	17.000
54	BA1	109.00	132.00	115.00	138.00	23.000
55	AU1	121.00	138.00	133.00	150.00	17.000
56	DG1	112.00	132.00	112.00	132.00	20.000

Completion time = 174 Total cost = 1201011

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	112.00	112.00	118.00	118.00	Critical
58	CC1	112.00	132.00	118.00	138.00	20.000
59	AG1	118.00	118.00	122.00	122.00	Critical
60	Y1	118.00	126.00	124.00	132.00	8.0000
61	DH1	118.00	132.00	118.00	132.00	14.000
62	SP1	118.00	120.00	130.00	132.00	2.0000
63	BR1	118.00	132.00	130.00	144.00	14.000
64	AC1	122.00	122.00	132.00	132.00	Critical
65	BI1	122.00	138.00	128.00	144.00	16.000
66	AK1	132.00	132.00	144.00	144.00	Critical
67	BD1	144.00	144.00	150.00	150.00	Critical
68	CE1	144.00	144.00	174.00	174.00	Critical
69	BM1	118.00	132.00	124.00	138.00	14.000
70	BO1	118.00	168.00	124.00	174.00	50.000

Completion time = 174 Total cost = 1201011

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	124.00	138.00	136.00	150.00	14.000
72	BB1	124.00	144.00	130.00	150.00	20.000
73	AV1	136.00	150.00	148.00	162.00	14.000
74	AS1	130.00	150.00	142.00	162.00	20.000
75	AW1	148.00	152.00	160.00	174.00	14.000
76	CD1	118.00	138.00	154.00	174.00	20.000
77	BQ1	130.00	132.00	142.00	144.00	2.0000
78	BS1	142.00	144.00	154.00	156.00	2.0000
79	BC1	142.00	162.00	154.00	174.00	20.000
80	CH1	154.00	156.00	172.00	174.00	2.0000
81	BT1	130.00	144.00	142.00	156.00	14.000
82	CF1	142.00	156.00	160.00	174.00	14.000
83	BE1	150.00	150.00	156.00	156.00	Critical
84	BF1	156.00	156.00	162.00	162.00	Critical

Completion time = 174 Total cost = 1201011

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	162.00	162.00	174.00	174.00	Critical
86	C1	6.0000	36.000	12.000	42.000	30.000
87	BU1	12.000	42.000	18.000	48.000	30.000
88	BV1	18.000	48.000	36.000	66.000	30.000
89	DJ1	36.000	66.000	36.000	66.000	30.000
90	BW1	36.000	72.000	54.000	90.000	36.000
91	BX1	36.000	66.000	60.000	90.000	30.000
92	AX1	60.000	90.000	96.000	126.00	30.000
93	AY1	96.000	126.00	120.00	150.00	30.000
94	BJ1	120.00	150.00	132.00	162.00	30.000
95	BN1	132.00	162.00	144.00	174.00	30.000

this crash: To reduce 27 time unit(s).

121

etion time without crashing for ruko21 is 198

```
sh activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8
sh activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290
sh activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249
sh activity I1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 360
sh activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306
sh activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306
sh activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162
sh activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =
3401
sh activity AC1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 500
sh activity CE1 2 time unit(s) New duration = 28 Incremental cost =
3333
sh activity CH1 1 time unit(s) New duration = 17 Incremental cost = 79.4
sh activity BF1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =
998
```

total paths for ruko21 with completion time = 171 Total cost = 1201683

```
:
1      B1          E1          F1          G1          I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
1      J1          N1          K1          O1          L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
1      AG1         AC1         AK1         BD1         BE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50
F1      CG1
=====> 51=====> 61
```

```
:
1      B1          E1          F1          G1          I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
1      J1          N1          K1          O1          L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
1      BP1         BQ1         BS1         CH1
=====> 34=====> 44=====> 45=====> 46=====> 61
```

```
:
1      B1          E1          F1          G1          I1
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8
1      J1          N1          K1          O1          L1
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32
1      AG1         AC1         AK1         CE1
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61
```

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	27.000	6.0000	33.000	27.000
3	BY1	0	51.000	12.000	63.000	51.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	19.000	24.000	31.000	7.0000
6	E1	16.000	16.000	22.000	22.000	Critical
7	F1	22.000	22.000	31.000	31.000	Critical
8	DA1	24.000	31.000	24.000	31.000	7.0000
9	T1	24.000	93.000	30.000	99.000	69.000
10	G1	31.000	31.000	40.000	40.000	Critical
11	I1	40.000	40.000	49.000	49.000	Critical
12	M1	49.000	49.000	61.000	61.000	Critical
13	BZ1	49.000	111.00	55.000	117.00	62.000
14	AD1	61.000	95.000	67.000	101.00	34.000

Completion time = 171 Total cost = 1201683

CPM Analysis for ruko21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	61.000	107.00	67.000	113.00	46.000
16	DB1	61.000	99.000	61.000	99.000	38.000
17	J1	61.000	61.000	70.000	70.000	Critical
18	Z1	67.000	101.00	79.000	113.00	34.000
19	AL1	67.000	119.00	73.000	125.00	52.000
20	AH1	79.000	113.00	91.000	125.00	34.000
21	AM1	91.000	125.00	97.000	131.00	34.000
22	Q1	61.000	99.000	67.000	105.00	38.000
23	U1	61.000	99.000	73.000	111.00	38.000
24	DC1	70.000	117.00	70.000	117.00	47.000
25	N1	70.000	70.000	82.000	82.000	Critical
26	CA1	70.000	117.00	76.000	123.00	47.000
27	AE1	82.000	101.00	88.000	107.00	19.000
28	W1	82.000	113.00	88.000	119.00	31.000

Completion time = 171 Total cost = 1201683

## CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	82.000	105.00	82.000	105.00	23.000
30	K1	82.000	82.000	91.000	91.000	Critical
31	AA1	88.000	107.00	100.00	119.00	19.000
32	BG1	88.000	125.00	94.000	131.00	37.000
33	A11	100.00	119.00	112.00	131.00	19.000
34	AN1	112.00	131.00	118.00	137.00	19.000
35	BK1	82.000	105.00	88.000	111.00	23.000
36	R1	82.000	111.00	88.000	117.00	29.000
37	AP1	88.000	111.00	100.00	123.00	23.000
38	AZ1	88.000	117.00	94.000	123.00	29.000
39	AT1	100.00	123.00	112.00	135.00	23.000
40	DE1	91.000	123.00	91.000	123.00	32.000
41	O1	91.000	91.000	103.00	103.00	Critical
42	CB1	91.000	123.00	97.000	129.00	32.000

Completion time = 171 Total cost = 1201683

## CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	103.00	107.00	109.00	113.00	4.0000
44	X1	103.00	119.00	109.00	125.00	16.000
45	DF1	103.00	117.00	103.00	117.00	14.000
46	L1	103.00	103.00	112.00	112.00	Critical
47	AB1	109.00	113.00	121.00	125.00	4.0000
48	BH1	109.00	131.00	115.00	137.00	22.000
49	AJ1	121.00	125.00	133.00	137.00	4.0000
50	AO1	133.00	137.00	139.00	143.00	4.0000
51	BL1	103.00	117.00	109.00	123.00	14.000
52	S1	103.00	123.00	109.00	129.00	20.000
53	AQ1	109.00	123.00	121.00	135.00	14.000
54	BA1	109.00	129.00	115.00	135.00	20.000
55	AU1	121.00	135.00	133.00	147.00	14.000
56	DG1	112.00	129.00	112.00	129.00	17.000

Completion time = 171 Total cost = 1201683

CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	112.00	112.00	118.00	118.00	Critical
58	CC1	112.00	129.00	118.00	135.00	17.000
59	AG1	118.00	118.00	122.00	122.00	Critical
60	Y1	118.00	125.00	124.00	131.00	7.0000
61	DH1	118.00	129.00	118.00	129.00	11.000
62	BP1	118.00	118.00	130.00	130.00	Critical
63	BR1	118.00	129.00	130.00	141.00	11.000
64	AC1	122.00	122.00	131.00	131.00	Critical
65	BI1	122.00	137.00	128.00	143.00	15.000
66	AK1	131.00	131.00	143.00	143.00	Critical
67	BD1	143.00	143.00	149.00	149.00	Critical
68	CE1	143.00	143.00	171.00	171.00	Critical
69	BM1	118.00	129.00	124.00	135.00	11.000
70	BO1	118.00	165.00	124.00	171.00	47.000

Completion time = 171 Total cost = 1201683

CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	124.00	135.00	136.00	147.00	11.000
72	BB1	124.00	141.00	130.00	147.00	17.000
73	AV1	136.00	147.00	148.00	159.00	11.000
74	AS1	130.00	147.00	142.00	159.00	17.000
75	AW1	148.00	159.00	160.00	171.00	11.000
76	CD1	118.00	135.00	154.00	171.00	17.000
77	BQ1	130.00	130.00	142.00	142.00	Critical
78	BS1	142.00	142.00	154.00	154.00	Critical
79	BC1	142.00	159.00	154.00	171.00	17.000
80	CH1	154.00	154.00	171.00	171.00	Critical
81	BT1	130.00	141.00	142.00	153.00	11.000
82	CF1	142.00	153.00	160.00	171.00	11.000
83	BE1	149.00	149.00	155.00	155.00	Critical
84	BF1	155.00	155.00	159.00	159.00	Critical

Completion time = 171 Total cost = 1201683

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	159.00	159.00	171.00	171.00	Critical
86	C1	6.0000	33.000	12.000	39.000	27.000
87	BU1	12.000	39.000	18.000	45.000	27.000
88	BV1	18.000	45.000	36.000	63.000	27.000
89	DJ1	36.000	63.000	36.000	63.000	27.000
90	BW1	36.000	69.000	54.000	87.000	33.000
91	BX1	36.000	63.000	60.000	87.000	27.000
92	AX1	60.000	87.000	96.000	123.00	27.000
93	AY1	96.000	123.00	120.00	147.00	27.000
94	BJ1	120.00	147.00	132.00	159.00	27.000
95	BN1	132.00	159.00	144.00	171.00	27.000

crash: To reduce 30 time unit(s).

on time without crashing for ruko21 is 198 126

activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8

activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290

activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249

activity I1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 360

activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306

activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306

activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162

activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 1

activity AC1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 500

activity CE1 5 time unit(s) New duration = 25 Incremental cost = 4

activity CH1 4 time unit(s) New duration = 14 Incremental cost = 317.6

activity BF1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 8

activity CG1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 1

paths for ruko21 with completion time = 168 Total cost = 1202597

:

B1	E1	F1	G1	I1
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8				
J1	N1	K1	O1	L1
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32				
AG1	AC1	AK1	BD1	BE1
====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50				
CG1				
====> 51=====> 61				

:

B1	E1	F1	G1	I1
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8				
J1	N1	K1	O1	L1
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32				
BP1	BQ1	BS1	CH1	
====> 34=====> 44=====> 45=====> 46=====> 61				

:

B1	E1	F1	G1	I1
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8				
J1	N1	K1	O1	L1
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32				
AG1	AC1	AK1	CE1	
====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61				

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	24.000	6.0000	30.000	24.000
3	BY1	0	48.000	12.000	60.000	48.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	19.000	24.000	31.000	7.0000
6	E1	16.000	16.000	22.000	22.000	Critical
7	F1	22.000	22.000	31.000	31.000	Critical
8	DA1	24.000	31.000	24.000	31.000	7.0000
9	T1	24.000	90.000	30.000	96.000	66.000
10	G1	31.000	31.000	40.000	40.000	Critical
11	I1	40.000	40.000	49.000	49.000	Critical
12	M1	49.000	49.000	61.000	61.000	Critical
13	BZ1	49.000	108.00	55.000	114.00	59.000
14	AD1	61.000	95.000	67.000	101.00	34.000

Completion time = 168 Total cost = 1202597

CPM Analysis for ruk21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	61.000	107.00	67.000	113.00	46.000
16	DB1	61.000	96.000	61.000	96.000	35.000
17	J1	61.000	61.000	70.000	70.000	Critical
18	Z1	67.000	101.00	79.000	113.00	34.000
19	AL1	67.000	119.00	73.000	125.00	52.000
20	AH1	79.000	113.00	91.000	125.00	34.000
21	AM1	91.000	125.00	97.000	131.00	34.000
22	Q1	61.000	96.000	67.000	102.00	35.000
23	U1	61.000	96.000	73.000	108.00	35.000
24	DC1	70.000	114.00	70.000	114.00	44.000
25	N1	70.000	70.000	82.000	82.000	Critical
26	CA1	70.000	114.00	76.000	120.00	44.000
27	AE1	82.000	101.00	88.000	107.00	19.000
28	W1	82.000	113.00	88.000	119.00	31.000

Completion time = 168 Total cost = 1203597

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	82.000	102.00	82.000	102.00	20.000
30	K1	82.000	82.000	91.000	91.000	Critical
31	AA1	88.000	107.00	100.00	119.00	19.000
32	BG1	88.000	125.00	94.000	131.00	37.000
33	AI1	100.00	119.00	112.00	131.00	19.000
34	AN1	112.00	131.00	118.00	137.00	19.000
35	BK1	82.000	102.00	88.000	108.00	20.000
36	R1	82.000	108.00	88.000	114.00	26.000
37	AP1	88.000	108.00	100.00	120.00	20.000
38	AZ1	88.000	114.00	94.000	120.00	26.000
39	AT1	100.00	120.00	112.00	132.00	20.000
40	DE1	91.000	120.00	91.000	120.00	29.000
41	O1	91.000	91.000	103.00	103.00	Critical
42	CB1	91.000	120.00	97.000	126.00	29.000

Completion time = 168 Total cost = 1202597

CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	103.00	107.00	109.00	113.00	4.0000
44	X1	103.00	119.00	109.00	125.00	16.000
45	DF1	103.00	114.00	103.00	114.00	11.000
46	L1	103.00	103.00	112.00	112.00	Critical
47	AB1	109.00	113.00	121.00	125.00	4.0000
48	BH1	109.00	131.00	115.00	137.00	22.000
49	AJ1	121.00	125.00	133.00	137.00	4.0000
50	AO1	133.00	137.00	139.00	143.00	4.0000
51	BL1	103.00	114.00	109.00	120.00	11.000
52	S1	103.00	120.00	109.00	126.00	17.000
53	AQ1	109.00	120.00	121.00	132.00	11.000
54	BA1	109.00	126.00	115.00	132.00	17.000
55	AU1	121.00	132.00	133.00	144.00	11.000
56	DG1	112.00	126.00	112.00	126.00	14.000

Completion time = 168 Total cost = 1202597

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	112.00	112.00	118.00	118.00	Critical
58	CC1	112.00	126.00	118.00	132.00	14.000
59	AG1	118.00	118.00	122.00	122.00	Critical
60	Y1	118.00	125.00	124.00	131.00	7.0000
61	DH1	118.00	126.00	118.00	126.00	8.0000
62	BP1	118.00	118.00	130.00	130.00	Critical
63	BR1	118.00	126.00	130.00	138.00	8.0000
64	AC1	122.00	122.00	131.00	131.00	Critical
65	BI1	122.00	137.00	128.00	143.00	15.000
66	AK1	131.00	131.00	143.00	143.00	Critical
67	BD1	143.00	143.00	149.00	149.00	Critical
68	CE1	143.00	143.00	168.00	168.00	Critical
69	BM1	118.00	126.00	124.00	132.00	8.0000
70	BO1	118.00	162.00	124.00	168.00	44.000

Completion time = 168 Total cost = 1202597

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	124.00	132.00	136.00	144.00	8.0000
72	BB1	124.00	138.00	130.00	144.00	14.000
73	AV1	136.00	144.00	148.00	156.00	8.0000
74	AS1	130.00	144.00	142.00	156.00	14.000
75	AW1	148.00	156.00	160.00	168.00	8.0000
76	CD1	118.00	132.00	154.00	168.00	14.000
77	BQ1	130.00	130.00	142.00	142.00	Critical
78	BS1	142.00	142.00	154.00	154.00	Critical
79	BC1	142.00	156.00	154.00	168.00	14.000
80	CH1	154.00	154.00	168.00	168.00	Critical
81	BT1	130.00	138.00	142.00	150.00	8.0000
82	CF1	142.00	150.00	160.00	168.00	8.0000
83	BE1	149.00	149.00	155.00	155.00	Critical
84	BF1	155.00	155.00	159.00	159.00	Critical

Completion time = 168 Total cost = 1202597

## CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	159.00	159.00	168.00	168.00	Critical
86	C1	6.0000	30.000	12.000	36.000	24.000
87	BU1	12.000	36.000	18.000	42.000	24.000
88	BV1	18.000	42.000	36.000	60.000	24.000
89	DJ1	36.000	60.000	36.000	60.000	24.000
90	BW1	36.000	66.000	54.000	84.000	30.000
91	BX1	36.000	60.000	60.000	84.000	24.000
92	AX1	60.000	84.000	96.000	120.00	24.000
93	AY1	96.000	120.00	120.00	144.00	24.000
94	BJ1	120.00	144.00	132.00	156.00	24.000
95	BN1	132.00	156.00	144.00	168.00	24.000

Completion time = 168    Total cost = 1202597

is crash: To reduce 33 time unit(s).

tion time without crashing for ruko21 is 198

131

n activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8  
n activity E1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 765  
n activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290  
n activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249  
n activity I1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 360  
n activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
n activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
n activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162  
n activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
01

: activity AC1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 500  
: activity BD1 1 time unit(s) New duration = 5 Incremental cost = 144.5  
: activity CE1 6 time unit(s) New duration = 24 Incremental cost = 1048  
: activity CH1 5 time unit(s) New duration = 13 Incremental cost = 397  
activity BF1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
98

activity CG1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost =  
01

1 paths for ruko21 with completion time = 165 Total cost = 1203760

:

B1	E1	F1	G1	I1
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8				
J1	N1	K1	O1	L1
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32				
AG1	AC1	AK1	BD1	BE1
====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50				
1	CG1			
====> 51=====> 61				

:

B1	E1	F1	G1	I1
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8				
J1	N1	K1	O1	L1
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32				
BP1	BQ1	BS1	CH1	
====> 34=====> 44=====> 45=====> 46=====> 61				

:

B1	E1	F1	G1	I1
====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8				
J1	N1	K1	O1	L1
====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32				
AG1	AC1	AK1	CE1	
====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61				

## CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	
2	A1	0	21.000	6.0000	27.000	21.000
3	BY1	0	45.000	12.000	57.000	45.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	17.000	24.000	29.000	5.0000
6	E1	16.000	16.000	20.000	20.000	Critical
7	F1	20.000	20.000	29.000	29.000	Critical
8	DA1	24.000	29.000	24.000	29.000	5.0000
9	T1	24.000	87.000	30.000	93.000	63.000
10	G1	29.000	29.000	38.000	38.000	Critical
11	I1	38.000	38.000	47.000	47.000	Critical
12	M1	47.000	47.000	59.000	59.000	Critical
13	BZ1	47.000	105.00	53.000	111.00	Critical
14	AD1	59.000	93.000	65.000	99.000	58.000
						34.000

Completion time = 165 Total cost = 1203760

## CPM Analysis for ruko21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	59.000	105.00	65.000	111.00	46.000
16	DB1	59.000	93.000	59.000	93.000	34.000
17	J1	59.000	59.000	68.000	68.000	
18	Z1	65.000	99.000	77.000	111.00	Critical
19	AL1	65.000	117.00	71.000	123.00	34.000
20	AH1	77.000	111.00	89.000	123.00	34.000
21	AM1	89.000	123.00	95.000	129.00	34.000
22	Q1	59.000	93.000	65.000	99.000	34.000
23	U1	59.000	93.000	71.000	105.00	34.000
24	DC1	68.000	111.00	68.000	111.00	43.000
25	N1	68.000	68.000	80.000	80.000	
26	CA1	68.000	111.00	74.000	117.00	Critical
27	AE1	80.000	99.000	86.000	105.00	43.000
28	W1	80.000	111.00	86.000	117.00	19.000
						31.000

Completion time = 165 Total cost = 1203760

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	80.000	99.000	80.000	99.000	
30	K1	80.000	80.000	89.000	89.000	19.000
31	AA1	86.000	105.00	98.000	117.00	Critical
32	BG1	86.000	123.00	92.000	129.00	19.000
33	AII	98.000	117.00	110.00	129.00	37.000
34	AN1	110.00	129.00	116.00	135.00	19.000
35	BK1	80.000	99.000	86.000	105.00	19.000
36	R1	80.000	105.00	86.000	111.00	19.000
37	AP1	86.000	105.00	98.000	117.00	25.000
38	AZ1	86.000	111.00	92.000	117.00	19.000
39	AT1	98.000	117.00	110.00	129.00	25.000
40	DE1	89.000	117.00	89.000	117.00	19.000
41	O1	89.000	89.000	101.00	101.00	28.000
42	CB1	89.000	117.00	95.000	123.00	Critical

Completion time = 165 Total cost = 1203760

CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	101.00	105.00	107.00	111.00	4.0000
44	X1	101.00	117.00	107.00	123.00	16.000
45	DF1	101.00	111.00	101.00	111.00	10.000
46	L1	101.00	101.00	110.00	110.00	Critical
47	AB1	107.00	111.00	119.00	123.00	4.0000
48	BH1	107.00	129.00	113.00	135.00	22.000
49	AJ1	119.00	123.00	131.00	135.00	4.0000
50	AO1	131.00	135.00	137.00	141.00	4.0000
51	BL1	101.00	111.00	107.00	117.00	10.000
52	S1	101.00	117.00	107.00	123.00	16.000
53	AQ1	107.00	117.00	119.00	129.00	10.000
54	BA1	107.00	123.00	113.00	129.00	16.000
55	AU1	119.00	129.00	131.00	141.00	10.000
56	DG1	110.00	123.00	110.00	123.00	13.000

Completion time = 165 Total cost = 1203760

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	110.00	110.00	116.00	116.00	Critical
58	CC1	110.00	123.00	116.00	129.00	13.000
59	AG1	116.00	116.00	120.00	120.00	Critical
60	Y1	116.00	123.00	122.00	129.00	7.0000
61	DH1	116.00	123.00	116.00	123.00	7.0000
62	BP1	116.00	116.00	128.00	128.00	Critical
63	BR1	116.00	123.00	128.00	135.00	7.0000
64	AC1	120.00	120.00	129.00	129.00	Critical
65	BI1	120.00	135.00	126.00	141.00	15.000
66	AK1	129.00	129.00	141.00	141.00	Critical
67	BD1	141.00	141.00	146.00	146.00	Critical
68	CE1	141.00	141.00	165.00	165.00	Critical
69	BM1	116.00	123.00	122.00	129.00	7.0000
70	BO1	116.00	159.00	122.00	165.00	43.000

Completion time = 165 Total cost = 1203760

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	122.00	129.00	134.00	141.00	7.0000
72	BB1	122.00	135.00	128.00	141.00	13.000
73	AV1	134.00	141.00	146.00	153.00	7.0000
74	AS1	128.00	141.00	140.00	153.00	13.000
75	AW1	146.00	153.00	158.00	165.00	7.0000
76	CD1	116.00	129.00	152.00	165.00	13.000
77	BQ1	128.00	128.00	140.00	140.00	Critical
78	BS1	140.00	140.00	152.00	152.00	Critical
79	BC1	140.00	153.00	152.00	165.00	13.000
80	CH1	152.00	152.00	165.00	165.00	Critical
81	BT1	128.00	135.00	140.00	147.00	7.0000
82	CF1	140.00	147.00	158.00	165.00	7.0000
83	BE1	146.00	146.00	152.00	152.00	Critical
84	BF1	152.00	152.00	156.00	156.00	Critical

Completion time = 165 Total cost = 1203760

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	156.00	156.00	165.00	165.00	Critical
86	C1	6.0000	27.000	12.000	33.000	21.000
87	BU1	12.000	33.000	18.000	39.000	21.000
88	BV1	18.000	39.000	36.000	57.000	21.000
89	DJ1	36.000	57.000	36.000	57.000	21.000
90	BW1	36.000	63.000	54.000	81.000	27.000
91	BX1	36.000	57.000	60.000	81.000	21.000
92	AX1	60.000	81.000	96.000	117.00	21.000
93	AY1	96.000	117.00	120.00	141.00	21.000
94	BJ1	120.00	141.00	132.00	153.00	21.000
95	BN1	132.00	153.00	144.00	165.00	21.000

this crash: To reduce 36 time unit(s).

Completion time without crashing for ruko21 is 198

136

sh activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8  
sh activity E1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 765  
sh activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290  
sh activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249  
sh activity I1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 360  
sh activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
sh activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
sh activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162  
sh activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
3401  
  
sh activity AC1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 500  
sh activity BD1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 289  
sh activity CE1 9 time unit(s) New duration = 21 Incremental cost = 1572  
sh activity BQ1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 1556  
sh activity CH1 5 time unit(s) New duration = 13 Incremental cost = 397  
sh activity BE1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 353.29  
sh activity BF1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 77.48  
sh activity CG1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 151.10  
cal paths for ruko21 with completion time = 162 Total cost = 1206338

:  
01 B1 E1 F1 G1 I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
11 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
P1 AG1 AC1 AK1 BD1 BE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50  
SF1 CG1  
=====> 51=====> 61

:  
01 B1 E1 F1 G1 I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
11 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
P1 BP1 BQ1 BS1 CH1  
=====> 34=====> 44=====> 45=====> 46=====> 61

:  
01 B1 E1 F1 G1 I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
11 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
P1 AG1 AC1 AK1 CE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50

CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	18.000	6.0000	24.000	18.000
3	BY1	0	42.000	12.000	54.000	42.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	17.000	24.000	29.000	5.0000
6	E1	16.000	16.000	20.000	20.000	Critical
7	F1	20.000	20.000	29.000	29.000	Critical
8	DA1	24.000	29.000	24.000	29.000	5.0000
9	T1	24.000	84.000	30.000	90.000	60.000
10	G1	29.000	29.000	38.000	38.000	Critical
11	I1	38.000	38.000	47.000	47.000	Critical
12	M1	47.000	47.000	59.000	59.000	Critical
13	BZ1	47.000	102.00	53.000	108.00	55.000
14	AD1	59.000	93.000	65.000	99.000	34.000

CPM Analysis for ruko21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	59.000	105.00	65.000	111.00	46.000
16	DB1	59.000	90.000	59.000	90.000	31.000
17	J1	59.000	59.000	68.000	68.000	Critical
18	Z1	65.000	99.000	77.000	111.00	34.000
19	AL1	65.000	117.00	71.000	123.00	52.000
20	AH1	77.000	111.00	89.000	123.00	34.000
21	AM1	89.000	123.00	95.000	129.00	34.000
22	Q1	59.000	90.000	65.000	96.000	31.000
23	U1	59.000	90.000	71.000	102.00	31.000
24	DC1	68.000	108.00	68.000	108.00	40.000
25	N1	68.000	68.000	80.000	80.000	Critical
26	CA1	68.000	108.00	74.000	114.00	40.000
27	AE1	80.000	99.000	86.000	105.00	19.000
28	W1	80.000	111.00	86.000	117.00	31.000

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	80.000	96.000	80.000	96.000	16.000
30	K1	80.000	80.000	89.000	89.000	Critical
31	AA1	86.000	105.00	98.000	117.00	19.000
32	BG1	86.000	123.00	92.000	129.00	37.000
33	AI1	98.000	117.00	110.00	129.00	19.000
34	AN1	110.00	129.00	116.00	135.00	19.000
35	BK1	80.000	96.000	86.000	102.00	16.000
36	R1	80.000	102.00	86.000	108.00	22.000
37	AP1	86.000	102.00	98.000	114.00	16.000
38	AZ1	86.000	108.00	92.000	114.00	22.000
39	AT1	98.000	114.00	110.00	126.00	16.000
40	DE1	89.000	114.00	89.000	114.00	25.000
41	O1	89.000	89.000	101.00	101.00	Critical
42	CB1	89.000	114.00	95.000	120.00	25.000

CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	101.00	105.00	107.00	111.00	4.0000
44	X1	101.00	117.00	107.00	123.00	16.000
45	DF1	101.00	108.00	101.00	108.00	7.0000
46	L1	101.00	101.00	110.00	110.00	
47	AB1	107.00	111.00	119.00	123.00	4.0000
48	BH1	107.00	129.00	113.00	135.00	22.000
49	AJ1	119.00	123.00	131.00	135.00	4.0000
50	AO1	131.00	135.00	137.00	141.00	4.0000
51	BL1	101.00	108.00	107.00	114.00	7.0000
52	S1	101.00	114.00	107.00	120.00	13.000
53	AQ1	107.00	114.00	119.00	126.00	7.0000
54	BA1	107.00	120.00	113.00	126.00	13.000
55	AU1	119.00	126.00	131.00	138.00	7.0000
56	DG1	110.00	120.00	110.00	120.00	10.000

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	110.00	110.00	116.00	116.00	Critical
58	CC1	110.00	120.00	116.00	126.00	10.000
59	AG1	116.00	116.00	120.00	120.00	Critical
60	Y1	116.00	123.00	122.00	129.00	7.0000
61	DH1	116.00	120.00	116.00	120.00	4.0000
62	BP1	116.00	116.00	128.00	128.00	Critical
63	BR1	116.00	120.00	128.00	132.00	4.0000
64	AC1	120.00	120.00	129.00	129.00	Critical
65	BI1	120.00	135.00	126.00	141.00	15.000
66	AK1	129.00	129.00	141.00	141.00	Critical
67	BD1	141.00	141.00	145.00	145.00	Critical
68	CE1	141.00	141.00	162.00	162.00	Critical
69	BM1	116.00	120.00	122.00	126.00	4.0000
70	BO1	116.00	156.00	122.00	162.00	40.000

Completion time = 162 Total cost = 1206338

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	ARI	122.00	126.00	134.00	138.00	4.0000
72	BB1	122.00	132.00	128.00	138.00	10.000
73	AV1	134.00	138.00	146.00	150.00	4.0000
74	AS1	128.00	138.00	140.00	150.00	10.000
75	AW1	146.00	150.00	158.00	162.00	4.0000
76	CD1	116.00	126.00	152.00	162.00	10.000
77	BQ1	128.00	128.00	137.00	137.00	Critical
78	BS1	137.00	137.00	149.00	149.00	Critical
79	BC1	137.00	150.00	149.00	162.00	13.000
80	CH1	149.00	149.00	162.00	162.00	Critical
81	BT1	128.00	132.00	140.00	144.00	4.0000
82	CF1	140.00	144.00	158.00	162.00	4.0000
83	BE1	145.00	145.00	149.00	149.00	Critical
84	BF1	149.00	149.00	153.00	153.00	Critical

Completion time = 162 Total cost = 1206338

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	153.00	153.00	162.00	162.00	Critical
86	C1	6.0000	24.000	12.000	30.000	18.000
87	BU1	12.000	30.000	18.000	36.000	18.000
88	BV1	18.000	36.000	36.000	54.000	18.000
89	DJ1	36.000	54.000	36.000	54.000	18.000
90	BW1	36.000	60.000	54.000	78.000	24.000
91	BX1	36.000	54.000	60.000	78.000	18.000
92	AX1	60.000	78.000	96.000	114.00	18.000
93	AY1	96.000	114.00	120.00	138.00	18.000
94	BJ1	120.00	138.00	132.00	150.00	18.000
95	BN1	132.00	150.00	144.00	162.00	18.000

is crash: To reduce 39 time unit(s).

tion time without crashing for ruko21 is 198

[4]

n activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8  
n activity E1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 765  
n activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290  
n activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249  
n activity I1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 360  
n activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
n activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
n activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162  
n activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 48.234  
n activity AC1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 500  
n activity AK1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 1086.9  
n activity BD1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 289  
n activity CE1 9 time unit(s) New duration = 21 Incremental cost = 1572  
n activity BQ1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 1556  
n activity BS1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 3271  
n activity CH1 5 time unit(s) New duration = 13 Incremental cost = 397  
n activity BE1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 353.299  
n activity BF1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 77.4799  
n activity CG1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 151.10  
al paths for ruko21 with completion time = 159 Total cost = 1210696

:

```
B1          E1          F1          G1          I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
      J1          N1          K1          O1          L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
      AG1         AC1         AK1         BD1         BE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50  
      1           CG1  
=====> 51=====> 61
```

:

```
B1          E1          F1          G1          I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
      J1          N1          K1          O1          L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
      BP1         BQ1         BS1         CH1  
=====> 34=====> 44=====> 45=====> 46=====> 61
```

:

```
B1          E1          F1          G1          I1  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
      J1          N1          K1          O1          L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
      AG1         AC1         AK1         CE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61
```

## CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	12.000	12.000	Critical
2	A1	0	15.000	6.0000	21.000	15.000
3	BY1	0	39.000	12.000	51.000	39.000
4	B1	12.000	12.000	16.000	16.000	Critical
5	H1	12.000	17.000	24.000	29.000	5.0000
6	E1	16.000	16.000	20.000	20.000	Critical
7	F1	20.000	20.000	29.000	29.000	Critical
8	DA1	24.000	29.000	24.000	29.000	5.0000
9	T1	24.000	81.000	30.000	87.000	57.000
10	G1	29.000	29.000	38.000	38.000	Critical
11	I1	38.000	38.000	47.000	47.000	Critical
12	M1	47.000	47.000	59.000	59.000	Critical
13	BZ1	47.000	99.000	53.000	105.00	52.000
14	AD1	59.000	90.000	65.000	96.000	31.000
		Completion time = 159 Total cost = 1210696				

## CPM Analysis for ruko21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	59.000	102.00	65.000	108.00	43.000
16	DB1	59.000	87.000	59.000	87.000	28.000
17	J1	59.000	59.000	68.000	68.000	Critical
18	Z1	65.000	96.000	77.000	108.00	31.000
19	AL1	65.000	114.00	71.000	120.00	49.000
20	AH1	77.000	108.00	89.000	120.00	31.000
21	AM1	89.000	120.00	95.000	126.00	31.000
22	Q1	59.000	87.000	65.000	93.000	28.000
23	U1	59.000	87.000	71.000	99.000	28.000
24	DC1	68.000	105.00	68.000	105.00	37.000
25	N1	68.000	68.000	80.000	80.000	Critical
26	CA1	68.000	105.00	74.000	111.00	37.000
27	AE1	80.000	96.000	86.000	102.00	16.000
28	W1	80.000	108.00	86.000	114.00	28.000
		Completion time = 159 Total cost = 1210696				

CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	80.000	93.000	80.000	93.000	13.000
30	K1	80.000	80.000	89.000	89.000	Critical
31	AA1	86.000	102.00	98.000	114.00	16.000
32	BG1	86.000	120.00	92.000	126.00	34.000
33	AI1	98.000	114.00	110.00	126.00	16.000
34	AN1	110.00	126.00	116.00	132.00	16.000
35	BK1	80.000	93.000	86.000	99.000	13.000
36	R1	80.000	99.000	86.000	105.00	19.000
37	AP1	86.000	99.000	98.000	111.00	13.000
38	AZ1	86.000	105.00	92.000	111.00	19.000
39	AT1	98.000	111.00	110.00	123.00	13.000
40	DE1	89.000	111.00	89.000	111.00	22.000
41	O1	89.000	89.000	101.00	101.00	Critical
42	CB1	89.000	111.00	95.000	117.00	22.000

Completion time = 159 Total cost = 1210696

CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	101.00	102.00	107.00	108.00	1.0000
44	X1	101.00	114.00	107.00	120.00	13.000
45	DF1	101.00	105.00	101.00	105.00	4.0000
46	L1	101.00	101.00	110.00	110.00	Critical
47	AB1	107.00	108.00	119.00	120.00	1.0000
48	BH1	107.00	126.00	113.00	132.00	19.000
49	AJ1	119.00	120.00	131.00	132.00	1.0000
50	AO1	131.00	132.00	137.00	138.00	1.0000
51	BL1	101.00	105.00	107.00	111.00	4.0000
52	S1	101.00	111.00	107.00	117.00	10.000
53	AQ1	107.00	111.00	119.00	123.00	4.0000
54	BA1	107.00	117.00	113.00	123.00	10.000
55	AU1	119.00	123.00	131.00	135.00	4.0000
56	DG1	110.00	117.00	110.00	117.00	7.0000

Completion time = 159 Total cost = 1210696

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	110.00	110.00	116.00	116.00	Critical
58	CC1	110.00	117.00	116.00	123.00	7.0000
59	AG1	116.00	116.00	120.00	120.00	Critical
60	Y1	116.00	123.00	122.00	129.00	7.0000
61	DH1	116.00	117.00	116.00	117.00	1.0000
62	BP1	116.00	116.00	128.00	128.00	Critical
63	BR1	116.00	117.00	128.00	129.00	1.0000
64	AC1	120.00	120.00	129.00	129.00	Critical
65	BI1	120.00	132.00	126.00	138.00	12.000
66	AK1	129.00	129.00	138.00	138.00	Critical
67	BD1	138.00	138.00	142.00	142.00	Critical
68	CE1	138.00	138.00	159.00	159.00	Critical
69	BM1	116.00	117.00	122.00	123.00	1.0000
70	BO1	116.00	153.00	122.00	159.00	37.000

Completion time = 159      Total cost = 1210696

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	122.00	123.00	134.00	135.00	1.0000
72	BB1	122.00	129.00	128.00	135.00	7.0000
73	AV1	134.00	135.00	146.00	147.00	1.0000
74	AS1	128.00	135.00	140.00	147.00	7.0000
75	AW1	146.00	147.00	158.00	159.00	1.0000
76	CD1	116.00	123.00	152.00	159.00	7.0000
77	BQ1	128.00	128.00	137.00	137.00	Critical
78	BS1	137.00	137.00	146.00	146.00	Critical
79	BC1	137.00	147.00	149.00	159.00	10.000
80	CH1	146.00	146.00	159.00	159.00	Critical
81	BT1	128.00	129.00	140.00	141.00	1.0000
82	CF1	140.00	141.00	158.00	159.00	1.0000
83	BE1	142.00	142.00	146.00	146.00	Critical
84	BF1	146.00	146.00	150.00	150.00	Critical

Completion time = 159      Total cost = 1210696

## CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	150.00	150.00	159.00	159.00	Critical
86	C1	6.0000	21.000	12.000	27.000	15.000
87	BU1	12.000	27.000	18.000	33.000	15.000
88	BV1	18.000	33.000	36.000	51.000	15.000
89	DJ1	36.000	51.000	36.000	51.000	15.000
90	BW1	36.000	57.000	54.000	75.000	21.000
91	BX1	36.000	51.000	60.000	75.000	15.000
92	AX1	60.000	75.000	96.000	111.00	15.000
93	AY1	96.000	111.00	120.00	135.00	15.000
94	BJ1	120.00	135.00	132.00	147.00	15.000
95	BN1	132.00	147.00	144.00	159.00	15.000

Completion time = 159 Total cost = 1210696

is crash: To reduce 53 time unit(s).

146

tion time without crashing for ruko21 is 198

n activity D1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 10210  
n activity B1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 172.8  
n activity E1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 765  
n activity F1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 290  
n activity G1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 249  
n activity I1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 360  
n activity M1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 44460  
n activity J1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
n activity N1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 45016  
n activity K1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 306  
n activity O1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 45016  
activity AF1 1 time unit(s) New duration = 5 Incremental cost =  
98  
  
activity L1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 162  
activity P1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
67  
  
activity AG1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
01  
  
activity AC1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 500  
activity AK1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 1086.9  
  
activity BD1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost = 289  
activity CE1 9 time unit(s) New duration = 21 Incremental cost = 1572  
activity BQ1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 1556  
activity BS1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost = 3271  
activity CH1 5 time unit(s) New duration = 13 Incremental cost = 397  
activity BE1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
8  
  
activity BF1 2 time unit(s) New duration = 4 Incremental cost =  
8  
  
activity CG1 3 time unit(s) New duration = 9 Incremental cost =  
1  
  
paths for ruko21 with completion time = 145 Total cost = 1380137

1 :

D1 B1 E1 F1 G1 I1 147  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
M1 J1 N1 K1 O1 AF1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 26  
AB1 AJ1 AO1 BD1 BE1 BF1  
=====> 27=====> 28=====> 37=====> 49=====> 50=====> 51  
CG1  
=====> 61

2 :

D1 B1 E1 F1 G1 I1 8  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
M1 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
P1 AG1 AC1 AK1 BD1 BE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 49=====> 50  
BF1 CG1  
=====> 51=====> 61

3 :

D1 B1 E1 F1 G1 I1 8  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
M1 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
P1 BP1 BQ1 BS1 CH1  
=====> 34=====> 44=====> 45=====> 46=====> 61

4 :

D1 B1 E1 F1 G1 I1 8  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
M1 J1 N1 K1 O1 AF1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 26  
B1 AJ1 AO1 CE1  
=====> 27=====> 28=====> 37=====> 61

5 :

1 B1 E1 F1 G1 I1 8  
=====> 2=====> 3=====> 4=====> 6=====> 7=====> 8  
1 J1 N1 K1 O1 L1  
=====> 9=====> 14=====> 16=====> 23=====> 25=====> 32  
1 AG1 AC1 AK1 CE1  
=====> 34=====> 35=====> 36=====> 37=====> 61

## CPM Analysis for ruko21 Page 1

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
1	D1	0	0	9.0000	9.0000	Critical
2	A1	0	1.0000	6.0000	7.0000	1.0000
3	BY1	0	25.000	12.000	37.000	25.000
4	B1	9.0000	9.0000	13.000	13.000	Critical
5	H1	9.0000	14.000	21.000	26.000	5.0000
6	E1	13.000	13.000	17.000	17.000	Critical
7	F1	17.000	17.000	26.000	26.000	Critical
8	DA1	21.000	26.000	21.000	26.000	5.0000
9	T1	21.000	67.000	27.000	73.000	46.000
10	G1	26.000	26.000	35.000	35.000	Critical
11	I1	35.000	35.000	44.000	44.000	Critical
12	M1	44.000	44.000	53.000	53.000	Critical
13	BZ1	44.000	85.000	50.000	91.000	41.000
14	AD1	53.000	76.000	59.000	82.000	23.000

Completion time = 145 Total cost = 1380137

## CPM Analysis for ruko21 Page 2

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
15	V1	53.000	88.000	59.000	94.000	35.000
16	DB1	53.000	73.000	53.000	73.000	20.000
17	J1	53.000	53.000	62.000	62.000	Critical
18	Z1	59.000	82.000	71.000	94.000	23.000
19	AL1	59.000	100.00	65.000	106.00	41.000
20	AH1	71.000	94.000	83.000	106.00	23.000
21	AM1	83.000	106.00	89.000	112.00	23.000
22	Q1	53.000	73.000	59.000	79.000	20.000
23	U1	53.000	73.000	65.000	85.000	20.000
24	DC1	62.000	91.000	62.000	91.000	29.000
25	N1	62.000	62.000	71.000	71.000	Critical
26	CA1	62.000	91.000	68.000	97.000	29.000
27	AE1	71.000	82.000	77.000	88.000	11.000
28	W1	71.000	94.000	77.000	100.00	23.000

Completion time = 145 Total cost = 1380137

## CPM Analysis for ruko21 Page 3

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
29	DD1	71.000	79.000	71.000	79.000	8.0000
30	K1	71.000	71.000	80.000	80.000	Critical
31	AA1	77.000	88.000	89.000	100.00	11.000
32	BG1	77.000	106.00	83.000	112.00	29.000
33	AI1	89.000	100.00	101.00	112.00	11.000
34	AN1	101.00	112.00	107.00	118.00	11.000
35	BK1	71.000	79.000	77.000	85.000	8.0000
36	R1	71.000	85.000	77.000	91.000	14.000
37	AP1	77.000	85.000	89.000	97.000	8.0000
38	AZ1	77.000	91.000	83.000	97.000	14.000
39	AT1	89.000	97.000	101.00	109.00	8.0000
40	DE1	80.000	97.000	80.000	97.000	17.000
41	O1	80.000	80.000	89.000	89.000	Critical
42	CB1	80.000	97.000	86.000	103.00	17.000

Completion time = 145 Total cost = 1380137

## CPM Analysis for ruko21 Page 4

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
43	AF1	89.000	89.000	94.000	94.000	Critical
44	X1	89.000	100.00	95.000	106.00	11.000
45	DF1	89.000	91.000	89.000	91.000	2.0000
46	L1	89.000	89.000	98.000	98.000	Critical
47	AB1	94.000	94.000	106.00	106.00	Critical
48	BH1	94.000	112.00	100.00	118.00	18.000
49	AJ1	106.00	106.00	118.00	118.00	Critical
50	AO1	118.00	118.00	124.00	124.00	Critical
51	BL1	89.000	91.000	95.000	97.000	2.0000
52	S1	89.000	97.000	95.000	103.00	8.0000
53	AQ1	95.000	97.000	107.00	109.00	2.0000
54	BA1	95.000	103.00	101.00	109.00	8.0000
55	AU1	107.00	109.00	119.00	121.00	2.0000
56	DG1	98.000	103.00	98.000	103.00	5.0000

Completion time = 145 Total cost = 1380137

## CPM Analysis for ruko21 Page 5

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
57	P1	98.000	98.000	102.00	102.00	Critical
58	CC1	98.000	103.00	104.00	109.00	5.0000
59	AG1	102.00	102.00	106.00	106.00	Critical
60	Y1	102.00	109.00	108.00	115.00	7.0000
61	DH1	102.00	103.00	102.00	103.00	1.0000
62	BP1	102.00	102.00	114.00	114.00	Critical
63	BR1	102.00	103.00	114.00	115.00	1.0000
64	AC1	106.00	106.00	115.00	115.00	Critical
65	BI1	106.00	118.00	112.00	124.00	12.000
66	AK1	115.00	115.00	124.00	124.00	Critical
67	BD1	124.00	124.00	128.00	128.00	Critical
68	CE1	124.00	124.00	145.00	145.00	Critical
69	BM1	102.00	103.00	108.00	109.00	1.0000
70	BO1	102.00	139.00	108.00	145.00	37.000

Completion time = 145 Total cost = 1380137

## CPM Analysis for ruko21 Page 6

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
71	AR1	108.00	109.00	120.00	121.00	1.0000
72	BB1	108.00	115.00	114.00	121.00	7.0000
73	AV1	120.00	121.00	132.00	133.00	1.0000
74	AS1	114.00	121.00	126.00	133.00	7.0000
75	AW1	132.00	133.00	144.00	145.00	1.0000
76	CD1	104.00	109.00	140.00	145.00	5.0000
77	BQ1	114.00	114.00	123.00	123.00	Critical
78	BS1	123.00	123.00	132.00	132.00	Critical
79	BC1	123.00	133.00	135.00	145.00	10.000
80	CH1	132.00	132.00	145.00	145.00	Critical
81	BT1	114.00	115.00	126.00	127.00	1.0000
82	CF1	126.00	127.00	144.00	145.00	1.0000
83	BE1	128.00	128.00	132.00	132.00	Critical
84	BF1	132.00	132.00	136.00	136.00	Critical

Completion time = 145 Total cost = 1380137

CPM Analysis for ruko21 Page 7

Activity Number	Activity Name	Earliest Start	Latest Start	Earliest Finish	Latest Finish	Slack LS-ES
85	CG1	136.00	136.00	145.00	145.00	Critical
86	C1	6.0000	7.0000	12.000	13.000	1.0000
87	BU1	12.000	13.000	18.000	19.000	1.0000
88	BV1	18.000	19.000	36.000	37.000	1.0000
89	DJ1	36.000	37.000	36.000	37.000	1.0000
90	BW1	36.000	43.000	54.000	61.000	7.0000
91	BX1	36.000	37.000	60.000	61.000	1.0000
92	AX1	60.000	61.000	96.000	97.000	1.0000
93	AY1	96.000	97.000	120.00	121.00	1.0000
94	BJ1	120.00	121.00	132.00	133.00	1.0000
95	BN1	132.00	133.00	144.00	145.00	1.0000

Completion time = 145 Total cost = 1380137