



## **PENERAPAN METODE CRASHING PROYEK PEMBANGUNAN ELIZABETH BUILDING RS. SANTO BORROMEUS PAKET 1 BANDUNG**

Vincensius Palma Ragajiwandana Handri Putra, Arief Andriansyah, M. Agung Wibowo<sup>\*)</sup>,  
Bambang Pudjiyanto<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### **ABSTRAK**

*Sistem penjadwalan proyek merupakan hal yang sangat penting dalam suatu pelaksanaan proyek konstruksi. Untuk menciptakan pelaksanaan proyek konstruksi yang efektif dan efisien, berbagai macam hal harus direncanakan dengan baik. Pada perencanaan pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo borromeous paket 1 di Bandung ini, penulis bermaksud untuk melakukan simulasi percepatan durasi proyek dengan memperhitungkan pula besarnya biaya proyek yang dikeluarkan. Penulis menerapkan metode crashing untuk melakukan simulasi percepatan proyek tersebut. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis menggunakan beberapa sumber data, yaitu kurva S rencana, rencana anggaran biaya (RAB), shop drawing proyek, dan hasil wawancara dengan para ahli. Adapun metode penelitian yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah dengan merancang jaringan kerja (network planning), menghitung jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, menghitung biaya langsung (direct cost) dan biaya tidak langsung (indirect cost) pada setiap kegiatan yang berubah akibat perubahan durasi pelaksanaan, percepatan durasi pelaksanaan setiap heading pekerjaan, perhitungan cost slope, dan penentuan biaya dan durasi optimum akibat penerapan metode crashing. Hasil akhir pada proyek Pembangunan Elizabeth Building RS. Santo Borromeous paket 1 Bandung, proses crashing dilakukan dalam 2 skenario yang di dalamnya masing – masing dilakukan 11 kali simulasi. Berdasarkan grafik hubungan antara waktu dan biaya, didapat durasi yang paling optimal, yaitu durasi dengan biaya total yang minimal yaitu pada durasi total proyek 259 hari yaitu pada Crashing 10 terjadi pada pekerjaan struktur lantai 1 dengan nilai cost slope yaitu sebesar Rp.1.861.065,00 per hari. Pemendekan durasi pada Pekerjaan Struktur Lantai 1 sebesar 7 hari, dari durasi normal Pekerjaan Struktur Lantai 1 sebesar 77 hari menjadi 70 hari. Hal ini menyebabkan adanya perubahan biaya langsung (direct cost) durasi normal dari Rp.46.892.151.077,89 bertambah sebesar Rp.117.521.520,00 menjadi Rp.47.009.672.594,89, perubahan biaya tidak langsung (indirect cost) durasi normal dari Rp.1.484.832.000,00 berkurang sebesar Rp.428.316.923,00 menjadi Rp.1.056.515.077,00 serta perubahan biaya total cost durasi normal dari Rp.48.376.983.077,89 berkurang sebesar Rp.310.795.400,00 menjadi Rp.48.066.187.671,89. Perubahan biaya proyek terhadap biaya total proyek yaitu sebesar  $\pm 0,64\%$ .*

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

**kata kunci :** *metode crash program, analisa cost slope, waktu dan biaya optimal.*

### **ABSTRACT**

*Project scheduling system is of great importance in the implementation of construction project. To create an effective implementation of construction projects and efficient, all sorts of things should be well planned. In planning the construction of St. Elizabeth Hospital Building borromeous package 1 in Bandung , the author intends to carry out the project duration by accelerating simulation takes into account the magnitude of the project costs incurred. Authors applied the method to simulate the acceleration of crashing the project. In completing this final project, the authors use multiple sources of data, namely the curve S plan, budget plan (RAB), shop drawings projects, and interviews with experts. The research methods used in the final project is to design a network (network planning), calculate the amount of labor required, calculate the costs (direct costs) and indirect costs (indirect costs) on any activity that changes due to changes in the duration of implementation, acceleration duration of the implementation of each heading of work, calculation of cost slope, and the determination of cost and optimum duration of crashing as a result of the application of the method .Final results on Elizabeth Building Development projects RS . Santo Borromeous package 1 Bandung, crashing process is done in two scenarios in which each - each carried 11 times simulation. Based on the graph the relationship between time and cost, obtain the most optimal duration, ie the duration of the minimum total cost is the total project duration of 259 days on the job Crashing 10 occurred in the 1st floor with a slope that is equal to the value of cost Rp.1,861,065.00 per days. Shortening the duration of the Structural Work Level 1 for 7 days, from the normal duration Structural Work Level 1 by 77 days to 70 days . This causes a change in direct costs (direct costs) the normal duration of Rp.46.892.151.077, 89 increased by Rp.117.521.52, be Rp.47.009.672.594.89 , changes in indirect costs (indirect costs) the normal duration of Rp.1,484 .832.000,00 reduced by Rp.428.316.923,00 to Rp. 1,056,515,077.00 and the total cost of the changes from the normal duration of the cost Rp.48.376.983.077,89, reduced by Rp.310.795.400 becomes Rp.48.066.187.677,89. Changes in the cost of the total project cost of the project is equal to  $\pm 0.64 \%$  .*

**keywords:** *method of program crashes, the slope of the cost analysis, the optimum time and cost.*

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Pertumbuhan populasi masyarakat semakin meningkat pesat. Semakin tingginya tingkat populasi masyarakat tersebut, menyebabkan tingkat kebutuhan masyarakat akan berbagai macam hal pun meningkat. Fenomena tersebut tentunya menimbulkan banyak permasalahan yang timbul di kalangan masyarakat, antara lain semakin besarnya jumlah masyarakat yang menderita penyakit. Tentunya hal tersebut dapat menghambat aktivitas masyarakat dalam kehidupan sehari – hari.

Oleh karena itu, untuk menghadapi permasalahan tersebut, perlu disediakan sarana prasarana yang bertugas melayani masyarakat umum di bidang kesehatan.Salah satunya

adalah ketersediaan rumah sakit yang berada di sekitar masyarakat. Untuk lebih mengabdikan dirinya dalam melayani kebutuhan masyarakat di bidang kesehatan dan medis, maka Perkumpulan Perhimpunan Santo Borromeus berinisiatif menambah unit bangunan rumah sakit guna mengobati masyarakat yang sedang sakit atau lainnya yang membutuhkan pertolongan di bidang medis. Guna merealisasikan rencana tersebut, maka dalam hal ini Yayasan Rumah Sakit Santo Borromeus selaku pihak owner mempercayakan proyek pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeus paket 1 Bandung kepada PT. Adhi Karya (Persero Tbk) sebagai kontraktor pelaksana. Dengan lokasi yang strategis dan dekat pusat kota, yaitu berada di jalan Ir Juanda no 100 Bandung, diharapkan dapat melayani masyarakat sekitar dengan baik. Proyek ini dimulai sekitar bulan September 2012 dan dijadwalkan selesai pada bulan Mei 2013 (pekerjaan struktur).

Pekerjaan konstruksi tersebut berada di lingkungan rumah sakit yang notabene terdapat banyak pasien yang membutuhkan ketenangan dan kenyamanan sewaktu menjalani masa perawatan tentunya pekerjaan tersebut sangat mengganggu. Untuk itu sebisa mungkin pekerjaan dilakukan dalam waktu yang singkat dan meminimalisir timbulnya dampak polusi baik suara maupun udara. Selain itu, proses mobilisasi dan pengangkutan material keluar masuk lingkungan proyek yang menghambat kelancaran transportasi di lingkungan sekitar dan membuat kotor lingkungan sekitar juga menjadi penyebab supaya pelaksanaan proyek tersebut harus dilaksanakan dalam waktu yang lebih singkat. Pada pelaksanaan pekerjaan struktur proyek pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeus paket 1 Bandung, bisa dilakukan dalam waktu yang lebih singkat dan efisien dari waktu awal yang direncanakan. Dengan pelaksanaan proyek konstruksi yang lebih cepat dan efisien, maka banyak manfaat yang bisa stakeholder ambil. Dalam usaha mempercepat pelaksanaan proyek konstruksi tersebut, kita perlu memperhatikan beberapa aspek, salah satunya aspek biaya. Kita juga harus mempergunakan biaya yang telah ditentukan dalam kontrak perjanjian proyek seefisien mungkin karena dalam usaha mempercepat pelaksanaan proyek konstruksi tersebut, tentunya akan terjadi pembengkakan pengeluaran. Dewasa ini, pertumbuhan populasi masyarakat semakin meningkat pesat. Semakin tingginya tingkat populasi masyarakat tersebut, menyebabkan tingkat kebutuhan masyarakat akan berbagai macam hal pun meningkat. Fenomena tersebut tentunya menimbulkan banyak permasalahan yang timbul di kalangan masyarakat, antara lain semakin besarnya jumlah masyarakat yang menderita penyakit. Tentunya hal tersebut dapat menghambat aktivitas masyarakat dalam kehidupan sehari – hari.

Oleh karena itu, untuk menghadapi permasalahan tersebut, perlu disediakan sarana prasarana yang bertugas melayani masyarakat umum di bidang kesehatan. Salah satunya adalah ketersediaan rumah sakit yang berada di sekitar masyarakat. Untuk lebih mengabdikan dirinya dalam melayani kebutuhan masyarakat di bidang kesehatan dan medis, maka Perkumpulan Perhimpunan Santo Borromeus berinisiatif menambah unit bangunan rumah sakit guna mengobati masyarakat yang sedang sakit atau lainnya yang membutuhkan pertolongan di bidang medis. Guna merealisasikan rencana tersebut, maka dalam hal ini Yayasan Rumah Sakit Santo Borromeus selaku pihak owner mempercayakan proyek pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeus paket 1 Bandung kepada PT. Adhi Karya (Persero Tbk) sebagai kontraktor pelaksana. Dengan lokasi yang strategis dan dekat pusat kota, yaitu berada di jalan Ir Juanda no 100 Bandung, diharapkan dapat melayani masyarakat sekitar dengan baik. Proyek ini dimulai sekitar bulan September 2012 dan dijadwalkan selesai pada bulan Mei 2013 (pekerjaan struktur).

Karena pekerjaan konstruksi tersebut berada di lingkungan rumah sakit yang notabene terdapat banyak pasien yang membutuhkan ketenangan dan kenyamanan sewaktu menjalani masa perawatan tentunya pekerjaan tersebut sangat mengganggu. Untuk itu sebisa mungkin pekerjaan dilakukan dalam waktu yang singkat dan meminimalisir timbulnya dampak polusi baik suara maupun udara. Selain itu, proses mobilisasi dan pengangkutan material keluar masuk lingkungan proyek yang menghambat kelancaran transportasi di lingkungan sekitar dan membuat kotor lingkungan sekitar juga menjadi penyebab supaya pelaksanaan proyek tersebut harus dilaksanakan dalam waktu yang lebih singkat. Pada pelaksanaan pekerjaan struktur proyek pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeus paket 1 Bandung, bisa dilakukan dalam waktu yang lebih singkat dan efisien dari waktu awal yang direncanakan. Dengan pelaksanaan proyek konstruksi yang lebih cepat dan efisien, maka banyak manfaat yang bisa stakeholder ambil. Dalam usaha mempercepat pelaksanaan proyek konstruksi tersebut, kita perlu memperhatikan beberapa aspek, salah satunya aspek biaya. Kita juga harus mempergunakan biaya yang telah ditentukan dalam kontrak perjanjian proyek seefisien mungkin karena dalam usaha mempercepat pelaksanaan proyek konstruksi tersebut, tentunya akan terjadi pembengkakan pengeluaran.

### **Maksud dan Tujuan**

1. Membandingkan durasi waktu pelaksanaan proyek konstruksi yang tercantum dalam dokumen kontrak perjanjian dengan durasi pelaksanaan proyek konstruksi yang direncanakan menggunakan metode *crashing*.
2. Membandingkan besarnya Rencana Anggaran Biaya yang ada di dokumen proyek dengan Rencana Anggaran Biaya dengan menggunakan metode *crashing*.
3. Membandingkan jumlah tenaga kerja pada durasi normal proyek dengan jumlah tenaga kerja pada saat durasi optimum proyek.

### **Batasan Penelitian**

1. Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Elizabeth Building RS. Santo Borromeus paket 1 Bandung yaitu meliputi pekerjaan tanah dan pekerjaan struktur secara umum.
2. Penjadwalan proyek dengan menyusun jaringan kerja dengan metode CPM (*Critical Path Method*).
3. Pengoptimasian waktu dan biaya pada jaringan kerja dengan menggunakan metode *crash program*. Yaitu dengan penambahan jumlah tenaga kerja dan alat berat proyek yang juga disesuaikan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada proyek.

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis mencoba menganalisis penjadwalan ulang (*rescheduling*) suatu proyek dengan menggunakan CPM. Adapun tahap – tahapnya antara lain :

**TAHAP I.** Data sekunder yang berupa data pekerjaan proyek, akan diidentifikasi dan diuraikan menjadi komponen yang lebih kecil (*work breakingdown structure*), untuk mendapatkankerincian yang lebih tinggi. Semakin rinci kegiatan maka semakin rinci pula

hubungannya dengan kegiatan lain. Kemudian setelah itu dilanjutkan analisis jaringan kerja dengan metode CPM (*Critical Path Method*) yang akan digunakan untuk menganalisis jaringan kerja secara keseluruhan.

Tabel 1. *Work Breakdown Structure*

WORK BREAKDOWN STRUCTURE	
Pekerjaan Persiapan	
Pekerjaan Tanah	Cut Tanah dan Buangan ex Pengeboran Pemasangan Bouwplank Pengukuran dan Pematokan Urug Tanah Kembali dan Buang Tanah Sisa Galian Tanah Pondasi
Pekerjaan Pondasi	Urugan Pasir Lantai Kerja Pembuangan Tanah ex Pengeboran Keluar Site Soldier Pile Blok Pondasi Beton Pondasi Bore Pile Tie Beam
Pekerjaan Struktur Basement 2	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Balok Pekerjaan Retaining Wall Pekerjaan Plat Lantai Pekerjaan Struktur Tangga Pekerjaan Struktur Pit Pompa Pekerjaan Corner Guard Kolom Pekerjaan Floor Hardener
Pekerjaan Struktur Basement 1	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Balok Pekerjaan Retaining Wall Pekerjaan Plat Lantai 1 Pekerjaan Struktur tangga Pekerjaan Beton Cap Beam Pekerjaan Struktur Lift 1,2, dan 3 Pekerjaan Corner Guard Kolom Pekerjaan Floor Hardener
Pekerjaan Struktur Lantai 1	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Balok Pekerjaan Plat Lantai 2 Pekerjaan Struktur Tangga Type 1,2, dan 3 Pekerjaan Struktur Lift 1,2, 3 dan 4 dan Eskalator Pekerjaan Beton Potongan
Pekerjaan Struktur Lantai 2	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Balok Pekerjaan Plat Lantai 3 Pekerjaan Beton Potongan Pekerjaan Beton Sirip

	Pekerjaan Struktur Tangga Type 1,2, dan 3 Pekerjaan Struktur Lift 1,2, 3 dan 4
Pekerjaan Struktur Lantai 3	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Balok Pekerjaan Balok Ruang Service (Elv + 11,22) Pekerjaan Plat Beton Lantai 4 Pekerjaan Beton Potongan Pekerjaan Beton Sirip Pekerjaan Struktur Tangga Type 1,2, dan 3 Pekerjaan Struktur Lift 1,2, 3 dan 4
Pekerjaan Struktur Lantai 4	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Balok Pekerjaan Plat Beton Lantai 5 Pekerjaan Beton Potongan Pekerjaan Beton Sirip Pekerjaan Struktur Tangga Type 1,2, dan 3 Pekerjaan Struktur Lift 1,2, 3 dan 4
Pekerjaan Struktur Lantai 5	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Balok Pekerjaan Plat Beton Lantai 6 Pekerjaan Beton Potongan Pekerjaan Beton Sirip Pekerjaan Struktur Tangga Type 1,2, dan 3 Pekerjaan Struktur Lift 1,2, 3 dan 4
Pekerjaan Struktur Lantai 6	Pekerjaan Kolom Pekerjaan Ring Balok Pekerjaan Ring Balok (Elevasi +28,5 ) Pekerjaan Struktur Tangga Type 2 Pekerjaan Struktur Lift 1,3 dan 4 Plat Beton Lantai Atap Pekerjaan Beton Dudukan Ground Tank Pekerjaan Cor Lunak Lantai Kerja (t=100)
Pekerjaan Struktur Baja	
A.Entrance Utama Lantai 1	Pekerjaan Baja WF 600,500 & 200 Pekerjaan Baja Plat t = 20,16,12 & 20 Pekerjaan Erection Baja Pekerjaan Pengelasan Pekerjaan Zinkchromate Coating
B.Bangunan Utama Lantai 3	
B.1 Kuda - Kuda	Pekerjaan Baja WF 200 Pekerjaan Baja Plat t= 8 & 10 mm Pekerjaan Baja Siku 50.50.5 mm Pekerjaan Erection Kuda - Kuda Pekerjaan Pengelasan Pekerjaan Zinkchromate Coating
B.2.Gording	Pekerjaan Gording Channel 150.130.20.2 <sup>3</sup> Pekerjaan Erection Gording Pekerjaan Zinkchromate Coating

## Menganalisis jaringan kerja menggunakan metode CPM (Critical Path Method)

### Kegiatan Peristiwa dan Atribut

Dalam jaring kerja jenis ini, kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa (event), yaitu peristiwa I dan peristiwa j. Nama dan durasi kegiatan ditulis di atas dan di bawah anak panah. Ekor anak panah (titik i) sebagai awal kegiatan dan ujung panah (titik j) sebagai akhir kegiatan.



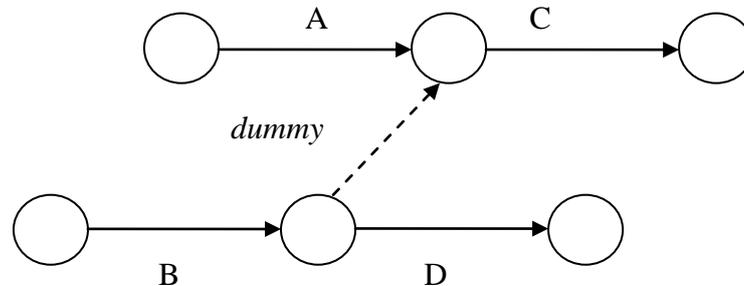
Gambar 1. Simbol yang Digunakan Jaringan Kerja

- Simbol peristiwa (*event*). Peristiwa menunjukkan titik waktu mulainya/selesainya kegiatan
- Simbol kegiatan (*activity*). Kegiatan membutuhkan jangka waktu (durasi)

### Kegiatan Semu (*Dummy Activity*)

Kegiatan semu ini merupakan kegiatan yang sebenarnya tidak ada atau fiktif, sehingga tidak memerlukan durasi (durasi = 0). Kegiatan ini digambarkan sebagai garis terputus dan diperlukan jika :

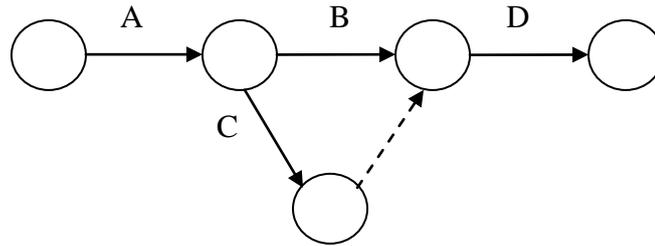
1. Dua kegiatan atau lebih didahului oleh satu atau lebih kegiatan yang sama, maka dummy diperlukan untuk menghubungkan kegiatan – kegiatan tersebut.



Gambar 2. Kegiatan *Dummy*

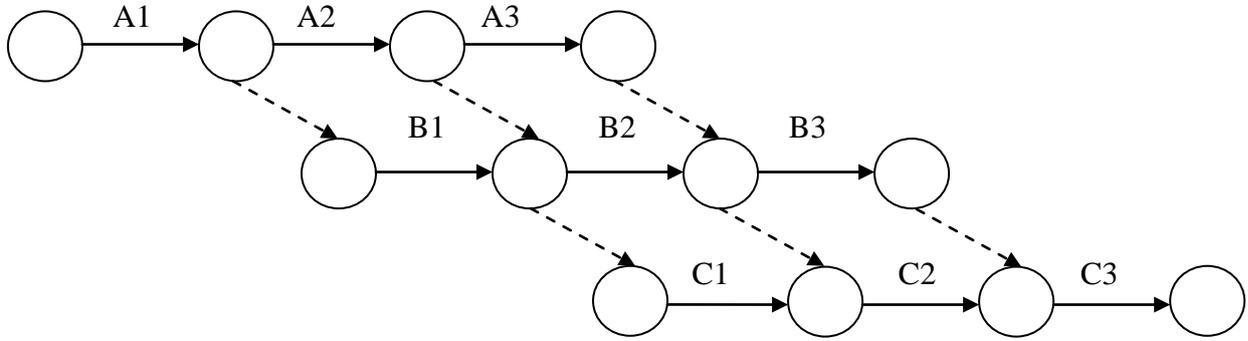
Kegiatan C didahului oleh kegiatan A dan B, sedangkan kegiatan B juga merupakan kegiatan yang mendahului D. maka kegiatan C baru dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai, sedangkan kegiatan D dapat dimulai setelah kegiatan B selesai. Kegiatan D tidak tergantung pada kegiatan A.

2. Dua atau lebih kegiatan didahului dan diikuti oleh kegiatan yang sama, maka dummy dibutuhkan untuk menghubungkan kedua kegiatan tersebut. Terlihat padagambar di bawah, kegiatan B dan C didahului dan diikuti oleh kegiatan yang sama, yaitu kegiatan A dan D.



Gambar 3. Kegiatan Dummy

3. Diagram tangga adalah jaringan kerja yang menggambarkan kegiatan – kegiatan yang dapat dipecah menjadi beberapa sub-kegiatan. Maksud dari dipecahnya kegiatan ini adalah untuk memungkinkan suatu kegiatan yang belum selesai 100% sudah dapat diikuti oleh kegiatan berikutnya. Misal, dalam pembangunan sebuah rumah, pekerjaan pondasi lajur sudah bisa dimulai tanpa menunggu pekerjaan galian tanah selesai 100%, demikian pula pekerjaan tembok bisa dimulai walau pondasi belum selesai 100%.



Gambar 4. Ladder diagram

Keterangan :

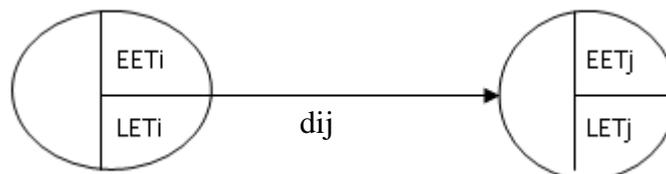
A1,A2,A3 : Pekerjaan galian tanah

B1,B2,B3 : Pekerjaan pondasi

C1,C2,C3 : Pekerjaan tembok

### Peristiwa Paling Awal ( EET) dan Peristiwa Paling Akhir (LET)

Peristiwa paling awal (EET-*Earliest Event Time*) atau waktu mulai tercepat adalah saat paling awal atau saat tercepat suatu peristiwa mungkin terjadi, dan tidak mungkin terjadi sebelumnya. Manfaat ditetapkannya saat paling awal (EET) suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling awal mulai melaksanakan kegiatan – kegiatan yang berasal dari peristiwa yang bersangkutan. Sedangkan peristiwa paling akhir (LET- *Latest Event Time*) atau waktu mulai paling akhir adalah saat paling akhir suatu peristiwa dapat terjadi, dan tidak mungkin terjadi sesudahnya. Manfaat ditetapkannya saat paling akhir (LET) suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling akhir atau paling lambat mulai melaksanakan kegiatan – kegiatan yang berasal dari peristiwa yang bersangkutan.



Gambar 5. Diagram AOA

Dimana :

EET<sub>i</sub> = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event i

LET<sub>i</sub> = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling lambat dari event i

d<sub>ij</sub> = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan j

EET<sub>j</sub> = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event j

LET<sub>j</sub> = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling lambat dari event j

### Hitungan Maju

Perhitungan maju untuk menghitung Earliest Event Time( EET )

$$EET_j = ( EET_i + d_{ij} ) \max$$

Dimana :

EET<sub>i</sub> = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event i

EET<sub>j</sub> = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event j

d<sub>ij</sub> = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

Prosedur menghitung waktu mulai tercepat (EET):

- Tentukan nomor dari peristiwa – peristiwa dari kiri ke kanan, mulai dari peristiwa nomor 1 berturut – turut sampai dengan nomor maksimal
- Tentukan nilai EET<sub>i</sub> untuk peristiwa nomor satu (paling kiri) sama dengan nol
- Selanjutnya dapat dihitung nilai EET<sub>j</sub> peristiwa – peristiwa berikutnya dengan rumus di atas. Apabila terdapat beberapa kegiatan (termasuk dummy) menuju atau dibatasi oleh peristiwa yang sama, maka diambil nilai EET<sub>j</sub> yang maksimum.

### Hitungan Mundur

Perhitungan mundur untuk menghitung Latest Event Time (LET)

$$LET_i = ( LET_j + d_{ij} ) \min$$

Dimana :

EET<sub>i</sub> = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event i

EET<sub>j</sub> = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event j

d<sub>ij</sub> = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

### Float Total, Float Bebas, dan Float Independent

*Float Total* (TF = *Total Float*) adalah jumlah waktu yang diperkenankan untuk suatu kegiatan boleh ditunda atau terlambat, tanpa mempengaruhi jadwal pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Wulfram (2004). Nilai *float total* suatu kegiatan sama dengan waktu paling akhir terjadinya peristiwa berikutnya (LET<sub>j</sub>) dikurangi durasi kegiatan yang bersangkutan (d<sub>ij</sub>), dikurangi waktu paling awal terjadinya peristiwa terdahulu (EET<sub>i</sub>).

$$TF = LET_j - EET_i - \text{Durasi (Event Oriented)}$$

Kegiatan – kegiatan yang memiliki nilai *float total* tertentu (tidak sama dengan nol), maka pelaksanaan kegiatan tersebut dalam jalur yang bersangkutan dapat ditunda atau diperpanjang sampai batas tertentu, yaitu sampai *float total* sama dengan nol, tanpa

mempengaruhi selesainya jadwal proyek secara keseluruhan. Dengan kata lain, kegiatan tersebut dapat ditunda pelaksanaannya selama sebesar nilai *float* tersebut.

Kegiatan – kegiatan yang mempunyai nilai *float* total sama dengan nol, berarti kegiatan tersebut tidak boleh ditunda pelaksanaannya atau terlambat sama sekali. Penundaan kegiatan yang mempunyai nilai *float* total sama dengan nol, akan menyebabkan keterlambatan pada waktu penyelesaian proyek. Kegiatan inilah yang disebut kegiatan kritis.

*Float* bebas ( $FF = Free\ Float$ ). *Float* bebas suatu kegiatan adalah jumlah waktu yang diperkenankan untuk suatu kegiatan boleh ditunda atau terlambat, tanpa mempengaruhi atau menyebabkan keterlambatan pada kegiatan berikutnya. Nilai *float* bebas suatu kegiatan dapat dihitung dengan rumus, waktu mulai paling awal kegiatan berikutnya (*successor*) dikurangi durasi kegiatan, dikurangi waktu mulai paling awal kegiatan yang dimaksud.

$$FF = EET_j - EET_i - Durasi_{ij}$$

*Float* Independent ( $IF = Independent\ Float$ ). *Float independent* adalah selisih waktu antara *float* total dengan *float* bebas (Husen, 2009).

$$IF = EET_j - LET_i - Durasi_{ij}$$

Arti dari *float* independent adalah bila suatu kegiatan menggunakan sebagian dari IF (sisa waktu sebagai akibat selisih *float* total dan *float* bebas) sehingga kegiatan non kritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadwalkan lagi (digeser) meskipun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

TAHAP II. Mengurutkan proses crashing berdasarkan *cost slope* dari *cost slope* terkecil sampai dengan *cost slope* terbesar

Teori ini memiliki tujuan yaitu, dengan mengurutkan dari *cost slope* terkecil sampai terbesar maka proses crashing dilakukan dari biaya yang paling efisien. (Tabel 2 dan Tabel 3)

TAHAP III. Menyusun kembali jaringan kerja CPM (*Critical Path Method*) dan diagram man power pada simulasi crashing 1 (pekerjaan struktur lantai 6).

Dalam tahap ini diambil contoh penyusunan Jaringan kerja CPM (*Critical Path Method*) durasi normal dan Jaringan kerja CPM (*Critical Path Method*) crashing 1 pekerjaan lantai 6. Tahap ini dimaksudkan untuk mengetahui di mana letak lintasan kritis berada. Letak lintasan kritis menjadi tanda bahwa di lintasan tersebut dapat dilakukan pemotongan durasi pekerjaan. Selain lintasan kritis tidak dilakukan pemotongan durasi pekerjaan karena tidak akan menghasilkan durasi yang optimum.

Tabel 2. Daftar Urutan Metode Crashing Pekerjaan Menurut Cost Slope Skenario A

**Daftar Metode Crashing Pekerjaan Elizabeth Building RS. Santo Borromeous paket 1 Bandung SKENARIO A**

Pekerjaan	Beda Durasi	Biaya Normal	Biaya Crash	Beda Cost	Cost Slope
Tanah	49	Rp1,648,654,000.00	Rp1,837,726,000.00	Rp189,072,000.00	Rp3,858,612.24
Pondasi	49	Rp446,727,326.00	Rp474,558,238.00	Rp27,830,912.00	Rp567,977.80
Basement 2	21	Rp917,894,740.00	Rp923,432,545.00	Rp5,537,805.00	Rp263,705.00
Basement 1	21	Rp573,379,793.00	Rp583,519,643.00	Rp10,139,850.00	Rp482,850.00
Lantai 1	14	Rp373,434,810.00	Rp382,927,265.00	Rp9,492,455.00	Rp678,032.50
Lantai 2	14	Rp386,308,755.00	Rp390,964,630.00	Rp4,655,875.00	Rp332,562.50
Lantai 3	14	Rp504,398,790.00	Rp528,898,475.00	Rp24,499,685.00	Rp1,749,977.50
Lantai 4	14	Rp308,967,750.00	Rp333,104,975.00	Rp24,137,225.00	Rp1,724,087.50
Lantai 5	14	Rp258,628,475.00	Rp279,494,075.00	Rp20,865,600.00	Rp1,490,400.00
Lantai 6	21	Rp113,150,950.00	Rp117,739,650.00	Rp4,588,700.00	Rp218,509.52
S.Baja	14	Rp153,706,840.00	Rp155,204,000.00	Rp1,497,160.00	Rp106,940.00

**Daftar Urutan Metode Crashing Pekerjaan Menurut Cost Slope**

S.Baja	14	Rp153,706,840.00	Rp155,204,000.00	Rp1,497,160.00	Rp106,940.00
Lantai 6	21	Rp113,150,950.00	Rp117,739,650.00	Rp4,588,700.00	Rp218,509.52
Basement 2	21	Rp917,894,740.00	Rp923,432,545.00	Rp5,537,805.00	Rp263,705.00
Lantai 2	14	Rp386,308,755.00	Rp390,964,630.00	Rp4,655,875.00	Rp332,562.50
Basement 1	21	Rp573,379,793.00	Rp583,519,643.00	Rp10,139,850.00	Rp482,850.00
Pondasi	49	Rp446,727,326.00	Rp474,558,238.00	Rp27,830,912.00	Rp567,977.80
Lantai 1	14	Rp373,434,810.00	Rp382,927,265.00	Rp9,492,455.00	Rp678,032.50
Lantai 5	14	Rp258,628,475.00	Rp279,494,075.00	Rp20,865,600.00	Rp1,490,400.00
Lantai 4	14	Rp308,967,750.00	Rp333,104,975.00	Rp24,137,225.00	Rp1,724,087.50
Lantai 3	14	Rp504,398,790.00	Rp528,898,475.00	Rp24,499,685.00	Rp1,749,977.50
Tanah	49	Rp1,648,654,000.00	Rp1,837,726,000.00	Rp189,072,000.00	Rp3,858,612.24

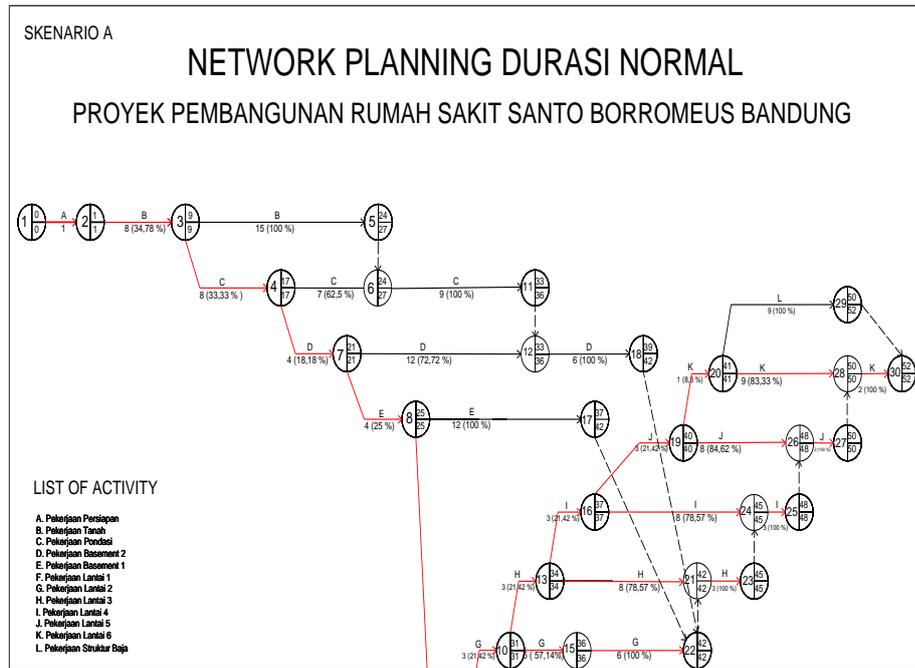
Tabel 3. Daftar Urutan Metode Crashing Pekerjaan Menurut Cost Slope Skenario B

**Daftar Metode Crashing Pekerjaan Elizabeth Building RS. Santo Borromeous paket 1 Bandung SKENARIO B**

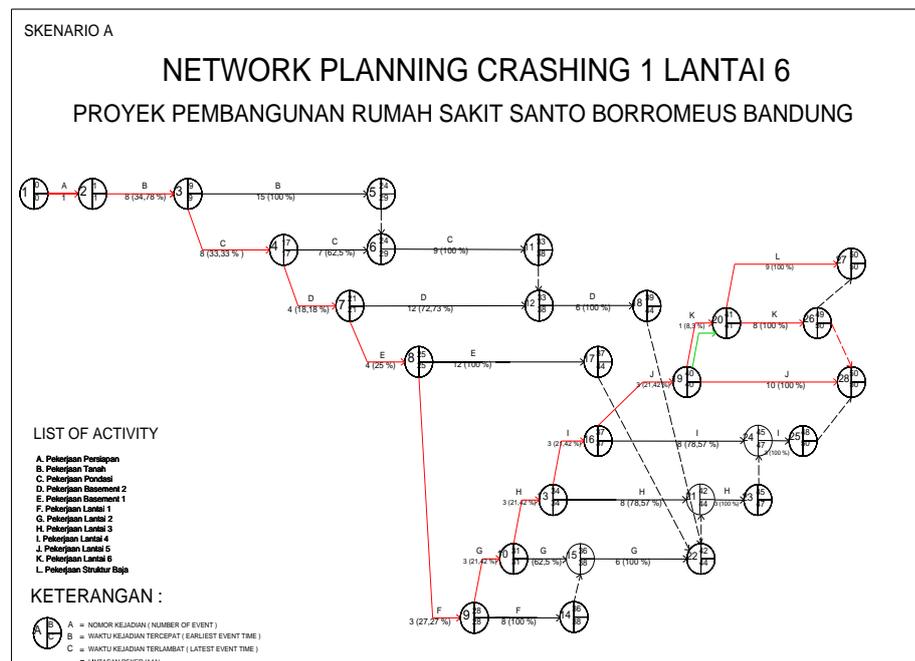
Pekerjaan	Beda Durasi	Biaya Normal	Biaya Crash	Beda Cost	Cost Slope
Tanah	28	Rp1,648,654,000.00	Rp1,779,976,000.00	Rp131,322,000.00	Rp4,690,071.43
Pondasi	28	Rp446,727,326.00	Rp494,711,238.00	Rp47,983,912.00	Rp1,713,711.14
Basement 2	14	Rp917,894,740.00	Rp924,720,545.00	Rp6,825,805.00	Rp487,557.50
Basement 1	14	Rp573,379,793.00	Rp582,133,643.00	Rp8,753,850.00	Rp625,275.00
Lantai 1	7	Rp373,434,810.00	Rp386,462,265.00	Rp13,027,455.00	Rp1,861,065.00
Lantai 2	7	Rp386,308,755.00	Rp391,552,630.00	Rp5,243,875.00	Rp749,125.00
Lantai 3	7	Rp504,398,790.00	Rp514,461,325.00	Rp10,062,535.00	Rp1,437,505.00
Lantai 4	7	Rp308,967,750.00	Rp318,901,975.00	Rp9,934,225.00	Rp1,419,175.00
Lantai 5	7	Rp258,628,475.00	Rp266,314,475.00	Rp7,686,000.00	Rp1,098,000.00
Lantai 6	14	Rp113,150,950.00	Rp119,657,650.00	Rp6,506,700.00	Rp464,764.29
S.Baja	14	Rp153,706,840.00	Rp155,204,000.00	Rp1,497,160.00	Rp106,940.00

**Daftar Urutan Metode Crashing Pekerjaan Menurut Cost Slope**

S.Baja	14	Rp153,706,840.00	Rp155,204,000.00	Rp1,497,160.00	Rp106,940.00
Lantai 6	14	Rp113,150,950.00	Rp119,657,650.00	Rp6,506,700.00	Rp464,764.29
Basement 2	14	Rp917,894,740.00	Rp924,720,545.00	Rp6,825,805.00	Rp487,557.50
Basement 1	14	Rp573,379,793.00	Rp582,133,643.00	Rp8,753,850.00	Rp625,275.00
Lantai 2	7	Rp386,308,755.00	Rp391,552,630.00	Rp5,243,875.00	Rp749,125.00
Lantai 5	7	Rp258,628,475.00	Rp266,314,475.00	Rp7,686,000.00	Rp1,098,000.00
Lantai 4	7	Rp308,967,750.00	Rp318,901,975.00	Rp9,934,225.00	Rp1,419,175.00
Lantai 3	7	Rp504,398,790.00	Rp514,461,325.00	Rp10,062,535.00	Rp1,437,505.00
Pondasi	28	Rp446,727,326.00	Rp494,711,238.00	Rp47,983,912.00	Rp1,713,711.14
Lantai 1	7	Rp373,434,810.00	Rp386,462,265.00	Rp13,027,455.00	Rp1,861,065.00
Tanah	28	Rp1,648,654,000.00	Rp1,779,976,000.00	Rp131,322,000.00	Rp4,690,071.43



Gambar 1. Jaringan kerja CPM (*Critical Path Method*) normal



Gambar 2. Jaringan kerja CPM (*Critical Path Method*) crashing 1

**Tahap IV.** Tahap ini adalah bertujuan untuk menghitung jumlah tenaga kerja per sub pekerjaan dan menampilkan jumlah tenaga kerja per minggu dalam bentuk diagram *man power*

Perhitungan jumlah tenaga dan alat yang yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah tenaga maupun alat : } \frac{\text{volume pekerjaan x koefisien tenaga/alat}}{\text{durasi pekerjaan}}$$

Koefisien tenaga/alat adalah kemampuan tenaga maupun alat dalam menyelesaikan suatu pekerjaan, atau volume pekerjaan yang mampu dihasilkan tenaga / alat dalam satu satuan waktu. Koefisien tenaga/alat dapat dilihat pada analisis harga satuan pada Rencana Anggaran Biaya(RAB) proyek tersebut.

Karena jumlah perhitungannya sangat banyak,maka penulis menyajikan perhitungan tersebut dalam bentuk tabel. Berikut adalah contoh tabel perhitungan jumlah tenaga kerja.

Tabel 4. Contoh Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja

jenis pekerjaan	nama pekerjaan	koefisien		vol. pekerjaan		durasi	jumlah pekerjaan	
pembuatan	pekerja	2.000	OH	35	m <sup>2</sup>	7 hari	10 orang	
bangunan	tukang kayu	2.000	OH	35	m <sup>2</sup>	7 hari	10 orang	
sementara	tukang batu	1.000	OH	35	m <sup>2</sup>	7 hari	5 orang	
	kepala tukang	0.300	OH	35	m <sup>2</sup>	7 hari	1.5 orang	
	mandor	0.050	OH	35	m <sup>2</sup>	7 hari	0.25 orang	

Setelah mengetahui jumlah pekerja tiap sub pekerjaan,maka jumlah pekerja tersebut dikumulatitkan dengan jumlah pekerja pada minggu yang sama. Untuk mengetahui pekerjaan apa saja yang dikerjakan pada minggu yang sama, maka harus melihat pada jaringan kerja CPM (*Critical Path Method*). Pada jaringan kerja tersebut dapat terlihat jelas pekerjaan apa saja yang tiap minggu dikerjakan. Kemudian setelah itu jumlah pekerja disajikan dalam bentuk diagram batang. Berikut adalah contoh kurva *man power* pada durasi normal dan durasi *crashing* 1 pekerjaan lantai 6.

Tahap V.Setelah tahap perhitungan jumlah tenaga kerja dan kurva *man power*, kemudian dilanjutkan dengan *cost analysis* untuk menghitung biaya – biaya pada proyek baik itu *direct cost* maupun *indirect cost*.

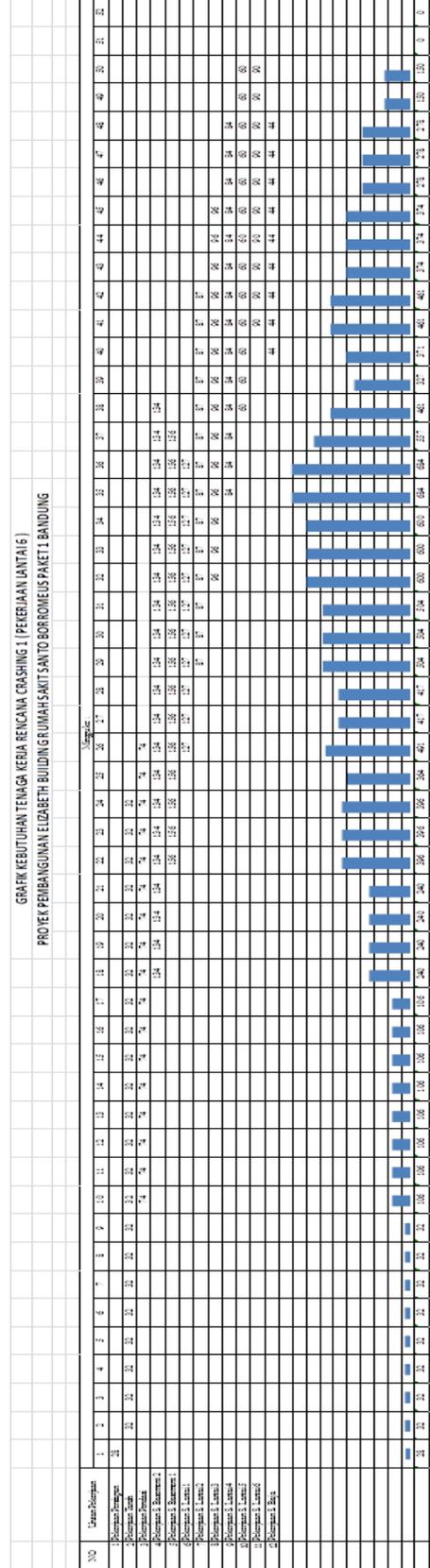
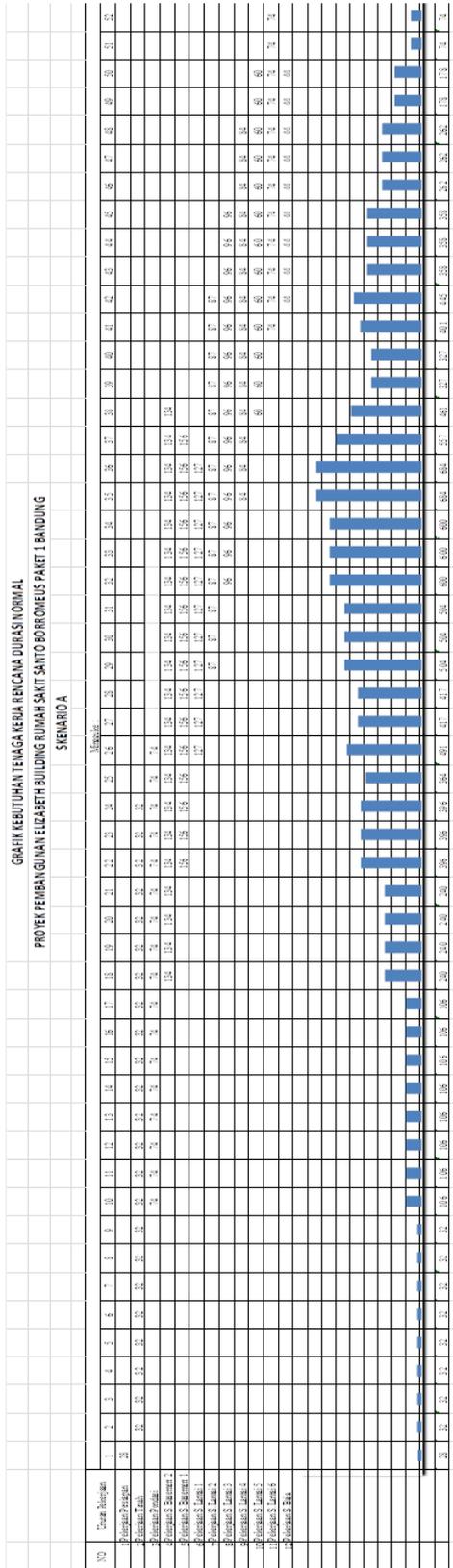
$$\text{Upah Tenaga Kerja} = \text{Jumlah Tenaga Kerja} \times \text{Upah Tenaga Kerja per hari}$$

Untuk mengetahui lebih jelas mengenai contoh perhitungan upah tenaga kerja, penulis memberikan contoh perhitungan tersebut.

Pekerjaan Cut Tanah dan Buangan ex Pengeboran yang memiliki durasi pekerjaan membutuhkan 3,32 unit excavator, 6,19 unit dumptruck, 19,93 orang pekerja, dan 3,32 orang mandor per hari. Maka untuk mendapatkan upah tenaga kerja pada Pekerjaan Cut Tanah dan Buangan ex Pengeboran maka penulis melakukan perhitungan sebagai berikut:  
Cut Tanah dan Buangan ex Pengeboran

Tabel 4. Diagram Man Power Normal

Tabel 5. Diagram Man Power Crashing 1



Excavator = (3 x Rp 1.800.000,00 x 112) + (0,32 x 1,5 x Rp 1.800.000,00 x 112)  
 = Rp 701.568.000,00

Dumptruck = (6 x Rp 990.000,00 x 112) + (0,19 x 1,5 x Rp 990.000,00 x 112)  
 = Rp 698.880.800,00

Pekerja = (20 x Rp 45.000,00 x 112) + (0,19 x 1,5 x Rp 990.000,00 x 112) asumsi upah lembur  
 = Rp 100.800.000,00 sisa nominal dari jam kerja pokok

Mandor = (3 x Rp 75.000,00 x 112) + (0,32 x 1,5 x Rp 75.000,00 x 112)  
 = Rp 29.232.000,00

Total Upah Pekerjaan  
 Cut Tanah dan  
 Buangan ex  
 Pengeboran = Rp 1.530.480.800,00

Pada perhitungan upah tenaga kerja pada durasi normal, penulis menggunakan angka 1,5 untuk menghitung upah jam lembur, dan penggunaan asumsi ini diberlakukan pada jumlah tenaga kerja yang memiliki nilai sisa desimal kurang dari 0,66, sedangkan untuk jumlah tenaga kerja yang memiliki nilai sisa desimal lebih dari 0,66 akan mengalami pembulatan ke atas. Penulis menggunakan asumsi ini berdasarkan hasil interview dengan pihak narasumber dan *trial and error*. Asumsi ini tidak berlaku pada saat penerapan metode *crashing* karena semua jumlah tenaga kerja yang tidak menunjukkan angka bulat maka akan mengalami pembulatan ke atas.

Karena jumlah perhitungannya sangat banyak, maka penulis menyajikan perhitungan tersebut dalam bentuk table. Berikut adalah contoh tabel perhitungan upah tenaga kerja dan biaya material yang dibutuhkan per sub pekerjaan.

Tabel 6. Perhitungan upah tenaga kerja dan biaya material per sub pekerjaan

JENIS PEKERJAAN	NAMA PEKERJA	KOEFISIEN	VOL. PEKERJAAN	DURASI	JUMLAH PEKERJA	JAM KERJA	JAM LEMBUR	KOEF LEMBUR	HARGA SATUAN	JUMLAH BIAYA
Pembuatan bangunan sementara	Pekerja	2.000 OH	35 m <sup>2</sup>	7 hari	10 orang	10		1.5	Rp 45,000.00	Rp 3,150,000.00
	Tukang Kayu	2.000 OH	35 m <sup>2</sup>	7 hari	10 orang	10		1.5	Rp 55,000.00	Rp 3,850,000.00
	Tukang Batu	1.000 OH	35 m <sup>2</sup>	7 hari	5 orang	5		1.5	Rp 55,000.00	Rp 1,925,000.00
	Kepala tukang	0.300 OH	35 m <sup>2</sup>	7 hari	1.5 orang	1	0.5	1.5	Rp 67,000.00	Rp 820,750.00
	Mandor	0.050 OH	35 m <sup>2</sup>	7 hari	0.25 orang	1		1.5	Rp 75,000.00	Rp 525,000.00
Kebutuhan material	Dolken kayu ø 8 - 10 / 400 cm	1.250 bng	35 m <sup>2</sup>						Rp 20,000.00	Rp 875,000.00
	Kayu babok kelas IV	0.180 m <sup>3</sup>	35 m <sup>2</sup>						Rp 2,000,000.00	Rp 12,600,000.00
	Paku biasa	0.850 kg	35 m <sup>2</sup>						Rp 12,500.00	Rp 371,875.00
	Besi strip	1.100 kg	35 m <sup>2</sup>						Rp 13,000.00	Rp 500,500.00
	Portlant cement	35.000 kg	35 m <sup>2</sup>						Rp 1,150.00	Rp 1,408,750.00
	Pasir pasang	0.150 m <sup>3</sup>	35 m <sup>2</sup>						Rp 175,000.00	Rp 918,750.00
	Pasir beton	0.100 m <sup>3</sup>	35 m <sup>2</sup>						Rp 160,000.00	Rp 560,000.00
	Koral beton	0.150 m <sup>3</sup>	35 m <sup>2</sup>						Rp 119,000.00	Rp 624,750.00
	Bata merah kelas II	30.000 bh	35 m <sup>2</sup>						Rp 450.00	Rp 472,500.00
	Seng plat	0.250 lbr	35 m <sup>2</sup>						Rp 39,000.00	Rp 341,250.00
	Jendela nako	2.000 bh	35 m <sup>2</sup>						Rp 50,500.00	Rp 3,535,000.00
	Kaca polos 3 mm	0.080 m <sup>2</sup>	35 m <sup>2</sup>						Rp 49,000.00	Rp 137,200.00
	Kunci tanam	0.150 bh	35 m <sup>2</sup>						Rp 250,000.00	Rp 1,312,500.00
	Triplex 4 mm	0.060 lbr	35 m <sup>2</sup>						Rp 55,000.00	Rp 115,500.00
<b>TOTAL BIAYA PEKERJAAN PERSIAPAN</b>										<b>Rp 34,044,325.00</b>

Tahap VI. Kemudian setelah itu melakukan simulasi crashing dengan tujuan agar diperoleh hasil crashing yang optimal.

Tabel 7. Simulasi Crashing Skenario A

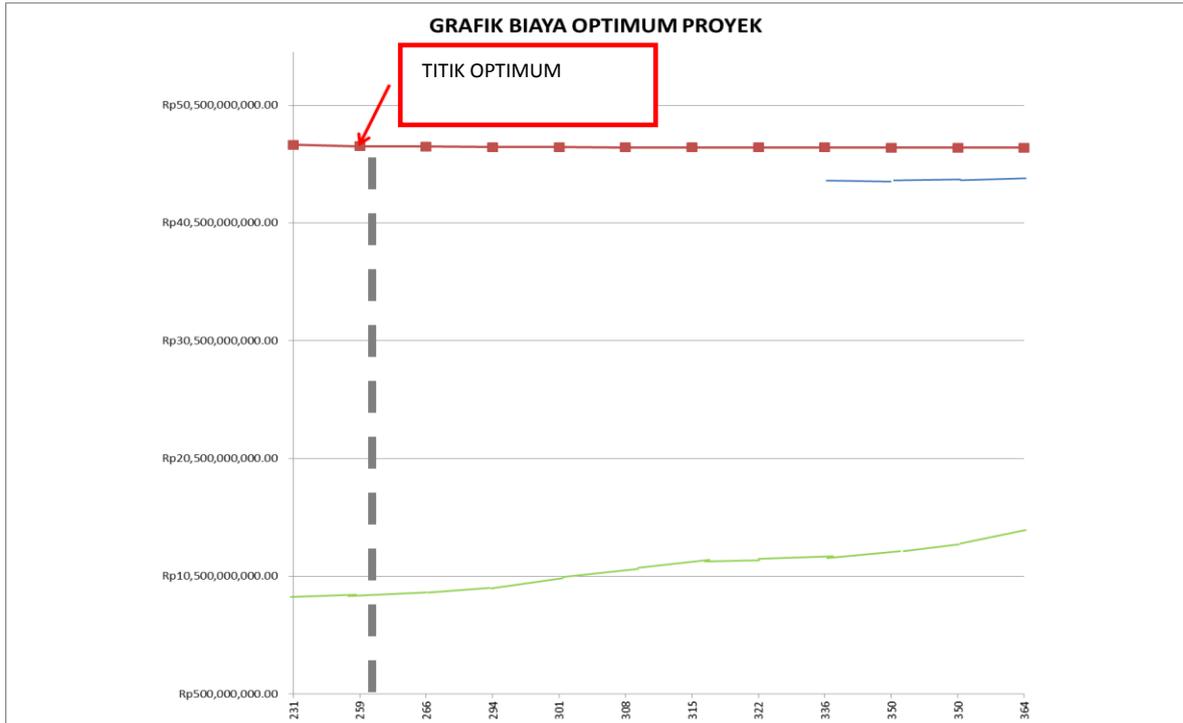
PENERAPAN METODE CRASHING SKENARIO A																											
No	Pekerjaan	Normal (364 hari)		Crashing 1 (359 hari)		Crashing 2 (359 hari)		Crashing 3 (329 hari)		Crashing 4 (315 hari)		Crashing 5 (294 hari)		Crashing 6 (245 hari)		Crashing 7 (231 hari)		Crashing 8 (217 hari)		Crashing 9 (203 hari)		Crashing 10 (203 hari)		Crashing 11 (154 hari)			
		durasi	Cost	durasi	Cost tambah	durasi	Cost tambah	durasi	Cost tambah																		
A	Persiapan	7	Rp0.1270.750.00	7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7			
B	Tanah	161	Rp1.648.654.000.00	161		161		161		161		161		161		161		161		161		161		161			
C	Prodisi	168	Rp446.727.536.00	168		168		168		168		119	Rp27.830.912.00	119		119		119		119		119		119			
D	Basement 2	154	Rp917.894.740.00	154		154		133	Rp5.537.065.00	133		133		133		133		133		133		133		133			
E	Basement 1	112	Rp573.379.793.00	112		112		112		91	Rp10.139.850.00	91		91		91		91		91		91		91			
F	Lantai 1	77	Rp373.434.810.00	77		77		77		77		77		63	Rp4.412.455.00	63		63		63		63		63			
G	Lantai 2	98	Rp386.306.755.00	98		98		84	Rp4.655.875.00	84		84		84		84		84		84		84		84			
H	Lantai 3	98	Rp504.398.790.00	98		98		98		98		98		98		98		98		98		84	Rp4.499.045.00	84			
I	Lantai 4	98	Rp308.967.790.00	98		98		98		98		98		98		98		98		84	Rp24.137.225.00	84		84			
J	Lantai 5	91	Rp258.638.475.00	91		91		91		91		91		91		77	Rp20.065.600.00	77		77		77		77			
K	Lantai 6	84	Rp113.150.950.00	63	Rp4.506.700.00	63		63		63		63		63		63		63		63		63		63			
L	R. Baji	63	Rp153.706.640.00	63		49	Rp4.497.160.00	49		49		49		49		49		49		49		49		49			
	Direct Cost		Rp5.695.522.979.00		Rp5.700.111.679.00		Rp5.701.608.839.00		Rp5.707.146.644.00		Rp5.711.802.519.00		Rp5.721.042.369.00		Rp5.749.773.281.00		Rp5.759.265.736.00		Rp5.780.131.536.00		Rp5.804.268.561.00		Rp5.828.798.246.00		Rp5.845.919.670.00		
	Indirect Cost		Rp1.484.832.000.00		Rp1.427.723.077.00		Rp1.427.723.077.00		Rp1.342.059.692.00		Rp1.284.950.769.00		Rp1.199.297.384.00		Rp99.406.153.60		Rp92.297.230.50		Rp85.188.307.40		Rp28.079.384.40		Rp28.079.384.40		Rp28.079.384.40		Rp28.079.384.40
	Total Cost		Rp7.180.354.979.00		Rp7.127.834.756.00		Rp7.129.338.916.00		Rp7.049.206.336.00		Rp6.996.753.288.00		Rp6.921.229.753.00		Rp6.749.179.434.60		Rp6.701.562.966.50		Rp6.665.319.843.40		Rp6.632.347.945.40		Rp6.656.847.630.40		Rp6.645.919.670.00		

Tabel 8 Simulasi Crashing Skenario B

PENERAPAN METODE CRASHING SKENARIO B																										
No	Pekerjaan	Normal (364 hari)		Crashing 1 (359 hari)		Crashing 2 (359 hari)		Crashing 3 (336 hari)		Crashing 4 (322 hari)		Crashing 5 (315 hari)		Crashing 6 (300 hari)		Crashing 7 (301 hari)		Crashing 8 (294 hari)		Crashing 9 (266 hari)		Crashing 10 (259 hari)		Crashing 11 (231 hari)		
		durasi	Cost	durasi	Cost tambah	durasi	Cost tambah	durasi	Cost tambah																	
A	Persiapan	7	Rp0.1270.750.00	7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		7		
B	Tanah	161	Rp1.648.654.000.00	161		161		161		161		161		161		161		161		161		161		133	Rp131.322.000.00	
C	Prodisi	168	Rp446.727.536.00	168		168		168		168		168		168		140	Rp47.983.912.00	140		140		140		140		
D	Basement 2	154	Rp917.894.740.00	154		140	Rp4.835.065.00	140		140		140		140		140		140		140		140		140		
E	Basement 1	112	Rp573.379.793.00	112		112		98	Rp3.753.850.00	98		98		98		98		98		98		98		98		
F	Lantai 1	77	Rp373.434.810.00	77		77		77		77		77		77		77		77		70	Rp3.027.455.00	70		70		
G	Lantai 2	98	Rp386.306.755.00	98		98		98		91	Rp2.437.675.00	91		91		91		91		91		91		91		
H	Lantai 3	98	Rp504.398.790.00	98		98		98		98		98		98		91	Rp10.042.535.00	91		91		91		91		
I	Lantai 4	98	Rp308.967.790.00	98		98		98		98		98		98		91	Rp4.934.225.00	91		91		91		91		
J	Lantai 5	91	Rp258.638.475.00	91		91		91		91		84	Rp3.686.000.00	84		84		84		84		84		84		
K	Lantai 6	84	Rp113.150.950.00	70	Rp4.506.700.00	70		70		70		70		70		70		70		70		70		70		
L	R. Baji	63	Rp153.706.640.00	63		49	Rp4.497.160.00	49		49		49		49		49		49		49		49		49		
	Direct Cost		Rp5.695.522.979.00		Rp5.710.029.679.00		Rp5.705.538.839.00		Rp5.710.352.644.00		Rp5.719.106.494.00		Rp5.724.350.369.00		Rp5.732.056.369.00		Rp5.741.970.594.00		Rp5.752.053.129.00		Rp5.800.017.041.00		Rp5.813.544.486.00		Rp5.844.366.486.00	
	Indirect Cost		Rp1.484.832.000.00		Rp1.427.723.077.00		Rp1.370.614.154.00		Rp1.313.505.231.00		Rp1.284.950.769.00		Rp1.256.396.308.00		Rp1.227.841.846.00		Rp1.199.297.385.00		Rp1.085.069.538.00		Rp1.055.575.077.00		Rp1.055.575.077.00		Rp42.297.230.00	
	Total Cost		Rp7.180.354.979.00		Rp7.137.752.756.00		Rp7.076.153.016.00		Rp7.004.966.798.00		Rp6.998.057.263.00		Rp6.951.305.677.00		Rp6.908.432.677.00		Rp6.861.268.000.00		Rp6.815.120.514.00		Rp6.805.086.579.00		Rp6.809.119.563.00		Rp6.806.662.726.00	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Tabel perhitungan waktu dan biaya akibat crashing pada Proyek Pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeus paket 1 Bandung di atas, maka dapat digambarkan secara grafis hubungan antara waktu dan biaya sebagai berikut :

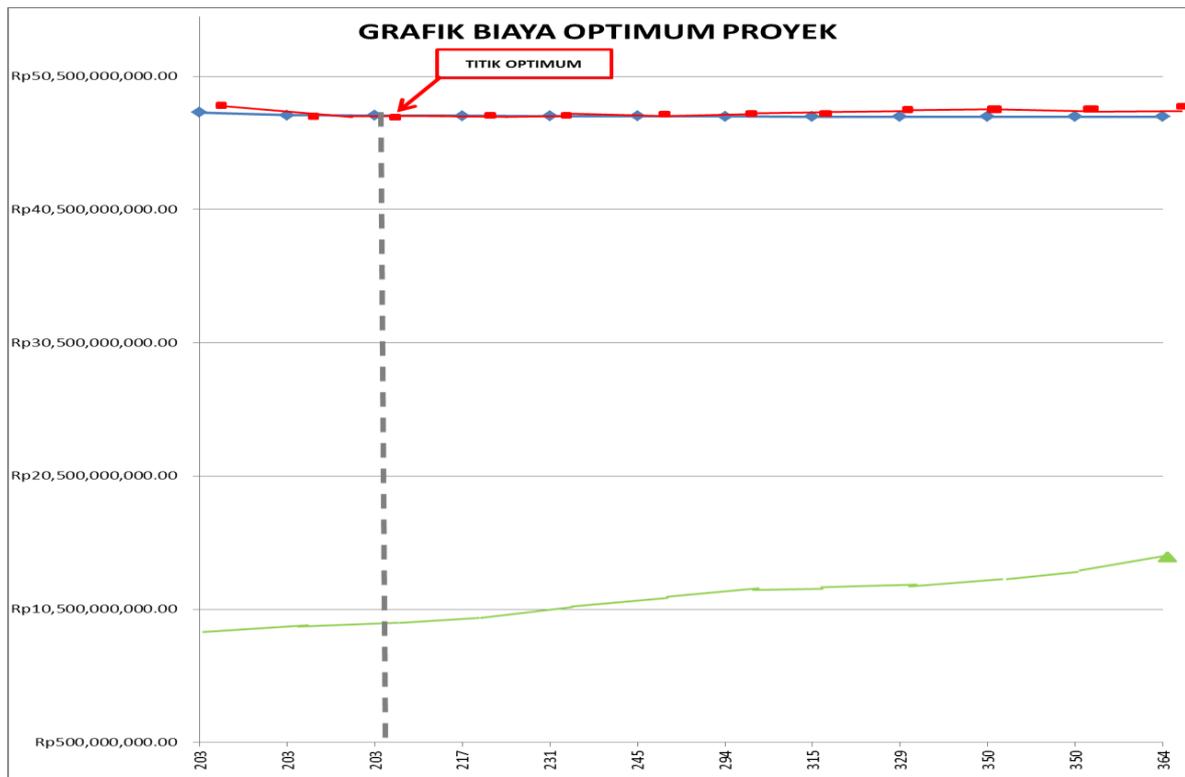


Gambar 3. Hasil Simulasi *Crashing* Skenario A

Pada Skenario A, terjadi pada *Crashing* 9 yang memiliki durasi total proyek selama 203 hari terjadi pada pekerjaan struktur lantai 4 dengan nilai cost slope yaitu sebesar Rp.1.724.087,50 per hari. Pemendekan durasi pada pekerjaan struktur lantai 4 sebesar 14 hari, dari durasi normal pekerjaan struktur lantai 4 selama 91 hari menjadi 77 hari. Pemendekan durasi pada pekerjaan struktur lantai 4 dilakukan dengan cara menambahkan jumlah tenaga kerja dari 84 orang menjadi 103 orang tenaga kerja. Hal ini menyebabkan adanya perubahan biaya langsung (*direct cost*) durasi normal dari Rp46.892.151.077,89 bertambah sebesar Rp.108.745.580,00 menjadi Rp47.000.896.659,89. Perubahan biaya tidak langsung (*indirect cost*) durasi normal dari Rp.1.484.832.000,00 berkurang sebesar Rp.656.752.615,60 menjadi Rp.828.079.384,40, serta perubahan biaya total (*total cost*) durasi normal dari Rp.48.376.983.077,89 berkurang sebesar Rp.548.007.030,00 menjadi Rp.47.828.976.044,29. Menurut analisa penulis, durasi pelaksanaan proyek dan biaya total yang didapat dari skenario metode *crashing* di atas sudah cukup optimum. Namun ada proses penerapan metode *crashing* yang sekiranya tidak bisa diterapkan di lapangan, antara lain *crashing* pada pekerjaan tanah dan *crashing* pada pekerjaan pondasi. Hal ini dikarenakan pemendekan durasi pelaksanaan pada kegiatan tanah dan kegiatan pondasi dinilai terlalu besar pada lintasan kritis masing – masing kegiatan.

Pada lintasan kritis durasi normal, pekerjaan tanah berjalan selama 56 hari kemudian pekerjaan pondasi pun dimulai yang selanjutnya berlangsung selama 56 hari kemudian pekerjaan basement 2 pun dimulai. Sedangkan pada lintasan kritis durasi optimum, pekerjaan tanah berjalan selama 7 hari kemudian pekerjaan pondasi pun dimulai dan berlangsung selama 7 hari yang selanjutnya disusul oleh pekerjaan basement 2. Penulis berpendapat bahwa pola network planning seperti di atas mustahil dilakukan di lapangan karena jarak durasi antar kegiatan yang terlalu pendek dan metode pelaksanaan yang diterapkan di lapangan tidak akan dapat terlaksana dengan baik.

Oleh karena itu, penulis mencoba untuk melakukan simulasi metode *crashing* lagi, sebagai berikut :



Gambar 4. Hasil Simulasi *Crashing* Skenario B

Pada Skenario B, terjadi pada *Crashing* 10 yang memiliki durasi total proyek selama 259 hari terjadi pada pekerjaan struktur lantai 1 dengan nilai *cost slope* yaitu sebesar Rp.1.861.065,00 per hari. Pemendekan durasi pada pekerjaan struktur lantai 1 sebesar 7 hari, dari durasi normal pekerjaan struktur lantai 1 selama 77 hari menjadi 70 hari. Pemendekan durasi pada pekerjaan struktur lantai 1 dilakukan dengan cara menambahkan jumlah tenaga kerja dari 127 orang menjadi 141 orang tenaga kerja. Hal ini menyebabkan adanya perubahan biaya langsung (*direct cost*) durasi normal dari Rp.46.892.151.077,89 bertambah sebesar Rp.117.521.520,00 menjadi Rp.47.009.672.594,89. Perubahan biaya tidak langsung (*indirect cost*) durasi normal dari Rp.1.484.832.000,00 berkurang sebesar Rp.428.316.923,00 menjadi Rp.1.056.515.077,00, serta perubahan biaya total (*total cost*) durasi normal dari Rp.48.376.983.077,89 berkurang sebesar Rp.310.795.400,00 menjadi Rp.48.066.187.671,89.

Berdasarkan analisa penulis terhadap kedua skenario simulasi metode *crashing* di atas, maka penulis berpendapat bahwa simulasi metode *crashing* skenario B lebih dapat diterapkan pada Proyek Pembangunan elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeous paket 1 Bandung dibandingkan skenario A, karena dalam pelaksanaan skenario B sudah memperhatikan beberapa faktor yaitu daya tampung site, metode pelaksanaan pekerjaan, dan karakteristik pekerjaan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada awalnya pelaksanaan proyek konstruksi dalam durasi normal yaitu selama 364 hari. Setelah dilaksanakan metode *crashing* maka ditentukan durasi optimum proyek yaitu selama 259 hari. Pemendekan durasi proyek terhadap durasi normal proyek yaitu sebesar  $\pm 29\%$ .
2. Berdasarkan Tabel Analisa Perhitungan Metode Crashing Skenario B pada Proyek Pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeous paket 1 Bandung, dapat disimpulkan untuk Proyek Pembangunan Elizabeth Building Rumah Sakit Santo Borromeous paket 1 Bandung, didapat durasi yang paling optimal dengan biaya total proyek yang paling minimal adalah durasi proyek 259 hari. Crashing 10 terjadi pada pekerjaan lantai 1 dengan nilai cost slope yaitu sebesar Rp 1.861.065,00 per hari. Pemendekan durasi pada Pekerjaan Struktur Lantai 1 sebesar 7 hari, dari durasi normal Pekerjaan Struktur Lantai 1 sebesar 77 hari menjadi 70 hari. Hal ini menyebabkan adanya perubahan biaya langsung (*direct cost*) durasi normal dari Rp46.892.151.077,89 bertambah sebesar Rp117.521.520,00 menjadi Rp47.009.672.594,89, perubahan biaya tidak langsung (*indirect cost*) durasi normal dari Rp 1.484.832.000,00 berkurang sebesar Rp428.316.923,00 menjadi Rp 1.056.515.077,00 serta perubahan biaya *total cost* durasi normal dari Rp48.376.983.077,89 berkurang sebesar Rp310.795.400,00 menjadi Rp48.066.187.671,89. Perubahan biaya proyek terhadap biaya total proyek yaitu sebesar  $\pm 0,64\%$ .
3. Setelah dilakukan analisa terhadap jumlah tenaga kerja pada saat pelaksanaan proyek durasi normal dan pelaksanaan proyek durasi optimum maka dapat dibuat kurva tenaga kerja. Pada kurva tenaga kerja durasi normal didapat jumlah maksimal tenaga kerja terjadi pada minggu ke 35 dan ke 36 yaitu mencapai 684 orang tenaga kerja per harinya. Sedangkan pada kurva tenaga kerja durasi optimum proyek didapat jumlah maksimal tenaga kerja pada minggu ke 26 dan ke 27 yaitu mencapai 979 orang tenaga kerja per harinya. Diharapkan jumlah tenaga kerja yang melonjak tersebut dapat ditampung oleh site proyek dan tidak menurunkan produktifitas tenaga kerja. Karena semakin padatnya site proyek oleh tenaga kerja maka para ruang kerja bagi masing – masing tenaga kerja pun akan semakin sedikit.

## SARAN

1. Dalam pemendekan durasi setiap kegiatan pelaksanaan proyek seharusnya memperhatikan hal – hal yang terjadi pada lapangan (*real*), antara lain metode pelaksanaan, produktifitas tenaga kerja, dan kapasitas site proyek untuk menampung tenaga kerja. Sebagai contoh pada pelaksanaan *crashing* pekerjaan tanah, pekerjaan tanah tersebut dilaksanakan selama 1 minggu yang selanjutnya dilanjutkan pekerjaan pondasi. Hal tersebut sepertinya agak mustahil untuk dilakukan di lapangan.
2. Sebaiknya iterasi pemendekan durasi setiap kegiatan dilakukan berulang kali dengan jumlah pemendekan durasi yang berbeda - beda, karena dengan semakin banyak dilakukan iterasi pemendekan durasi kegiatan maka hasil durasi optimum proyek akan semakin akurat.
3. Dari hasil simulasi *crashing* di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan jumlah tenaga kerja tidak begitu berpengaruh besar terhadap perubahan biaya total proyek. Hal ini dikarenakan tidak dilakukan analisa terhadap faktor – faktor lain yang

ikut terpengaruh akibat percepatan durasi proyek, antara lain jenis dan mutu material yang digunakan, penggunaan zat – zat adiktif lain, jumlah alat transportasi material yang dibutuhkan, dan faktor – faktor lainnya. Oleh karena itu disarankan dalam melakukan simulasi metode *crashing*, harus diperhatikan pula faktor – faktor lainnya yang terkait dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

4. Dalam penambahan jumlah tenaga kerja, disarankan untuk memperhatikan produktifitas tenaga kerja sehingga jumlah tenaga kerja yang semakin besar tersebut dapat pula meningkatkan kinerja pelaksanaan proyek secara optimal.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anis, Machdan. 2008. *Penjadwalan Proyek dengan Menggunakan Metode Jalur Kritis*. Semarang : Jurusan Matematika FMIPA Universitas Diponegoro.
- Ervianto, Wulfram I. 2007. *Cara Tepat Menghitung Biaya Bangunan*. Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET.
- Ervianto, Wulfram I. 2004. *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET.
- Husen, Abrar. 2009. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET.
- Tim Penyusun Direktorat Jendral Pekerjaan Umum. 2012. *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan*. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum.
- Rachman, Taufiqur. 2013. *Bahan Kuliah Manajemen Proyek (Crashing Project)*. Jakarta : Universitas Esa Unggul.
- Rochmanhadi. 1985. *Perhitungan Biaya Pekerjaan dengan Menggunakan Alat – Alat Berat*. Jakarta : Kementrian Pekerjaan Umum.
- Santosa, Budi. 2009. *Manajemen Proyek Konsep Implementasi*. Yogyakarta : GRAHA ILMU
- Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek*. Jakarta : Erlangga
- Widyatmoko, Yurry. 2008. *Analisa Percepatan Waktu*. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Yoga S, Andreas dan Fera Handayani. *Laporan Tugas Akhir*. 2011.