

**ESTIMASI WAKTU PENYELESAIAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN
METODE CRASHING PROGRAM
(STUDI KASUS : PEMBANGUNAN GEDUNG LAYANAN OLAHRAGA KOTA
TANGERANG SELATAN)**

Muhamad Dendi Faturrohman¹, Syapril Janizar²

^{1,2}Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti

Email : denfaturr@gmail.com¹,

Abstract

The KONI Sports Services Building Construction Project for South Tangerang City is an asset to empower human resources who wish to increase their potential. The KONI Building is one of the places utilized by the South Tangerang City government for sporting events when there are activities between regions to show off their abilities. This research uses the precedence diagram method (PDM) to determine the relationship between activities which basically focuses on the issue of balance between costs and project completion time. This PDM method is similar to the Activity On Node (AON) diagram technique and is based on four fundamental basic relationships, namely Finish To Start (FS); Start To Start (SS); Finish To Finish (FF); Start To Finish (SF). The advantage of using PDM when compiling a project schedule is that the project manager can easily determine waiting times and breaks for various activities. Besides that, lead time also allows activities to collide with each other. PDM calculations are basically the same as CPM calculations, namely using forward calculations (Forward Analysis) to determine Earliest Start (ES) and Earliest Finish (EF). And using backward calculations (Backward Analysis) to determine the Latest Start (LS) and Latest Finish (LF). In this Sports Services Building research, the author only conducted research on the acceleration of time and costs which will change from the start of planning, because basically if the duration is accelerated then the relationship is with direct costs (Direct Costs) and indirect costs (Indirect Costs). In this research, the author uses the alternative of adding four working hours and the shift system method to shorten the duration of the normal time. By using the alternative of adding four working hours, the duration is 148 days or around 12.95% faster than the normal duration of 170 days with a total project cost of Rp. 8,129,696,235.00, while using the shift system method, the duration was 154 days or around 9.45% faster than the normal duration with a total project cost of Rp. 8,618,549,948.00. So it can be concluded that by carrying out an analysis of the Construction of Sports Building Services, these two alternatives can be used to consider the time and cost of completing the project.

Keywords : PDM Precedence Diagram Method, Activity On Node (AON), CPM Critical Path Method, direct costs and indirect costs.

Abstrak

Proyek Pembangunan Gedung Layanan Olahraga KONI Kota Tangerang Selatan merupakan asset untuk memberdayakan sumber daya manusia yang berkeinginan untuk meningkatkan potensi diri, bangunan Gedung KONI ini salah satu tempat yang diperdagangkan oleh pemerintah Kota Tangerang Selatan untuk ajang olahraga bila ada kegiatan antar daerah saling unjuk kemampuannya. Pada penelitian ini menggunakan metode *precedence diagram method* (PDM) untuk mengetahui hubungan antar kegiatan yang pada dasarnya menitikberatkan pada persoalan keseimbangan diantara biaya dan waktu penyelesaian proyek. Metode PDM ini mirip dengan teknik diagram *Activity On Node* (AON) dan berdasarkan pada empat hubungan dasar fundamental, yaitu *Finish To Start* (FS); *Start To Start* (SS); *Finish To Finish* (FF); *Start To Finish* (SF). Keuntungan dari penggunaan PDM ini ketika menyusun jadwal proyek adalah manajer proyek dapat dengan mudah menentukan waktu tunggu dan jeda dari berbagai aktivitas. Disamping itu, *lead time* juga memungkinkan adanya kegiatan yang bertabrakan satu sama lain. Perhitungan PDM pada dasarnya sama dengan perhitungan CPM, yaitu menggunakan perhitungan ke depan (*Forward Analysis*) untuk menentukan *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF). Dan menggunakan perhitungan kebelakang (*Backward Analysis*) untuk menentukan *Latest Start* (LS) dan *Latest Finish* (LF). Pada penelitian Gedung Layanan Olahraga ini penulis hanya melakukan penelitian percepatan waktu dan biaya yang akan berubah dari awal perencanaan, karena pada dasarnya jika durasi dipercepat maka hubungannya dengan biaya langsung (*Direct Cost*) dan biaya tak langsung (*Indirect Cost*). Penelitian ini, penulis menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja dan metode sistem *shift* untuk mempersingkat durasi dari waktu normal. Dengan menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja didapat durasi 148 hari atau sekitar 12,95% lebih cepat dari durasi normal yaitu 170 hari dengan total biaya proyek Rp. 8.129.696.235,00 sedangkan dengan menggunakan metode sistem *shift* didapat durasi 154 hari atau sekitar 9,45% lebih cepat dari durasi normal dengan total biaya proyek Rp. 8.618.549.948,00. Sehingga dapat kesimpulan bahwa dengan dilakukannya analisis pada Pembangunan Layanan Gedung Olahraga dapat menggunakan dua alternatif tersebut untuk mempertimbangkan masalah waktu dan biaya penyelesaian proyek.

Kata Kunci : Metode PDM *Precedence Diagram Method*, *Activity On Node* (AON), CPM *Critical Path Method*, biaya langsung dan biaya tak langsung.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manajemen kegiatan konstruksi selalu melibatkan perencanaan, penentuan jadwal konstruksi dan pengendalian. Meskipun penjadwalan telah disusun, namun pada praktiknya di lapangan masih sering timbul masalah dalam proses konstruksi yaitu seringkali terjadi keterlambatan penyelesaian proyek. Pihak kontraktor akan semakin dituntut untuk dapat mengendalikan penjadwalan proyeknya sehingga mungkin terjadi.

Dengan diterapkannya sistem tersebut, beberapa elemen pekerjaan pada proses konstruksi dapat dikerjakan secara bersama-sama.

Keterlambatan pekerjaan proyek sering terjadi akibat adanya perbedaan kondisi lokasi, perubahan desain, pengaruh cuaca dan kesalahan dalam perencanaan. Keterlambatan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan (*crashing*) dalam pelaksanaannya, namun harus tetap memperhatikan faktor biaya. Pertambahan biaya yang dikeluarkan diharapkan seminimum mungkin dan tetap memperhatikan standar mutu. Percepatan (*crashing*) pelaksanaan dapat dilakukan dengan mengadakan penambahan jam kerja, alat bantu yang lebih produktif, penambahan jumlah pekerja, menggunakan material yang lebih cepat pemasangannya dan metode konstruksi yang lebih cepat.

Pengendalian proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan atau usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan tujuan perencanaan, membandingkan pelaksanaan dengan perencanaan, serta melakukan koreksi yang diperlukan agar biaya, sumber daya, dan waktu dapat digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai tujuan proyek konstruksi yang diinginkan. Sehingga dengan adanya pengendalian proyek, penyimpangan proyek konstruksi, kerugian yang ditimbulkan, dan keterlambatan proyek yang mungkin terjadi dapat dihindari.

Dalam dunia konstruksi ketentuan mengenai biaya, mutu dan waktu penyelesaian pekerjaan konstruksi sudah diikat di dalam kontrak kerja dan ditetapkan sebelum pelaksanaan pekerjaan konstruksi dikerjakan. Seperti diketahui, waktu penyelesaian yang dibutuhkan untuk proses pekerjaan konstruksi selalu dicantumkan dalam dokumen kontrak karena akan berpengaruh penting terhadap nilai pelelangan dan biaya pekerjaan. Oleh karena itu dalam suatu proyek konstruksi diperlukan adanya pengendalian proyek.

Dengan penelitian ini upaya mencari solusi dari masalah percepatan penyelesaian proyek pada pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung Layanan Olahraga Kota Tangerang Selatan menggunakan metode percepatan (*crashing*) dengan penambahan jam kerja empat jam dan sistem shift kerja (*shift pagi dan shift malam*), kemudian akan dapat selisih durasi pelaksanaan proyek dan biaya proyek dari kedua alternatif tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa total waktu dan biaya pada pelaksanaan proyek setelah dilakukan percepatan durasi proyek dengan penambahan jam kerja empat jam dan sistem shift kerja ?
2. Berapa besar biaya yang lebih ekonomis dan berapa durasi waktu yang lebih efisien dari kedua alternatif tersebut ?

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada Proyek Pembangunan Layanan Gedung Olahraga Kota Tangerang Selatan.
2. Penelitian ini hanya fokus terhadap waktu percepatan durasi (crash duration) proyek dengan menggunakan dua alternatif yaitu penambahan jam kerja maksimal empat jam dan shift kerja (shift pagi dan shift malam).
3. Analisis harga satuan yang digunakan pada penelitian ini sama dengan analisis harga satuan yang digunakan pada Proyek Pembangunan Layanan Gedung Olahraga Kota Tangerang Selatan.
4. Hanya memperhitungkan pada pekerjaan struktur, tidak termasuk pekerjaan arsitektur dan mekanikal elektrik.
5. Penggunaan Microsoft Project dan Microsoft Excel dalam menganalisis jalur kritis, biaya proyek, percepatan proyek, dan durasi proyek.
6. Diasumsikan kondisi lingkungan proyek dan cuaca yang selama pelaksanaan proyek mendukung (cuaca baik : tidak hujan).
7. Diasumsikan sumber daya uang, material dan tenaga kerja yang dibutuhkan selalu tersedia.
8. Mengabaikan meningkatnya kebutuhan material yang kemungkinan di sebabkan pada saat jam kerja sistem shift dilaksanakan.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui total waktu dan biaya proyek setelah dilakukan percepatan dengan dua alternatif, yaitu penambahan jam kerja empat jam dan sistem shift kerja.
2. Mendapatkan besar biaya yang lebih ekonomis dan durasi waktu yang lebih efisien, setelah dilakukan percepatan proyek dengan menggunakan dua alternatif tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek (*Crasing*)

Salah satu cara untuk mempercepat durasi proyek dalam istilah asingnya adalah crashing. Terminologi proses crashing adalah dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Crashing adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis (Ervianto, 2005).

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan yang akan diadakan crash program. Durasi crashing maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan. Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan kerja lembur, penggunaan peralatan berat dan perubahan metode konstruksi di lapangan (Frederika, 2010).

- **Percepatan Dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja**

Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan metode penambahan jam kerja adalah :

1. Waktu kerja normal adalah 8 jam (08.00-17.00), sedangkan lembur dilakukan setelah waktu kerja normal.
2. Cara perhitungan harga upah pekerja untuk lembur menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur Pasal 11, yang sebelumnya sudah diatur pada pasal 8 diperhitungkan sebagai berikut :
 - Perhitungan upah lembur berdasarkan pada upah bulanan
 - Cara menghitung sejam adalah $\frac{1}{173}$ kali upah sebulan

Rumus :

$$\text{Upah jam lembur pertama} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{upah sebulan}$$

Upah jam lembur kedua dan seterusnya = $2 \times \frac{1}{173} \times$ upah sebulan

- **Percepatan Dengan Alternatif Sistem *Shift* Kerja**

Penggunaan metode shift dalam suatu pekerjaan lebih cocok jika durasi yang ditetapkan oleh pemilik proyek sangat singkat. Adapun hal yang harus diperhatikan saat menggunakan metode shift misalnya masalah penerangan layanan pendukung, keamanan, dan produktifitas pekerja. Biasanya dengan penggunaan metode shift, biaya yang dikeluarkan akan melampaui rencana anggaran yang ditetapkan untuk pengeluaran fasilitas guna layanan kerja. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan shift dalam suatu pekerjaan akan menambah biaya yang harus dikeluarkan (Ervianto, 2005). Namun, secara drastis dapat mereduksi durasi pekerjaan hingga mencapai 50% dari durasi yang ditetapkan (Edward M, 1986).

Masalah yang biasanya muncul pada penggunaan metode shift kerja berkaitan dengan kurang effisiensinya komunikasi antar tenaga kerja, kondisi kesehatan yang buruk, kinerja pekerjaan yang buruk dan kondisi mental dan fisik yang tidak sehat dan bahkan keamanan pada saat bekerja (Penkala (1997) dan Huug (1992) dalam Hanna, 2008). Dampak terbesar lainnya dalam metode shift adalah kurangnya waktu tidur tenaga kerja dan tubuh tidak mudah untuk menyesuaikan siklus tidur yang baru. Siklus tidur yang kurang teratur dan bekerja yang tidak sesuai dengan waktu normal akan mempengaruhi kesehatan para tenaga kerja dan performa kinerjanya. Penyesuaian ritme tubuh ke siklus kerja baru membutuhkan waktu 7-12 hari (Costa (1996) dalam Hanna, 2008) atau 24 sampai 30 hari (Fly (1980) dalam Hanna, 2008). Beberapa masalah tersebut yang akan mempengaruhi penurunan produktivitas tenaga kerja, angka koefisien penurunan produktivitas dalam persen telah diketahui sebesar 11% – 17% dan biaya langsung kerja shift biasanya dikenakan biaya tambahan sebesar 15% untuk upah pekerja dari upah pekerja normal (Hanna , 2008).

2.2 Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara output dengan input, atau rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material, uang, metoda dan alat. Sukses atau tidaknya proyek konstruksi tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya (Ervianto, 2002).

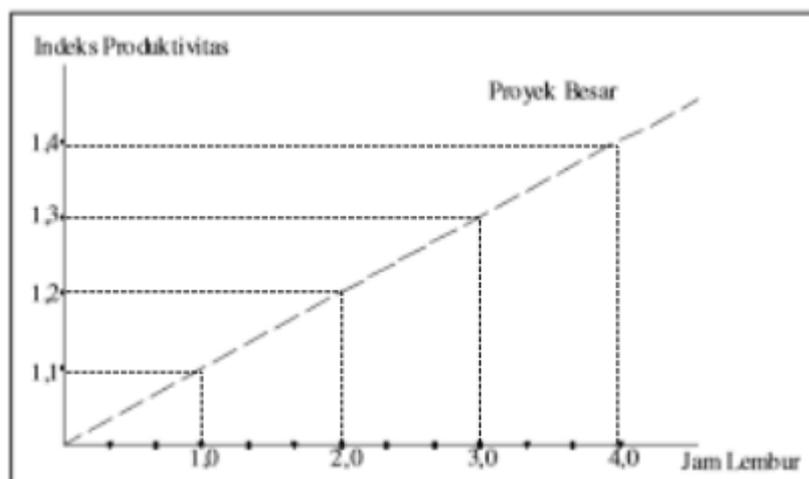
Sumber daya yang digunakan pada proses proyek konstruksi adalah *material, machines, men, method, dan money*.

- **Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas**

Pada penelitian Low pada tahun 1992 yang dilakukan di Singapura. Low telah menyimpulkan bahwa produktivitas dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu *build ability, structure of industry, training, mechanisation, and automation, foreign labour, standardisation, building control*.

Penelitian serupa telah dilakukan di Indonesia oleh Kaming pada tahun 1997. Kaming menyebutkan ada 4 faktor yang mempengaruhi produktivitas, yaitu :

1. Metoda dan teknologi terdiri atas faktor : desain rekayasa, metoda konstruksi, urutan kerja, pengukuran kerja.
2. Manajemen lapangan terdiri atas faktor : perencanaan dan penjadwalan, tata letak lapangan, komunikasi lapangan, manajemen material, manajemen peralatan, manajemen tenaga kerja.
3. Lingkungan kerja terdiri atas faktor, keselamatan kerja, lingkungan fisik, kualitas pengawasan, keamanan kerja, latihan kerja, partisipasi.
4. Faktor manusia tingkat upah kerja, kepuasan kerja, insentif, pembagian keuntungan, hubungan kerja mandor-pekerja, hubungan kerja antar sejawat, kemangkiran.



Gambar 2.1 Grafikasi Indikasi Penurunan Produktivitas dengan Jam Lembur

(Sumber : Soeharto, 1997)

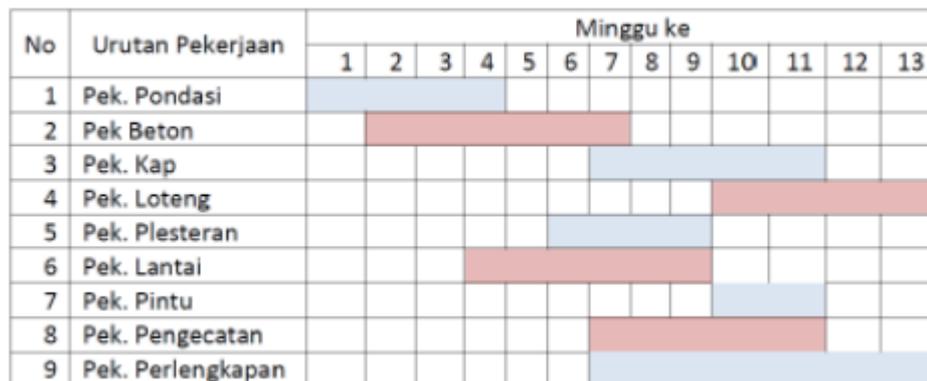
2.3 Metode Penjadwalan Proyek

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek dan masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap kinerja biaya, sekaligus kinerja proyek secara keseluruhan. Pertimbangan penggunaan metode-metode penjadwalan didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan (Husen, 2009).

- **Metode Bagan Balok atau *Barchart***

Barchart ditemukan oleh Gantt dan Fredick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, dengan panjang balok sebagai representasi dari durasi setiap kegiatan. Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya.

Penyajian informasi bagan balok agak terbatas, misal hubungan antar kegiatan tidak jelas dan lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Karena urutan kegiatan kurang terinci, maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi susah untuk dilakukan.



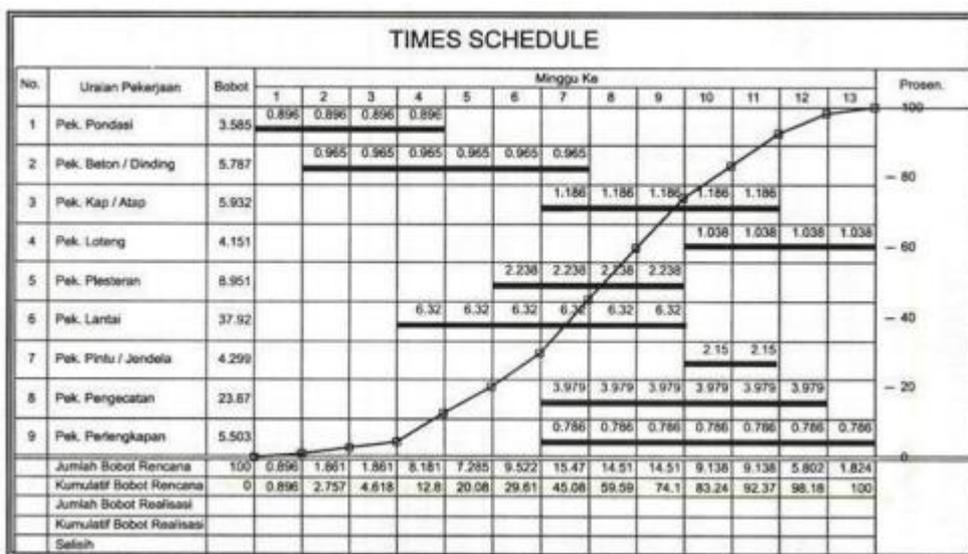
Gambar 2.2 Contoh Diagram Batang (*Bar Chart*)

(Sumber : Yurry, 2008)

2.4 Metode Kurva S Hannum Curve

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana, dari sinilah diketahui bahwa apakah ada keterlambatan atau percepatan pada proyek. Jika dikaitkan dengan network planning, kurva S sangat efektif untuk menunjukkan prestasi kerja yang telah dicapai, memonitor waktu pelaksanaan yang telah dikerjakan dan berapa biaya yang telah dikeluarkan. Suatu proyek terlambat atau tidak dapat dikontrol dengan memberi baseline pada periode tertentu sehingga keadaan aktualnya dapat dibandingkan dengan bobot penyelesaian kumulatif dari masing-masing kegiatan.



Gambar 2.3 Contoh Diagram Kurva S

(Sumber : Hannum)

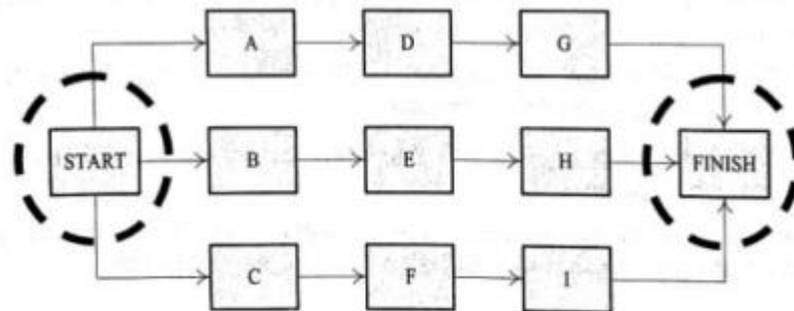
2.5 Precedence Diagram Method (PDM)

Kegiatan dalam *Precedence Diagram Method* (PDM) digambarkan oleh sebuah gambar segi empat karena letak kegiatan ada pada bagian node sehingga sering disebut juga *Activity On Node* (AON). PDM merupakan penyempurnaan dari *Critical Path Method* (CPM), karena pada prinsipnya CPM hanya menggunakan satu jenis hubungan aktifitas yaitu hubungan aktifitas akhir awal dan pada CPM sebuah kegiatan dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya selesai.

Pada *Precedence Diagram Method* (PDM), hubungan antara kegiatan berkembang menjadi beberapa kemungkinan yang berupa *constrain*. *Constrain* akan menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari node terdahulu ke node berikutnya. Satu *constrain* hanya bisa menghubungkan dua node. Karena setiap node memiliki dua ujung

yaitu ujung awal atau mulai (S) dan ujung akhir (F), maka ada empat macam constrain yaitu start to start (SS), start to finish (SF), finish to start (FS), dan finish to finish (FF). Pada garis constrain diberikan penjelasan mengenai waktu mendahului (lead) atau terlambat (lag) (Frederika, 2010).

Hubungan antar kegiatan dalam metode ini ditunjukkan oleh sebuah garis penghubung yang dapat dimulai dari kegiatan kiri ke kanan atau dari kegiatan atas ke bawah. Akan tetapi, tidak pernah dijumpai akhir dari garis penghubung ini di kiri sebuah kegiatan. Jika kegiatan awal terdiri dari sejumlah kegiatan dan diakhiri oleh sejumlah kegiatan pula maka dapat ditambahkan kegiatan awal dan kegiatan akhir yang keduanya merupakan kegiatan fiktif/dummy, misalnya untuk kegiatan awal ditambahkan kegiatan START dan kegiatan akhir ditambahkan FINISH.



Gambar 2.4 Kegiatan Fiktif
(Sumber : Ervianto, 2002)

- **Perhitungan *Precedence Diagram Method* (PDM)**

Perhitungan PDM pada dasarnya sama dengan perhitungan CPM, yaitu menggunakan perhitungan ke depan (Forward Analysis) untuk menentukan Earliest Start (ES) dan Earliest Finish (EF). Dan menggunakan perhitungan ke belakang (Backward Analysis) untuk menentukan Latest Start (LS) dan Latest Finish (LF).

Pada *Precedence Diagram Method* digambarkan adanya empat jenis hubungan antar aktivitas, yaitu start to start, start to finish, finish to start dan finish to finish. Digambarkan oleh sebuah lambang segi empat karena letak kegiatan ada di bagian node.

1. Hubungan antar kegiatan (Constrain)
 - Hubungan Kegiatan Finish to Finish (FF)



Gambar 2.5 Kegiatan FF (*Forward Analysis*)

(Sumber : Rani, 2014)

$$\text{Rumus : } EF_j = EF_i + FF_{ij} \text{ atau } ES_j = EF_j - D_j$$

- Hubungan Kegiatan Finish to Start (FS)

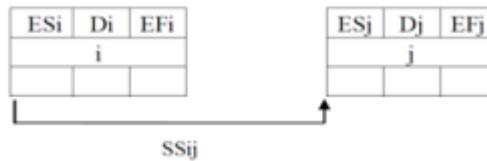


Gambar 2.6 Kegiatan FS (*Forward Analysis*)

(Sumber : Rani, 2014)

$$\text{Rumus : } ES_j = EFi + FS_{ij} \text{ atau } EF_j = ES_j + D_j$$

- Hubungan Kegiatan Start to Start (SS)



Gambar 2.7 Kegiatan SS (*Forward Analysis*)

(Sumber : Rani, 2014)

$$\text{Rumus : } ES_j = EFi + FS_{ij} \text{ atau } EF_j = ES_j + D_j$$

- Hubungan Kegiatan Start to Finish (SF)



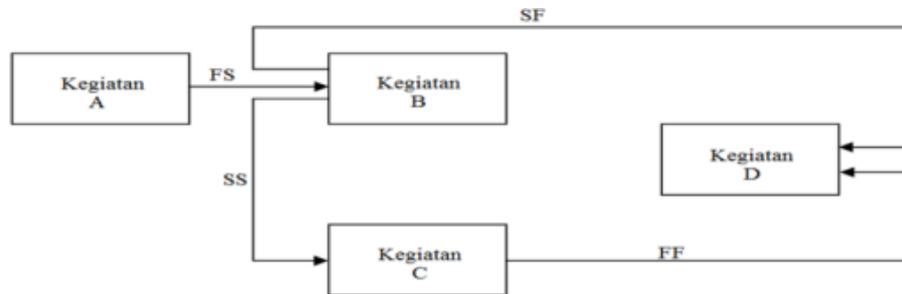
Gambar 2.8 Kegiatan SF (*Forward Analysis*)

(Sumber : Rani, 2014)

$$\text{Rumus : } EF_j = ES_i + SF_{ij} \text{ atau } ES_j = EF_j - D_j$$

Pada perhitungan PDM ini, jika perhitungan ke muka ada lebih satu kegiatan predecessor yang hubungan ketergantungan (constrain) berlainan (FF,FS,SS,SF) maka

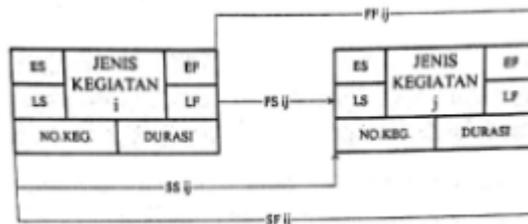
ES dan EF diambil yang maksimum. Namun, untuk perhitungan ke belakang jika ada lebih kegiatan *successor* yang hubungan ketergantungan (constrain) berlainan, maka LS dan EF diambil yang minimum (Faisol, 2010).



Gambar 2.9 Diagram Jaringan Kerja Dengan Menggunakan PDM
(Sumber : Budiano, 2006)

- **Jalur Kritis**

Untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan kemudian menentukan jalur kritis dapat dilakukan perhitungan ke depan (Forward Analysis) dan perhitungan ke belakang (Backward Analysis). Perhitungan ke depan (Forward Analysis) dilakukan untuk mendapatkan besarnya Earliest Start (ES) dan Earliest Finish (EF). Yang merupakan kegiatan predecessor adalah kegiatan I, sedangkan yang dianalisis adalah kegiatan J.

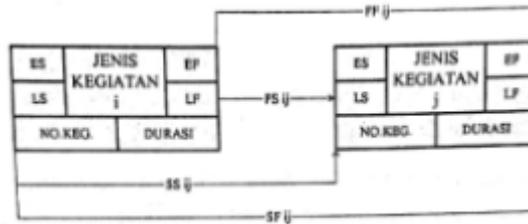


Gambar 2.10 Hubungan Kegiatan I dan J
(Sumber : Ervianto, 2002)

Besarnya nilai ES_j dan EF_j dihitung sebagai berikut :

- $ES_j = ES_i + SS_{ij}$ atau $ES_j = EF_i + FS_{ij}$
- $EF_j = ES_i + SF_{ij}$ atau $EF_j = EF_i + FF_{ij}$ atau $ES_j + D_j$

Perhitungan ke belakang (Backward Analysis) dilakukan untuk mendapatkan besarnya Latest Start (LS) dan Latest Finish (LF). Sebagai kegiatan successor adalah kegiatan J, sedangkan kegiatan analisis adalah I.



Gambar 2.11 Hubungan Kegiatan I dan J
(Sumber : Ervianto, 2002)

Besarnya nilai LS_j dan LF_j dihitung sebagai berikut :

$$LF_i = LF_j - FF_{ij} \text{ atau } LF_i = LS_j - FS_{ij}$$

$$LF_i = LS_i - SS_{ij} \text{ atau } LF_j = LF_j - SF_{ij} \text{ atau } LF_i - D_i$$

Jalur kritis ditandai oleh beberapa keadaan sebagai berikut :

$$\text{Earliest Start (ES)} = \text{Latest Start (LS)}$$

$$\text{Earliest Finish (EF)} = \text{Latest Finish (LF)}$$

$$\text{Latest Finish (LF)} - \text{Earliest Start (ES)} = \text{Durasi kegiatan}$$

- **Float**

Float adalah sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat secara sengaja atau tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya. Float dibedakan menjadi dua jenis, yaitu total float dan free float (Ervianto, 2002).

Total float adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk terlambat atau diperlambatnya pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi selesainya proyek secara keseluruhan.

$$\text{Total Float (TF)}_i = \text{Minimum (LS}_j - \text{EF}_i)$$

Free float adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk terlambat atau diperlambatnya pelaksanaan kegiatan tanpa mempengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

$$\text{Free Float (FF)}_i = \text{Minimum (ES}_j - \text{EF}_i)$$

- **Lag**

Link lag adalah garis ketergantungan antara kegiatan dalam suatu Network Planning. Perhitungan lag dapat dilakukan dengan cara :

1. Melakukan perhitungan ke depan untuk mendapatkan nilai-nilai Earliest Start (ES) dan Earliest Finish (EF).

2. Hitung besarnya lag
3. Buatlah garis ganda untuk lag yang nilainya = 0
4. Hitung Free Float (FF) dan Total Float (TF)

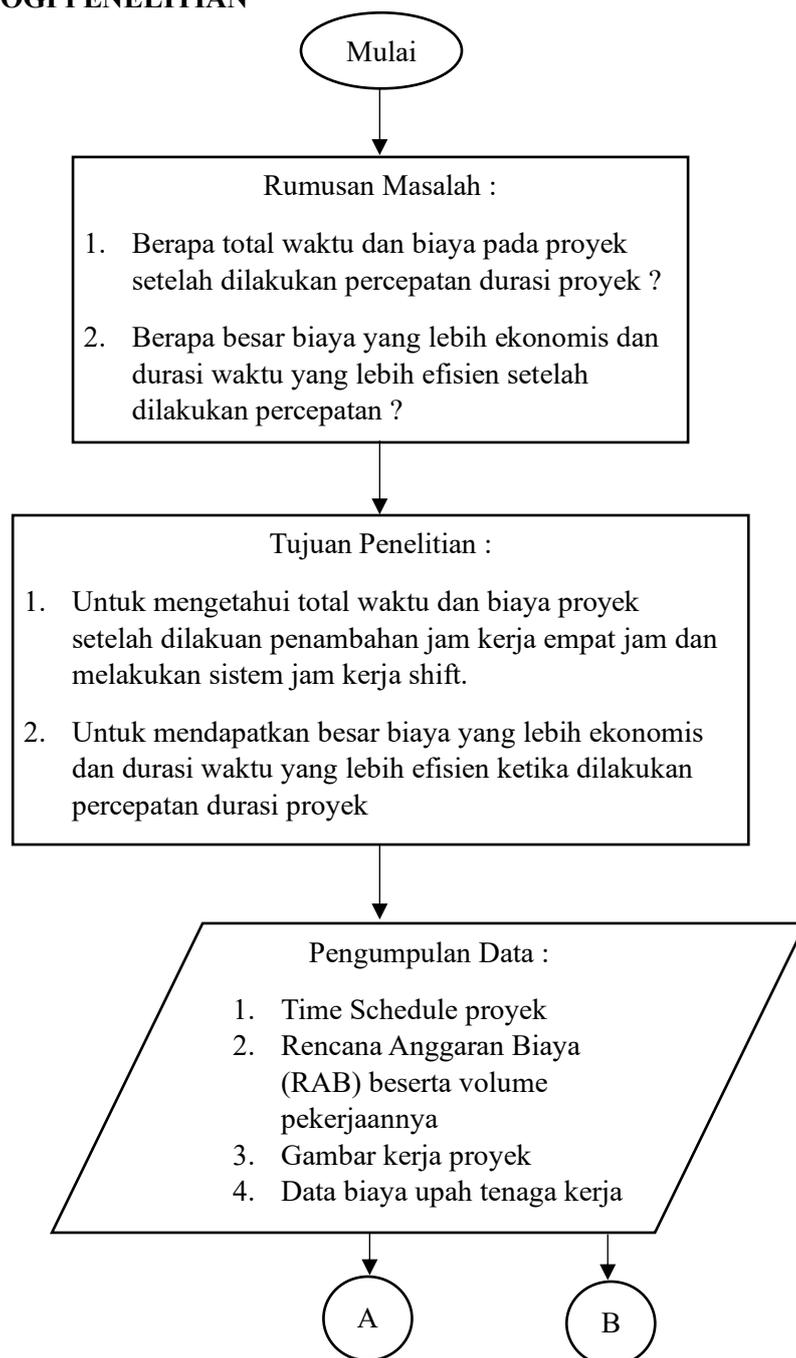
Rumus :

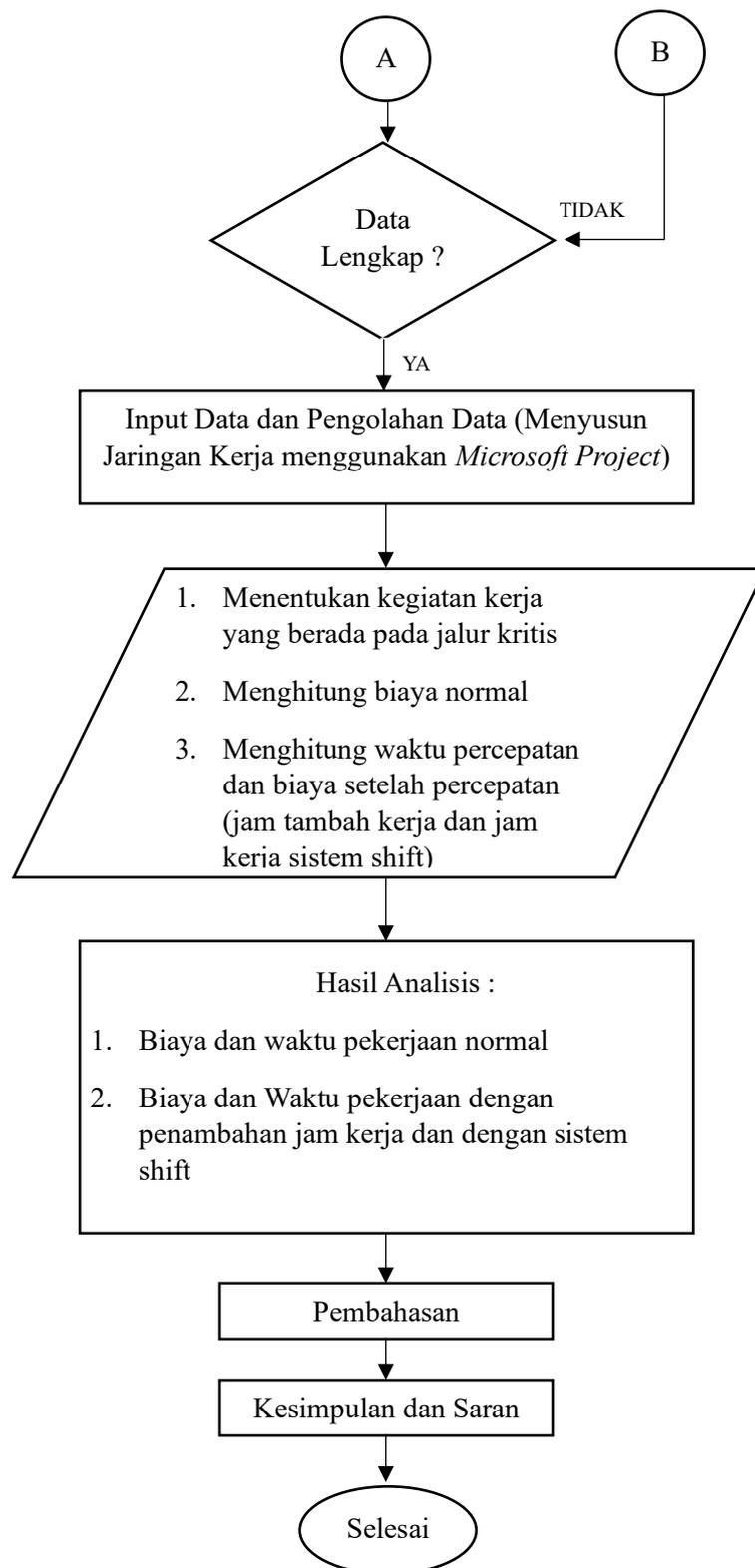
$$\text{Lag}_{ij} = \text{ES}_j - \text{EF}_i$$

$$\text{Free Float } i = \text{minimum} (\text{Lag}_{ij})$$

$$\text{Total Float } i = \text{minimum} (\text{Lag}_{ij} + \text{TF}_j)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN





Gambar 3.1 Gambar Alir Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Studi kasus dalam penelitian ini ialah sebuah Proyek Pembangunan Gedung Layanan Olahraga Kota Tangerang Selatan. Proyek ini terdiri dari 3 lantai, pada perencanaan durasi pelaksanaan proyek, proyek ini mulai dikerjakan pada tanggal 05 Juli 2021 dan direncanakan selesai dalam kurun waktu 170 hari. Proyek ini dipilih menjadi studi kasus dalam penelitian ini karena dalam pelaksanaannya mengalami keterlambatan, sehingga perlu diadakan percepatan agar proyek dapat selesai tepat waktu atau bahkan lebih cepat dari durasi normal perencanaan. Dalam penelitian ini kegiatan yang dipercepat hanya kegiatan pekerjaan struktur yang berada pada jalur kritis, adapun data yang digunakan untuk proses crashing dalam penelitian ini adalah data rencana anggaran biaya (RAB) dan schedule. Berikut data Proyek Pembangunan Gedung Layanan Olahraga Kota Tangerang Selatan.

Data umum proyek :

1. Nama proyek : Pekerjaan Pembangunan Gedung Layanan Olahraga Kota Tangerang Selatan (Gedung Koni)
2. Jenis Pekerjaan : Pembangunan Gedung Layanan Olahraga
3. Lokasi Proyek : Jl. Bintaro Utama 3A Pondok Karya, Pondok Aren Kota Tangerang Selatan 15225 Provonsi Banten
4. Luas Lahan : 4.212 m²
5. Jumlah Lantai : 3 Lantai
6. Biaya Proyek : 7.916.085.857.18
7. Sumber Dana Proyek : APBD Kota Tangerang Selatan Tahun Anggaran 2021
8. Jadwal Proyek : 170 Hari
9. Nama Pemilik Proyek : Dinas Bangunan dan Penataan Ruang Tangerang Selatan
10. Pelaksana : PT. Sihyong Jaya Persada
11. Konsultan Perencana : CV. Bighi Konsultan
12. Konsultan Pengawas : PT. Alocita Mandiri

Berikut merupakan beberapa data yang dibutuhkan pada penelitian ini, data rencana anggaran biaya (RAB) Proyek Pembangunan Gedung Layanan Olahraga Kota Tangerang

Selatan Provinsi Banten disajikan pada tabel 4.1, daftar upah pekerja pada tabel 4.2, daftar harga bulanan pada lampiran 1 dan daftar pekerjaan proyek beserta durasi masing-masing pekerjaan disajikan lampiran 2.

Tabel 4. 1 Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Pekerjaan	Harga
A.	Pekerjaan STRUKTUR	Rp 2.118.459.331
B.	Pekerjaan ARSITEKTUR	Rp 3.164.248.611
C.	Pekerjaan MEKANIKAL/ ELEKTRIKAL	Rp 1.281.657.622
D.	Pekerjaan LANSEKAP	Rp 563.894.306
Jumlah		Rp 7.128.259.870
PPN 10%		Rp 712.825.987
Sambungan Daya PLN 66 KVA		Rp 75.000.000
Total Biaya		Rp 7.916.085.857
Dibuatkan Kebawah dalam ribuan		Rp 7.916.085.000

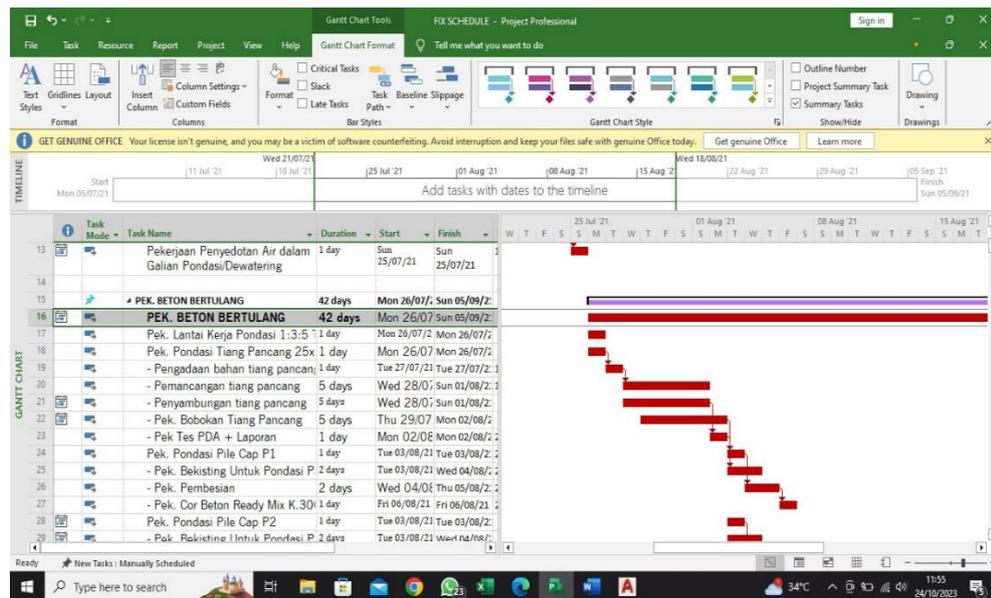
Tabel 4. 2 Daftar Upah Pekerja

No	Jenis Upah	Satuan	Harga
1	Pekerja	oh	Rp. 155.000,00
2	Mandor	oh	Rp. 200.000,00
3	Tukang Kayu	oh	Rp. 170.000,00
4	Kepala Tukang	oh	Rp. 190.000,00
5	Tukang Batu	oh	Rp. 170.000,00
6	Tukang Besi	oh	Rp. 170.000,00
7	Tukang Cat	oh	Rp. 170.000,00
8	Tukang Besi Konstruksi	oh	Rp. 170.000,00
9	Tukang Besi Profil	oh	Rp. 170.000,00
10	Sewa Alat Las	Jm	Rp. 44.900,00
11	Sewa Alat Merakit Baja	Jm	Rp. 500.000,00
12	Operator Alat Berat	oh	Rp. 170.000,00

4.1 Penentuan Jalur Kritis

Pada tahap penjadwalan terlebih dahulu harus diketahui durasi setiap pekerjaan pada proyek, dalam penelitian ini untuk mengetahui durasi setiap pekerjaan bisa dengan melihat schedule rencana pada proyek. Setelah durasi setiap pekerjaan diketahui

selanjutnya menentukan hubungan tiap pekerjaan, setelah hubungan setiap pekerjaan tersebut selesai dimodelkan kedalam microsoft project 2016, maka akan didapatkan beberapa item pekerjaan yang berada pada jalur kritis dengan ciri pada bar chart maupun network diagram ditunjukkan dengan garis berwarna merah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1. Pekerjaan yang berada pada jalur kritis inilah yang akan dilakukan percepatan (crashing), untuk melihat pekerjaan yang berada pada jalur kritis tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3.



Gambar 4. 1 Contoh Analisis Pada Microsoft Project

Tabel 4. 3 Pekerjaan yang Berada Pada Jalur Kritis

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Sat	Durasi Normal (hr)
A.	PEKERJAAN STRUKTUR			
	Lantai 1			
I.	Pekerjaan Persiapan			
	Pengukuran dan pemasangan bowplank	92,00	m ¹	10
II.	Pekerjaan Tanah			
	Galian tanah pondasi	147,60	m ³	14
III.	Pekerjaan Pondasi			

	Pemasangan pondasi Tiang Pancang	662,00	m ³	10
IV.	Pekerjaan Kolom Lantai 1			
	Kolom K1	16,14	m ³	7
V.	Pekerjaan Sloof & Balok LT1			
	Sloof S1 20/40	18,25	m ³	6
	Sloof S2 15/20	1,17	m ³	5
	Sloof S3 15/25	0,62	m ³	6
	Balok B1 35/60	8,60	m ³	6
	Balok B2 30/45	11,26	m ³	6
VI.	Pekerjaan Plat Lantai 1			
	Plat A1 t = 10 cm	71,38	m ³	25
	Plat A2 t = 12 cm	32,56	m ³	25
VII.	Pekerjaan Tangga Lantai 1			
	Balok Tangga	0,13	m ³	13
	Lantai 2			
I.	Pekerjaan Kolom LT2			
	Kolom K1 40/40	16,14	m ³	8
II.	Pekerjaan Balok LT2			
	Balok B1 35/60	8,60	m ³	8
	Balok B2 30/45	11,02	m ³	8
	Balok B3 25/35	2,32	m ³	8
III.	Pekerjaan Plat Lantai LT2			
	Plat A1 t = 10 cm	1,88	m ³	28
	Plat A2 t = 12 cm	25,85	m ³	28
IV.	Pekerjaan Tangga Lantai 2			
	Balok Tangga	0,13	m ³	10
	Lantai 3			
I.	Pekerjaan Kolom LT3			
	Kolom K1 40/40	16,64	m ³	13
II.	Pekerjaan Balok LT3			
	Balok B1 35/60	2,32	m ³	6
	Balok B2 30/45	10,72	m ³	6
	Balok B3 25/35	5,61	m ³	6

III.	Pekerjaan Plat Lantai LT3			
	Plat A1 t = 10 cm	4,06	m ³	10
	Plat A2 t = 15 cm	10,72	m ³	10
	ATAP			
	Pekerjaan Baja			
	Pas. Rangka Baja Atap Baja Ringan Berikut Gording, Kaso & Reng + Sertifikat Garansi dan Perhitungan Software Struktur	239,96	kg	20
	Pasang Atap Bitumen type genteng	239,96	kg	2
	Pasang Nok Genteng Bitumen	45,22	kg	2
	Pek. Plafond Gyptile 60/120 cm ex. Jayaboard Rangka Maintee & Crosstee, Penggantung Root	114,04	kg	5
	Pas. Partisi Rangka Baja ringan C.75 + Gypsum Board 9mm	33,60	kg	5

4.2 Analisa Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek Dengan Menambah Empat Jam Kerja

Produktivitas masing-masing tenaga kerja per hari sudah diketahui dari analisis sebelumnya dengan durasi jam kerja normal adalah 8 jam/hari. Sehingga untuk selanjutnya akan dihitung durasi crashing menambah jam kerja empat jam/hari dengan mempertimbangkan penurunan produktivitas tenaga kerja pada saat jam lembur.

Tabel 4. 4 Koefisien Produktivitas Pada Jam Lembur

Jam Lembur (jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Penurunan Prestasi Kerja (Per jam)	Presentase Penurunan Prestasi Kerja (%)	Koefisien Produktivitas
a	b	C = a*b	d	E = 100%-d
Ke - 1	0,1	0,1	10	0,9
Ke - 2	0,1	0,2	20	0,8
Ke - 3	0,1	0,3	30	0,7
Ke - 4	0,1	0,4	40	0,6

(Berdasarkan Grafik Indikasi Penurunan Produktivitas Pada Gambar 3.3)

1. Menentukan produktivitas tenaga kerja setelah ditambahkan empat jam kerja pada proyek digunakan jam kerja per harinya ialah 8 jam/hari. Maka dapat dicari produktivitas per jamnya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Produktivitas Per Jam} = \frac{\text{Kapasitas kerja per hari}}{\text{Durasi jam kerja normal}}$$

Produktivitas Tenaga Kerja Lembur = (Kap./hari + (jam lembur * kap./jam * koef.))

Durasi kerja normal = 8 jam

Durasi kerja lembur = 4 jam +

Total jam kerja = 12 jam

- Pekerjaan pengukuran dan pemasangan bouwplank

Pekerja = Produktivitas per jam = $\frac{10,000}{8} = 1,250$
 = Produktivitas 12 jam = $(10,000 + (4*1,250*0,6))$
 = 13,000 m/hari

- Pekerjaan pemasangan betom Pondasi Tiang Pancang K-300

Pekerja = Produktivitas per jam = $\frac{5,405}{8} = 0,676$
 = Produktivitas 12 jam = $(5,405 + (4*0,676*0,6))$
 = 7,027 m³ /hari

- Pekerjaan kolom lantai 1 (K1)

Pekerja = Produktivitas per jam = $\frac{0,4000}{8} = 0,050$
 = Produktivitas 12 jam = $(0,4000 + (4*0,050*0,6))$
 = 0,520 m³ /hari

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Produktivitas Tenaga Kerja Jam Lembur

	Upah Tenaga Kerja Lembur			
	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
Pekerjaan Bouwplank (OH)	13,000	13,000	130,000	260,000
Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang (OH)	7,027	9,082	162,500	325,000
Pekerjaan Kolom K1 lt. 1 (OH)	0,520	5,200	13,000	130,000

(Sumber : Hasil Analisis)

4.2.1 Menentukan Durasi

Menentukan durasi setelah ditambah jam lembur empat jam Setelah mendapatkan nilai produktivitas tenaga kerja jam lembur, maka selanjutnya dapat mencari durasi pekerjaan setelah dipercepat. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Durasi pekerjaan crashing} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja 12jam} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

- Pekerjaan pengukuran dan pemasangan bouwplank

Pekerja = $\frac{92,00}{13,000 \times 0,920} = 7,692$ hari

- Pekerjaan pemasangan beton Pondasi Tiang Pancang K-300

$$\text{Pekerja} = \frac{662,00}{7,027 \times 12,248} = 7,692 \text{ hari}$$

- Pekerjaan kolom lantai 1 (K1)

$$\text{Pekerja} = \frac{16,14}{0,520 \times 5,764} = 5,385 \text{ hari}$$

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Durasi Setelah Ditambah Empat Jam

	Durasi Pekerjaan (hari)			
	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
Pekerjaan Bouwplank	7,692	7,692	7,692	7,692
Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	7,692	7,693	7,691	7,691
Pekerjaan Kolom K1 lt. 1	5,385	5,388	5,787	5,397

(Sumber : Hasil Analisa)

4.2.2 Menentukan Biaya Tambahan

Menentukan biaya tambahan dan upah total tenaga kerja Setelah mendapatkan durasi pekerjaan dipercepat, maka dapat dihitung berapa biaya tambahan akibat penambahan jam kerja dengan menggunakan rumus yang berdasarkan ketentuan yang tertulis dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11 tentang upah jam kerja lembur. Rumus tersebut ialah sebagai berikut :

- 1) Penambahan upah jam lembur ke-1 = $1,5 \times \frac{1}{173} \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$
- 2) Penambahan upah jam lembur ke-2 dst = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$

- Pekerjaan pengukuran dan pemasangan bouwplank

- 1) Upah normal

$$\text{Pekerja} = \text{Rp. } 155.000,00$$

$$\text{Tukang kayu} = \text{Rp. } 170.000,00$$

$$\text{Kepala tukang} = \text{Rp. } 190.000,00$$

$$\text{Mandor} = \text{Rp. } 200.000,00$$

- 2) Upah lembur jam ke-1

$$\text{Pekerja} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 155.000 \times 24 = \text{Rp. } 32.254,00$$

$$\text{Tukang kayu} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 35.376,00$$

$$\text{Kepala tukang} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 190.000 \times 24 = \text{Rp. } 39.538,00$$

$$\text{Mandor} = 1,5 \times \frac{1}{173} \times 200.000 \times 24 = \text{Rp. 41.618,00}$$

3) Upah lembur jam ke 2

$$\text{Pekerja} = 2 \times \frac{1}{173} \times 155.000 \times 24 = \text{Rp. 43.005,00}$$

$$\text{Tukang kayu} = 2 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. 47.168,00}$$

$$\text{Kepala tukang} = 2 \times \frac{1}{173} \times 190.000 \times 24 = \text{Rp. 52.717,00}$$

$$\text{Mandor} = 2 \times \frac{1}{173} \times 200.000 \times 24 = \text{Rp. 55.491,00}$$

4) Total cost per hari

(Upah normal + upah jam ke 1 + upah jam ke 2 + upah jam ke 3 + upah jam ke 4)

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 155.000 + 32.254 + 43.005 + 43.005 + 43.005 \\ &= \text{Rp. 316.269,00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang kayu} &= 170.000 + 35.376 + 47.168 + 47.168 + 47.168 \\ &= \text{Rp. 346.880,00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala tukang} &= 190.000 + 39.538 + 52.717 + 52.717 + 52.717 \\ &= \text{Rp. 387.689,00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 200.000 + 41.618 + 55.491 + 55.491 + 55.491 \\ &= \text{Rp. 408.091,00} \end{aligned}$$

5) Total upah tenaga kerja

(total cost per hari x durasi item pekerjaan x jumlah tenaga kerja)

$$\text{Pekerja} = 316.269 \times 8 \times 0,920 = \text{Rp. 2.327.739,00}$$

$$\text{Tukang kayu} = 346.880 \times 8 \times 0,920 = \text{Rp. 2.553.037,00}$$

$$\text{Kepala tukang} = 387.689 \times 8 \times 0,092 = \text{Rp. 285.339,00}$$

$$\text{Mandor} = 408.091 \times 8 \times 0,046 = \text{Rp. 150.177,00}$$

$$\text{Total upah pekerjaan bouwplank} = \text{Rp. 5.316.292,00}$$

6) Cost Slope

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$\text{Cost slope / hari} = \frac{5.316.308 - 3.256.800}{10 - 8} = \text{Rp. 1.029.754,00}$$

$$\begin{aligned} \text{Cost slope total} &= \text{cost slope per hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash}) \\ &= 1.029.746 \times (10 - 8) \\ &= \text{Rp. 2.059.508,00} \end{aligned}$$

- Pekerjaan pemasangan Pondasi Tiang Pancang

- 1) Upah normal
- Pekerja = Rp. 155.000,00
- Tukang batu = Rp. 170.000,00
- Kepala tukang = Rp. 190.000,00
- Mandor = Rp. 200.000,00
- 2) Upah lembur jam ke-1
- Pekerja = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 155.000 \times 24 = \text{Rp. } 32.254,00$
- Tukang batu = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 35.375,00$
- Kepala tukang = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 190.000 \times 24 = \text{Rp. } 39.538,00$
- Mandor = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 200.000 \times 24 = \text{Rp. } 41.618,00$
- 3) Upah lembur jam ke-2
- Pekerja = $2 \times \frac{1}{173} \times 155.000 \times 24 = \text{Rp. } 43.006,00$
- Tukang batu = $2 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 47.168,00$
- Kepala tukang = $2 \times \frac{1}{173} \times 190.000 \times 24 = \text{Rp. } 52.717,00$
- Mandor = $2 \times \frac{1}{173} \times 200.000 \times 24 = \text{Rp. } 55.491,00$
- 4) Total cost per hari (Upah normal + upah jam ke 1 + upah jam ke 2 + upah jam ke 3 + upah jam ke 4)
- Pekerja = $155.000 + 32.254 + 43.006 + 43.006 + 43.006$
= Rp. 316.272,00
- Tukang batu = $170.000 + 35.375 + 47.168 + 47.168 + 47.168$
= Rp. 346.879,00
- Kepala tukang = $190.000 + 39.538 + 52.717 + 52.717 + 52.717$
= Rp. 387.689,00
- Mandor = $200.000 + 41.618 + 55.491 + 55.491 + 55.491$
= Rp. 408.091,00
- 5) Total upah tenaga kerja (total cost per hari x durasi item pekerjaan x jumlah tenaga kerja)
- Pekerja = $316.272 \times 8 \times 12,248 = \text{Rp. } 30.989.596,00$
- Tukang kayu = $346.879 \times 8 \times 9,475 = \text{Rp. } 26.293.428,00$
- Kepala tukang = $387.689 \times 8 \times 0,530 = \text{Rp. } 1.643.801,00$
- Mandor = $408.091 \times 8 \times 0,265 = \text{Rp. } 865.153,00$

Total upah pekerjaan fondasi siklop = Rp. 59.791.978,00

6) Cost Slope

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$\text{Cost slope / hari} = \frac{59.791.978 - 36.628.900}{10 - 8} = \text{Rp. } 11.581.539,00$$

Cost slope total = cost slope per hari x (durasi normal - durasi crash)

$$= 11.581.539 \times (10 - 8)$$

$$= 23.163.078,00$$

- Pekerjaan kolom lantai 1 (K1)

1) Upah normal

Pekerja = Rp. 155.000,00

Tukang batu = Rp. 170.000,00

Tukang kayu = Rp. 170.000,00

Tukang besi = Rp. 170.000,00

Kepala tukang = Rp. 190.000,00

Mandor = Rp. 200.000,00

2) Upah lembur jam ke-1

Pekerja = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 155.000 \times 24 = \text{Rp. } 32.254,00$

Tukang batu = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 35.375,00$

Tukang kayu = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 35.375,00$

Tukang besi = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 35.375,00$

Kepala tukang = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 190.000 \times 24 = \text{Rp. } 39.538,00$

Mandor = $1,5 \times \frac{1}{173} \times 200.000 \times 24 = \text{Rp. } 41.618,00$

3) Upah lembur jam ke-2

Pekerja = $2 \times \frac{1}{173} \times 155.000 \times 24 = \text{Rp. } 43.006,00$

Tukang batu = $2 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 47.168,00$

Tukang kayu = $2 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 47.168,00$

Tukang besi = $2 \times \frac{1}{173} \times 170.000 \times 24 = \text{Rp. } 47.168,00$

Kepala tukang = $2 \times \frac{1}{173} \times 190.000 \times 24 = \text{Rp. } 52.717,00$

Mandor = $2 \times \frac{1}{173} \times 200.000 \times 24 = \text{Rp. } 55.491,00$

4) Total cost per hari (Upah normal + upah jam ke 1 + upah jam ke 2 + upah jam ke 3 + upah jam ke 4)

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 155.000 + 32.254 + 43.006 + 43.006 + 43.006 \\ &= \text{Rp. } 316.272,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang batu} &= 170.000 + 35.375 + 47.168 + 47.168 + 47.168 \\ &= \text{Rp. } 346.879,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang kayu} &= 170.000 + 35.375 + 47.168 + 47.168 + 47.168 \\ &= \text{Rp. } 346.879,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang besi} &= 170.000 + 35.375 + 47.168 + 47.168 + 47.168 \\ &= \text{Rp. } 346.879,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala tukang} &= 190.000 + 39.538 + 52.717 + 52.717 + 52.717 \\ &= \text{Rp. } 387.689,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 200.000 + 41.618 + 55.491 + 55.491 + 55.491 \\ &= \text{Rp. } 408.091,00 \end{aligned}$$

5) Total upah tenaga kerja (total cost per hari x durasi item pekerjaan x jumlah tenaga kerja)

$$\text{Pekerja} = 316.272 \times 6 \times 5,764 = \text{Rp. } 10.937.951,00$$

$$\text{Tukang batu} = 346.879 \times 6 \times 0,576 = \text{Rp. } 1.198.814,00$$

$$\text{Tukang kayu} = 346.879 \times 6 \times 0,601 = \text{Rp. } 1.250.846,00$$

$$\text{Tukang besi} = 346.879 \times 6 \times 0,016 = \text{Rp. } 33.300,00$$

$$\text{Kepala tukang} = 387.689 \times 6 \times 0,231 = \text{Rp. } 537.337,00$$

$$\text{Mandor} = 408.091 \times 6 \times 0,023 = \text{Rp. } 56.316,00$$

$$\text{Total upah pekerjaan rantai kerja} = \text{Rp. } 14.014.564,00$$

6) Cost Slope

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$\text{Cost slope / hari} = \frac{14.014.564 - 7.278.810}{7 - 6} = \text{Rp. } 6.735.754,00$$

$$\text{Cost slope total} = \text{cost slope per hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash})$$

$$= 6.735.754 \times (7 - 6)$$

$$= \text{Rp. } 6.735.754,00$$

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Upah Total Tenaga Kerja Ditambah Empat Jam Kerja

	Upah total tenaga kerja ditambah 4 jam kerja	<i>Cost slope total</i>
Pekerjaan Bouwplank	Rp. 5.316.292,00	Rp. 2.059.508,00
Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	Rp. 59.791.978,00	Rp. 23.163.078,00
Pekerjaan Kolom K1 lt. 1	Rp. 14.014.564,00	Rp. 6.735.754,00

(Sumber : Hasil Analisa)

4.3 Analisa Percepatan Durasi Proyek Dengan Sistem *Shift*

Produktivitas masing-masing tenaga kerja per hari sudah diketahui dari analisis sebelumnya dengan durasi jam kerja normal adalah delapan jam/hari. Dalam penelitian ini koefisien produktivitas tenaga kerja pada sistem shift diambil angka 11% dari 11%-17% (Hanna,2008) dan upah tenaga kerja shift malam akan ditambah 15 % dari upah normal.

1. Menentukan percepatan dengan shift pada pekerjaan bouwplank

a. Menentukan produktivitas tenaga kerja dengan sistem shift

Produktivitas tenaga kerja shift = Prod. kerja/hr normal + (prod. kerja/hr – (prod. kerja/hr * 11%))

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 10,000 + (10,000 - (10,000 * 11\%)) \\ &= 18,900 \text{ m/hari} \end{aligned}$$

b. Menentukan durasi kerja

$$\text{Durasi pekerjaan crashing} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Prod. tenaga kerja shift} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

$$\text{Pekerja} = \frac{92,00}{18,900 \times 0,920} = 5,291 \text{ hari}$$

c. Menentukan biaya tambahan dan upah tenaga kerja

a) Upah Shift pagi

$$\text{Pekerja} = \text{Rp. } 155.000,00$$

$$\text{Tukang kayu} = \text{Rp. } 170.000,00$$

$$\text{Kepala tukang} = \text{Rp. } 190.000,00$$

$$\text{Mandor} = \text{Rp. } 200.000,00$$

b) Upah Shift malam

((15% * upah per hari) + gaji pekerja per hari)

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= (15\% * \text{Rp. } 155.000,00) + \text{Rp. } 155.000,00 \\ &= \text{Rp. } 178.250,00 \end{aligned}$$

- c) Total upah tenaga kerja
((upah shift pagi + upah shift malam) x durasi item pekerjaan x jumlah tenaga kerja)

$$\text{Pekerja} = (155.000 + 178.250) \times 6 \times 0,920 = \text{Rp. } 1.839.540,00$$

$$\text{Tukang kayu} = (170.000 + 195.500) \times 6 \times 0,920 = \text{Rp. } 2.017.560,00$$

$$\text{Kepala tukang} = (190.000 + 218.500) \times 6 \times 0,092 = \text{Rp. } 225.492,00$$

$$\text{Mandor} = (200.000 + 230.000) \times 6 \times 0,046 = \text{Rp. } 118.680,00$$

$$\text{Total upah} = \text{Rp. } 4.201.272,00$$

d) Cost Slope $\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$

$$\text{Cost slope / hari} = \frac{4.201.272 - 3.256.800}{10 - 6} = \text{Rp. } 236.118,00$$

$$\text{Cost slope total} = \text{cost slope per hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash})$$

$$= 236.118 \times (10 - 6)$$

$$= \text{Rp. } 944.472,00$$

2. Menentukan percepatan dengan shift pada pekerjaan pemasangan beton Pondasi Tiang Pancang.

- a. Menentukan produktivitas tenaga kerja dengan shift

$$\text{Produktivitas tenaga kerja shift} = \text{Prod. kerja/hr normal} + (\text{prod. kerja/hr} - (\text{prod. kerja/hr} \times 11\%))$$

$$\text{Pekerja} = 5,405 + (5,405 - (5,405 \times 11\%))$$

$$= 10,215 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

- b. Menentukan durasi kerja

$$\text{Durasi pekerjaan crashing} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{kapasitas kerja shift} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

$$\text{Pekerja} = \frac{662,00}{10,215 \times 12,248} = 5,291 \text{ hari}$$

- c. Menentukan biaya tambahan dan upah tenaga kerja

- a) Upah Shift pagi

$$\text{Pekerja} = \text{Rp. } 155.000,00$$

$$\text{Tukang batu} = \text{Rp. } 170.000,00$$

$$\text{Kepala tukang} = \text{Rp. } 190.000,00$$

$$\text{Mandor} = \text{Rp. } 200.000,00$$

- b) Upah Shift malam

$$((15\% \times \text{upah per hari}) + \text{gaji pekerja per hari})$$

$$\text{Pekerja} = (15\% \times \text{Rp. } 155.000,00) + \text{Rp. } 155.000,00$$

$$= \text{Rp. } 178.250,00$$

c) Total upah tenaga kerja

((upah shift pagi + upah shift malam) x durasi item pekerjaan x jumlah tenaga kerja)

$$\text{Pekerja} = (155.000 + 178.250) \times 6 \times 12,248 = \text{Rp. } 24.489.876,00$$

$$\text{Tukang batu} = (170.000 + 195.500) \times 6 \times 9,475 = \text{Rp. } 20.778.675,00$$

$$\text{Kepala tukang} = (190.000 + 218.500) \times 6 \times 0,530 = \text{Rp. } 1.299.030,00$$

$$\text{Mandor} = (200.000 + 230.000) \times 6 \times 0,265 = \text{Rp. } 683.700,00$$

$$\text{Total upah} = \text{Rp. } 47.251.281,00$$

d) Cost Slope

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$\text{Cost slope / hari} = \frac{47.519.717 - 36.628.900}{10 - 6} = \text{Rp. } 2.722.704,00$$

$$\text{Cost slope total} = \text{cost slope per hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash})$$

$$= 2.722.704,00 \times (10 - 6)$$

$$= \text{Rp. } 10.890.817,00$$

3. Menentukan percepatan dengan shift pada pekerjaan kolom lantai 1 (K1)

a. Menentukan Produktivitas Tenaga kerja dengan shift

Produktivitas tenaga kerja shift = Prod. kerja/hr normal + (prod. kerja/hr - (prod. kerja/hr * 11%))

$$\text{Pekerja} = 0,4000 + (0,4000 - (0,4000 * 11\%))$$

$$= 0,756 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

b. Menentukan durasi kerja

$$\text{Durasi pekerjaan crashing} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{prod. tenaga kerja shift} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

$$\text{Pekerja} = \frac{16,14}{0,756 \times 5,764} = 3,7 \text{ hari}$$

c. Menentukan biaya tambahan dan upah tenaga kerja

a) Upah Shift pagi

$$\text{Pekerja} = \text{Rp. } 155.000,00$$

$$\text{Tukang batu} = \text{Rp. } 170.000,00$$

$$\text{Tukang kayu} = \text{Rp. } 170.000,00$$

$$\text{Tukang besi} = \text{Rp. } 170.000,00$$

$$\text{Kepala tukang} = \text{Rp. } 190.000,00$$

$$\text{Mandor} = \text{Rp. } 200.000,00$$

b) Upah Shift malam

((15% * upah per hari) + gaji pekerja per hari)

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= (15\% * \text{Rp. } 155.000,00) + \text{Rp. } 155.000,00 \\ &= \text{Rp. } 178.250,00 \end{aligned}$$

c) Total upah tenaga kerja

((upah shift pagi + upah shift malam) x durasi itrem pekerjaan x jumlah tenaga kerja)

$$\text{Pekerja} = (155.000 + 178.250) \times 4 \times 5,764 = \text{Rp. } 7.683.793,00$$

$$\text{Tukang batu} = (170.000 + 195.500) \times 4 \times 0,576 = \text{Rp. } 842.739,00$$

$$\text{Tukang kayu} = (170.000 + 195.500) \times 4 \times 0,601 = \text{Rp. } 876.448,00$$

$$\text{Tukang besi} = (170.000 + 195.500) \times 4 \times 0,016 = \text{Rp. } 23.597,00$$

$$\text{Kepala tukang} = (190.000 + 218.500) \times 4 \times 0,231 = \text{Rp. } 376.754,00$$

$$\text{Mandor} = (200.000 + 230.000) \times 4 \times 0,023 = \text{Rp. } 39.658,00$$

$$\text{Total upah} = \text{Rp. } 9.842.988,00$$

d) Cost Slope

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

$$\text{Cost slope / hari} = \frac{9.842.988 - 7.278.810}{7 - 4} = \text{Rp. } 854.726,33$$

$$\text{Cost slope total} = \text{cost slope per hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash})$$

$$= 854.726 \times (7 - 4)$$

$$= \text{Rp. } 2.564.178,00$$

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Total Upah Tenaga Kerja Dengan Sistem *Shift*

	Upah total tenaga kerja dengan sistem shift	<i>Cost slope</i> total
Pekerjaan Bouwplank	Rp. 4.201.272	Rp. 944.472
Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	Rp. 47.519.717	Rp. 10.890.817
Pekerjaan Kolom K1 lt. 1	Rp. 9.842.988	Rp. 2.564.178

(Sumber : Hasil Analisa)

4.4 Analisa Biaya Langsung

- Pada Kondisi Normal

Durasi normal = 170 hari

Rencana anggaran biaya = Rp. 7.916.085.000,00

Biaya tidak langsung disini terdiri dari biaya overhead. Maka selanjutnya akan mencari biaya overhead dan profit, biaya overhead dan profit itu sendiri merupakan biaya yang dikeluarkan secara tidak langsung seperti keuntungan, gaji, biaya listrik, operasional, dan lain-lain. Berdasarkan Perpres 70/2012 tentang keuntungan penyedia jasa adalah 0-15%. Sebelumnya pada perhitungan biaya normal didapat bobot biaya langsung sebesar 87% dan bobot biaya tidak langsung sebesar 13% (8% profit dan 5% overhead). Karena profit dan biaya overhead merupakan bagian biaya tidak langsung, maka pada penelitian ini diambil nilai profit sebesar 8% dari total biaya proyek dan biaya overhead 5% dari total biaya proyek. Dari uraian diatas maka dapat dicari nilai profit dan biaya overhead dengan cara berikut.

- a. Profit
 - = Total biaya proyek x 8%
 - = Rp. 7.916.085.000 x 8%
 - = Rp. 633.286.800,00
- b. Biaya Overhead
 - = Total biaya proyek x 5%
 - = Rp. 7.916.085.000,00 x 5%
 - = Rp. 395.804.250,00
- c. Overhead per hari
 - = $\frac{\text{biaya overhead}}{\text{durasi normal}}$
 - = $\frac{395.804.250}{170}$
 - = Rp. 2.328.260,00

Setelah mendapatkan nilai profit dan biaya overhead, maka selanjutnya dapat menghitung biaya langsung dan biaya tidak langsung.

- a. Direct cost
 - = 87% * Total biaya proyek
 - = 87% * Rp. 7.916.085.000,00
 - = Rp. 6.886.993.950,00
- b. Indirect cost
 - = Profit + Biaya Overhead
 - = Rp. 474.965.100,00 + Rp. 237.482.550,00
 - = Rp. 1.029.091.050,00
- c. Biaya total proyek
 - = Direct cost + Indirect cost
 - = Rp. 6.886.993.950,00 + Rp. 1.029.091.050,00
 - = Rp. 7.916.085.000,00

Dari perhitungan analisis biaya normal sebelumnya didapat nilai koefisien rata-rata untuk biaya bahan 0,77 atau 77% dan biaya upah 0,23 atau 23%. Maka dapat dihitung bobot biaya bahan dan biaya upah dalam biaya langsung (Direct cost) pada proyek.

- a. Biaya bahan = Direct cost x koefisien bahan
= Rp. 6.886.993.950,00 x 77%
= Rp. 5.302.985.342,00
- b. Biaya upah = Direct cost x koefisien upah
= Rp. 7.203.637.350,00 x 23%
= Rp. 1.584.008.609,00

4.5 Pada Kondisi Dipercepat

Pekerjaan yang telah dipercepat akan memiliki durasi yang lebih cepat dari pada pekerjaan yang masih pada kondisi normal. Percepatan durasi pada penelitian ini memakai dua alternatif yaitu dengan menambah jam lembur yaitu empat jam lembur dan dengan menerapkan sistem shift kerja. Karena proses percepatan, maka upah yang akan dikeluarkan akan lebih banyak dari biaya normal sehingga biaya langsung (direct cost) meningkat. Sebaliknya karena durasi setelah percepatan menjadi lebih singkat, maka pengeluaran biaya tidak langsung (indirect cost) akan lebih kecil.

Pada perhitungan percepatan sebelumnya didapat biaya tambah (cost slope) sebesar Rp. 120.399.918,00 untuk alternatif percepatan dengan sistem shift dan Rp. 250.863.445,00 untuk alternatif penambahan jam lembur empat jam. Kemudian durasi proyek yang didapat setelah dilakukan percepatan ialah 154 hari untuk alternatif percepatan dengan sistem shift selisih 16 hari dari durasi normal dan 148 hari untuk alternatif penambahan jam lembur empat jam selisih 22 hari dari durasi normal.

- 1. Biaya langsung (direct cost)
 - a. Crashing dengan menambah jam lembur empat jam
= biaya langsung normal + cost slope jam lembur 4 jam
= Rp. 6.886.993.950,00 + Rp. Rp. 250.863.445,00
= Rp. 7.137.857.395,00
 - b. Crashing dengan menerapkan sistem shift
= biaya langsung normal + cost slope sistem shift
= Rp. 6.886.993.950,00 + Rp. 120.399.918,00

$$= \text{Rp. } 7.007.393.868,00$$

2. Biaya tidak langsung (indirect cost)

a. Crashing dengan menambah jam lembur empat jam

$$\begin{aligned} &= (\text{durasi crashing} \times \text{overhead per hari}) + \text{profit} \\ &= (148 \times \text{Rp. } 2.328.260,00) + \text{Rp. } 633.286.800,00 \\ &= \text{Rp. } 977.869.280,00 \end{aligned}$$

b. Crashing dengan menerapkan sistem shift

$$\begin{aligned} &= (\text{durasi crashing} \times \text{overhead per hari}) + \text{profit} \\ &= (154 \times \text{Rp. } 2.328.260,00) + \text{Rp. } 633.286.800,00 \\ &= \text{Rp. } 991.838.840,00 \end{aligned}$$

3. Total biaya proyek sesudah crashing

a. Crashing dengan menambah jam lembur empat jam

$$\begin{aligned} &= \text{direct cost} + \text{indirect cost} \\ &= \text{Rp. } 7.137.857.395,00 + \text{Rp. } 977.869.280,00 \\ &= \text{Rp. } 8.115.726.675,00 \end{aligned}$$

b. Crashing dengan menerapkan sistem shift

$$\begin{aligned} &= \text{direct cost} + \text{indirect cost} + \text{profit} \\ &= \text{Rp. } 7.007.393.868,00 + \text{Rp. } 991.838.840,00 + \text{Rp. } 633.286.800,00 \\ &= \text{Rp. } 8.632.519.508,00 \end{aligned}$$

4.6 Pembahasan

- **Hasil Analisa Percepatan Penyelesaian Proyek**

Percepatan dengan alternatif penambahan empat jam kerja pada Proyek Pembangunan Gedung Layanan Olahraga KONI Kota Tangerang Selatan didapat durasi percepatan sebesar 148 hari atau 12,95% lebih cepat dari durasi normal yaitu 170 hari kerja untuk pekerjaan seluruh proyek dengan biaya cost slope total sebesar Rp. 250.863.445,00. Maka dapat dikatakan bahwa dengan mempercepat durasi pekerjaan proyek, durasi pekerjaan proyek akan lebih cepat dari durasi pekerjaan proyek pada kondisi normal, tetapi proses percepatan durasi proyek akan berdampak pada perubahan biaya langsung yang akan bertambah. Sedangkan biaya tidak langsung akan menghasilkan biaya yang berbanding lurus dengan pengurangan durasi proyek, semakin cepat durasi proyek maka semakin sedikit biaya tidak langsung yang akan dikeluarkan.

Hasil dari proses percepatan menunjukkan bahwa percepatan dengan alternatif penambahan empat jam kerja menghasilkan durasi total lebih sedikit, yaitu 148 hari

jika dibandingkan dengan alternatif sistem *shift* jam yaitu 154 hari. Hal tersebut dikarenakan produktivitas tenaga kerja pada alternatif penambahan empat jam kerja lebih besar. Maka dalam hal efisiensi durasi waktu pekerjaan, percepatan dengan alternatif penambahan empat jam kerja lebih unggul dibanding percepatan dengan alternatif metode sistem *shift*. Namun dalam hal ini tentu ada keuntungan dan kerugian sendiri untuk menggunakan kedua alternatif tersebut, salah satunya untuk menggunakan alternatif penambahan empat jam kerja memiliki produktivitas pekerja yang lebih tinggi dari metode sistem *shift*.

- **Perbandingan Durasi Dan Biaya Proyek**

Proyek pembangunan Gedung Layanan Olahraga KONI Kota Tangerang Selatan direncanakan selesai dalam waktu 170 hari, untuk pekerjaan struktur dimulai pada tanggal 05 Juli 2021 dan selesai pada tanggal 21 Desember 2021 dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp. 7.916.085.000,00. Dengan melakukan percepatan durasi proyek terhadap pekerjaan yang berada pada jalur kritis, maka akan menambahkan pengeluaran biaya langsung (*direct cost*) proyek dan mempersingkat waktu penyelesaian proyek yang akan berdampak pada biaya tidak langsung (*indirect cost*) proyek.

Berikut tabel rekapitulasi perbandingan durasi dan biaya antara durasi proyek dalam kondisi normal dan durasi proyek yang sudah dipercepat dengan alternatif penambahan jamkerja empat jam serta menerapkan sistem *shift* kerja.

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Perbandingan Durasi dan Biaya Proyek

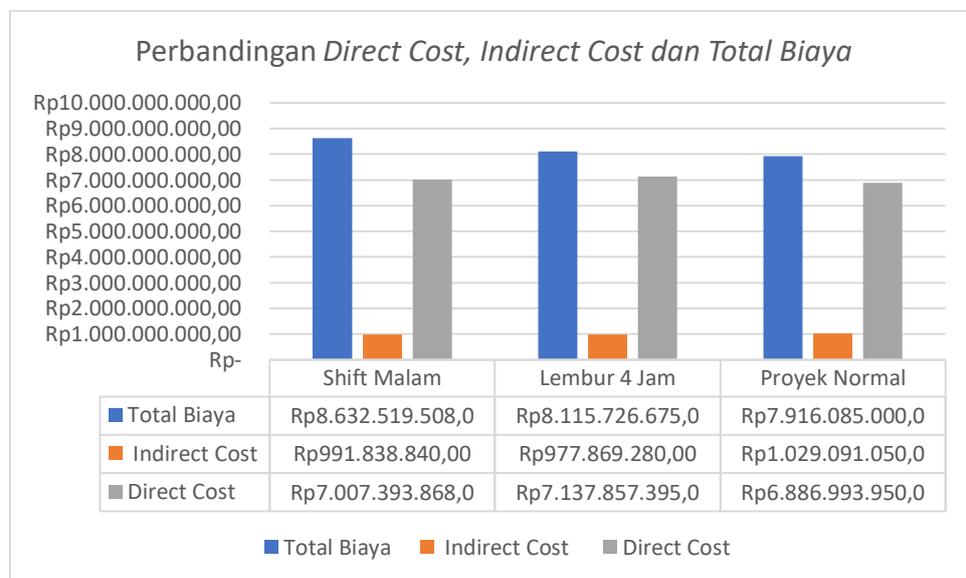
	Durasi (hari)	<i>Direct Cost</i>	<i>Indirect Cost</i>	Total Biaya
Proyek Kondisi Normal	170	Rp 6.886.993.950,00	Rp 1.029.091.050,00	Rp7.916.085.000,00
<i>Crasing</i> dengan tambah jam kerja empat jam	148	Rp 7.137.857.395,00	Rp 977.869.280,00	Rp8.115.726.675,00
<i>Crasing</i> dengan sitem <i>shift</i>	154	Rp 7.007.393.868,00	Rp 991.838.840,00	Rp8.632.519.508,00

(Sumber : Hasil Analisa)

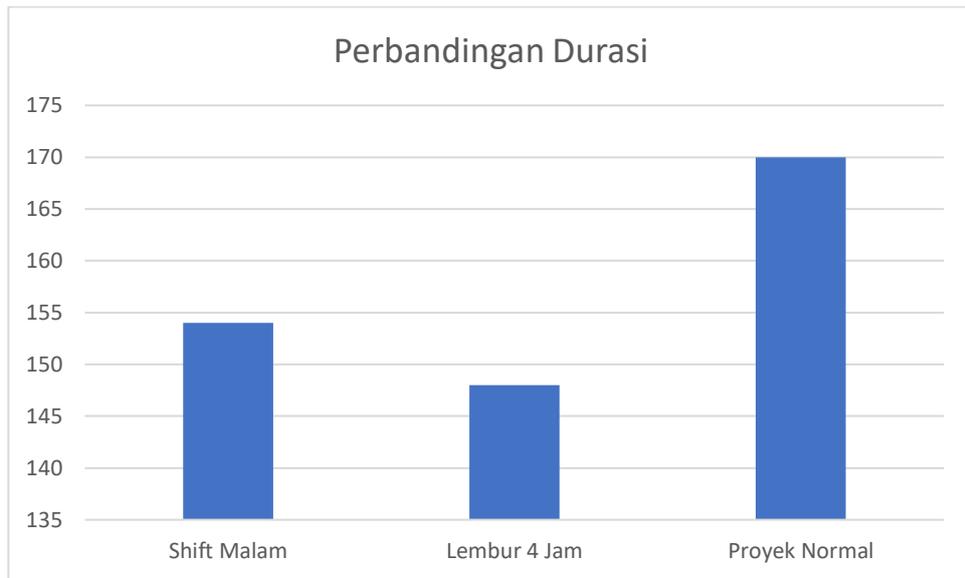
Dari hasil analisis crash program yang dilakukan dengan menambahkan jam kerja, ternyata durasi proyek dapat dipercepat menjadi 148 hari untuk *crashing* dengan memanambah jam kerja empat jam atau lebih cepat sebesar 12,95% dari durasi awal dan 154 hari untuk *crashing* dengan menerapkan sistem *shift* kerja atau lebih cepat sebesar

9,45% dari durasi awal. Namun setelah dilakukan percepatan terbukti bahwa biaya langsung (direct cost) mengalami perubahan yang semula Rp. 6.886.993.950,00 menjadi Rp. 7.137.857.395,00 untuk crashing dengan menambahkan jam kerja empat jam dan Rp. 7.007.393.868,00 untuk crashing dengan menerapkan sistem shift kerja. Dengan terjadinya percepatan durasi proyek, maka biaya tidak langsung juga akan mengalami perubahan yang semula Rp. 1.029.091.050,00 menjadi Rp. 977.869.280,00 untuk *crashing* dengan menambahkan jam kerja empat jam dan Rp. 991.838.840,00 untuk *crashing* dengan menerapkan sistem shift kerja.

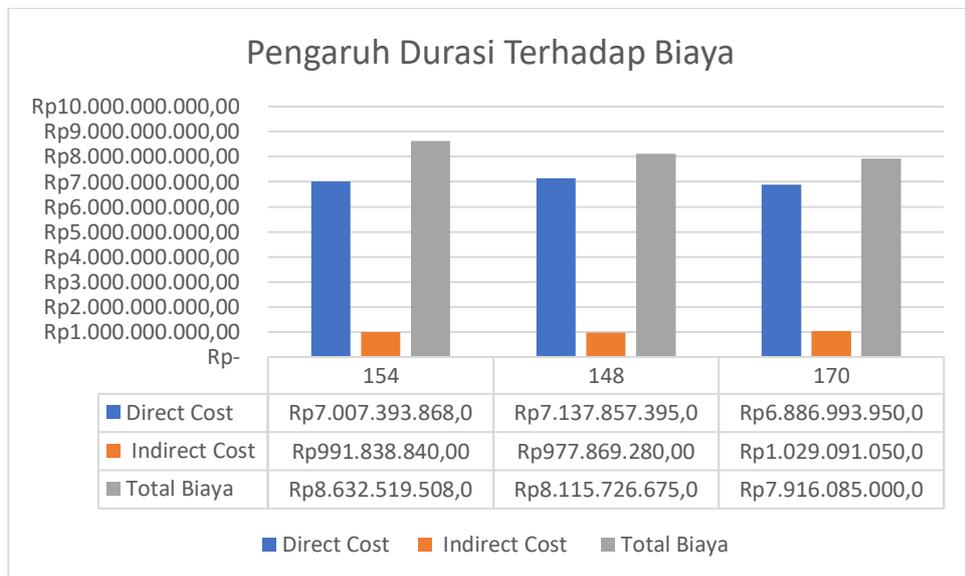
Berikut dibawah ini ditampilkan grafik perbandingan antara durasi proyek normal dan durasi proyek sesudah crashing, serta biaya langsung (direct cost), biaya tidak langsung (indirect cost) dan biaya total proyek sebelum dan sesudah *crashing*.



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan *Direct Cost*, *Indirect Cost* dan Biaya Total Proyek



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Durasi Proyek Normal dan Durasi Sesudah *Crasing*



Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Durasi Terhadap Biaya Proyek

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab V, maka dalam penelitian ini dapat ditarik sebuah kesimpulan yang dapat menggambarkan hasil dari crashing terhadap pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung Layanan Olahraga KONI Kota Tangerang Selatan sebagai berikut.

1. Total biaya proyek dalam kondisi normal ialah sebesar Rp. 7.916.085.000,00 dengan durasi pelaksanaan proyek 170 hari kerja. Dari hasil analisis pada penelitian ini didapat total biaya proyek dalam kondisi sesudah crashing dengan alternatif penambahan jam kerja selama empat jam didapat sebesar Rp. 8.129.696.235,00 atau lebih mahal 2,7% dari biaya proyek pada kondisi normal dan durasi pelaksanaan proyek 148 hari kerja atau lebih cepat 12,95 % dari durasi normal, sedangkan total biaya proyek dalam kondisi sesudah crashing dengan alternatif menerapkan sistem shift kerja (shift pagi dan shift malam) didapat sebesar Rp. 8.618.549.948,00 atau lebih mahal 8,88% dari biaya proyek pada kondisi normal dan durasi pelaksanaan proyek 154 hari atau lebih cepat 9,45% dari durasi normal.
2. Dari kesimpulan nomor 1 dapat diambil kesimpulan kembali bahwa dengan menerapkan alternatif penambahan jam empat jam kerja merupakan alternatif program crashing yang lebih efektif dan ekonomis, karena dengan menerapkan penambahan jam empat jam kerja durasi pekerjaan proyek lebih cepat jika dibandingkan dengan durasi proyek pada percepatan dengan sistem shift dan total anggaran biaya proyek lebih murah jika dibandingkan dengan total anggaran biaya proyek sesudah percepatan dengan metode sistem *shift*.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya
 - a. Penelitian ini hanya menganalisis waktu serta biaya pada pekerjaan struktur, maka penelitian ini akan lebih baik apabila dilakukan analisis waktu serta biaya pada seluruh item pekerjaan proyek (pekerjaan arsitektur dan pekerjaan mekanikal elektrik).
 - b. Untuk objek penelitian tidak harus pada proyek pembangunan gedung, bisa juga pada proyek pembangunan jalan, pembangunan jembatan, pembangunan bendung, serta pembangunan yang lainnya.
 - c. Metode percepatan yang digunakan dalam penelitian ini hanya menggunakan dua metode yaitu metode crashing dengan jam lembur dan metode crashing dengan sistem shift (shift pagi dan shift malam). Maka akan lebih baik apabila mungkin ditambahkan dengan metode-metode crashing yang lainnya seperti metode crashing dengan penambahan tenaga kerja atau yang lainnya, agar dapat lebih banyak pembandingan dan dapat mengetahui metode crashing mana yang lebih efektif dari segi waktu dan efisien dari segi biaya.

- d. Ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan untuk mempercepat pekerjaan yang berada pada jalur kritis, karna tidak semua pekerjaan yang beraa pada jalur kiritis harus dipercepat. Beberapa hal tersebut berupa pekerjaan yang memiliki biaya tinggi, durasi pekerjaan yang lama dan pekerjaan dengan nilai *cost slope* yang paling rendah. Dalam penelitian ini tidak mempertimbangkan hal-hal tersebut.
 - e. Dalam pemilihan jenis proyek yang akan menjadi subjek penelitian, perlu diperhatikan kembali apakah proyek tersebut sesuai dengan kriteria judul penelitian. Apabila ada bukti nyata bahwa proyek tersebut sesuai dengan kriteria judul penelitian, maka akan lebih bagus.
2. Kontraktor Penelitian ini mungkin dapat menjadi opsi pertimbangan kepada pihak kontraktor guna melakukan percepatan proyek dengan metode jam lembur dan metode sistem shift (shift pagi dan shift malam) pada proyek selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Janizar, Syapril. (2021). "Percepatan Jadwal Konstruksi dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Penyelesaian Proyek Konstruksi",
<https://ejournal.sipilunwim.ac.id/index.php/jtsc/article/view/29>
- Rina Rahmawati, 2020, Konsep *Earn Value Analysis* Terhadap Waktu Pada Proyek Pembangunan Kolam Retensi Desa Simaraga.
- Milzam Mafazi, 2021, Perencanaan Jadwal Pelaksanaan Jembatan *Cable Stayed Cijambe* Kabupaten Garut.
- Tri Rahmanto, 2022, Pengendalian Biaya Dan Waktu Dengan Metode Earn Value Proyek Familia Urban Bekasi.
- Setiawan, Felix & Syapril Janizar, 2021. Percepatan Jadwal Konstruksi Dan pengaruhnya Terhadap Biaya Penyelesaian Proyek Konstruksi. Jurnal Teknik Sipil Cendekia, Vol 2 No 1.
- Ningrum, Fika Giri Aspia, Hartono, Widi, Sugiyarto. (2017). "Penerapan Metode Crasing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur Dan Shift Kerja", [Downloads/36873-91820-1-PB%20\(1\).pdf](Downloads/36873-91820-1-PB%20(1).pdf)

- Fatimah, Siti Nur. (2019). “Antisipasi Keterlambatan Waktu Penyelesaian Proyek Dengan Menggunakan Metode *What If Analysis* Dan *Crash Program*”,
<http://repository.unissula.ac.id/16156/3/Publikasi.pdf>
- (IEEE): R. R. Bayu Adi, D. E. Traulia, M. A. Wibowo, and F. Kistiani. (2016). “Analisis Percepatan Proyek Metode Crash Program Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Mixed Use Sentraland”,
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/12625>
- Budiono, 2006. Simulasi Waktu dan Biaya Pada Konstruksi PIER Pada Jalan Layang Suprpto Jakarta. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Ervianto, 2002. Manajemen Proyek Konstruksi, Edisi Pertama. Yogyakarta : Salemba Empat.
- Ervianto, 2003. Manajemen Proyek Konstruksi, Edisi Revisi. Yogyakarta : Andi.
- Ervianto, 2004. Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta : Salemba Empat.
- Ervianto, 2005. Manajemen Proyek Konstruksi, Edisi Revisi. Yogyakarta : Andi
- Peraturan Presiden Nomor 70 Tahun 2012 Tentang Pengadaan Barang dan Jasa (online). (Tidak diterbitkan), <http://www.peraturan.go.id/perpres/nomor-70-tahun-2012-11e44c4f4ea07e708ca1313232303233.html> diakses pada 25 september 2017.
- Soeharto, 1997. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Jakarta : Erlangga.
- Soeharto, 1999. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- Soeharto, 1999. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- Sutisna, 2013. Pengaruh Percepatan Waktu Pelaksanaan Terhadap Biaya Pada Pekerjaan Struktur Bawah Jembatan di Kabupaten Buatan, Pekanbaru, Riau. Tugas Akhir. (Tidak diterbitkan), Universitas Indonesia.

UU RI No. 25 Tahun 1997 Tentang Ketenagakerjaan (online). (Tidak diterbitkan),
<http://www.hukumonline.com/pusatdata/downloadfile/lt4ec12f260b0ab/parent/734>, diakses pada 23 April 2017.

Yana, 2009. Pengaruh Jam Kerja Lembur Terhadap Biaya Percepatan Proyek Dengan Time Cost Trade Off Analysis. Tugas Akhir. (Tidak diterbitkan), Universitas Udayana Bali.

B. Siswanto Agus, M. Afif Salim, 2020. Manajemen Proyek. (Tidak diterbitkan), Universitas Pendidikan Indonesia

Dr. Hafnidar A. Rani S.T., M.M., 2016, Manajemen Proyek Kontruksi, Yogyakarta, Penerbit Deepublish.