

OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA DAN TENAGA KERJA MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF*

Andi Ahmad Raga ¹, Gde Agus Yudha Prawira Adistana ²

Program Studi D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email : aahmadraga@gmail.com

Program Studi D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email : gdeadistana@unesa.ac.id

Abstrak

Banyak hal yang dapat terjadi selama pelaksanaan proyek konstruksi yang dapat menambah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikannya dan menundanya. Keterlambatan disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kondisi spesifik lokasi, perubahan desain, pengaruh cuaca, permintaan yang tidak terpenuhi untuk pekerja, pasokan, atau peralatan, kesalahan dalam perencanaan atau spesifikasi, dan keterlibatan pemilik atau pemilik proyek. Proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland direncanakan selesai pada kurun waktu 248 Hari dengan Rencana Anggaran Biaya sebesar Rp 655,404,231.46. Percepatan perlu dilakukan agar pembangunan proyek tersebut dapat sesuai dengan perencanaan dan kontraktor pelaksana tidak mengalami kerugian akibat keterlambatan proyek. Penggunaan metode Time Cost Trade Off ini diharapkan mampu menyediakan beberapa pilihan alternatif percepatan agar pelaksanaan proyek konstruksi efisien dari segi waktu dan biaya. Alternatif percepatan dalam penelitian ini menggunakan percepatan penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pada Proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland Surabaya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan waktu dan biaya yang dihasilkan setelah dilakukan percepatan dengan menggunakan 2 alternatif tersebut. Didapatkan hasil analisa Time Cost Trade Off pada Alternatif 1 didapatkan durasi optimum 223.6 Hari dengan biaya Rp 650,010,588.07 dengan Efisiensi Waktu dan Biaya sebesar 9.84% dan 0.82%, Pada Alternatif 2 diperoleh durasi optimum 219.3 Hari dengan biaya Rp 650,130,175.97 dengan Efisiensi Waktu dan Biaya sebesar 11.57% dan 0.80%, dan Pada Alternatif 3 didapatkan durasi optimum 213.1 Hari dengan biaya Rp 648,624,342.81 dengan Efisiensi Waktu dan Biaya sebesar 14.06% dan 1.03%.

Kata Kunci: Time Cost Trade Off, Percepatan, Efisiensi, Waktu dan Biaya.

Abstract

Many things can occur during the execution of a construction project that could increase the time required to complete it and delay it. Delays are caused by a variety of factors, including site-specific conditions, design changes, weather effects, unmet demand for workers, supplies, or equipment, errors in planning or specification, and involvement of the project owner or owner. The Northwest Citraland Shophouse Construction Project is planned to be completed in a period of 248 days with a budget plan cost of Rp 655,404,231.46. Acceleration is needed so that the construction of the project can be completed in accordance with the plan and the implementing contractor does not suffer losses due to project delays. The application of the Time Cost Trade Off method is expected to provide several alternative acceleration options so that the implementation of construction projects is efficient in terms of time and cost. The acceleration alternative in this study uses the acceleration of additional working hours and additional labor on the Northwest Citraland Surabaya Shophouse Construction Project. It aims to determine the comparison of time and cost generated after acceleration using these 2 alternatives. The analysis of time cost trade off results in Alternative 1 obtained an optimal duration of 223.6 days at a cost of Rp 650,010,588.07 with time and cost efficiency of 9.84% and 0.82%, in Alternative 2 obtained an optimal duration of 219.3 days at a cost of Rp 650,130,175.97 with time and cost efficiency of 11.57% and 0.80%, and in alternative 3 obtained an optimum duration of 213.1 days at a cost of Rp 648,624,342.81 with time and cost efficiency of 14.06% and 1.03%.

Keywords: Time-cost trade-off, acceleration, efficiency, time and cost.

PENDAHULUAN

Agar proyek konstruksi dapat diselesaikan dengan sukses dalam hal waktu, biaya, dan kualitas, perencanaan, pengorganisasian, koordinasi, dan pengendalian yang memadai sangatlah penting. Proses penerapan fungsi-fungsi manajemen (perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian) pada sebuah proyek secara sistematis dalam industri konstruksi memerlukan penggunaan sumber daya yang telah tersedia secara efektif dan efisien untuk memenuhi tujuan proyek (Waney & Ruitan, 2022). Perencanaan teknis, penjadwalan (schedule), dan perencanaan anggaran biaya (RAB) merupakan komponen penting dalam proses perencanaan proyek konstruksi. Hasil dari perencanaan tersebut digunakan sebagai rekomendasi untuk semua pemangku kepentingan terkait dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

Manajemen proyek yang sistematis diperlukan untuk memastikan bahwa proyek dilaksanakan sesuai jadwal atau bahkan lebih awal sehingga biaya yang dikeluarkan dapat dipertanggungjawabkan dan tidak ada penalti untuk penyelesaian yang tertunda (Priyo & Aulia, 2015). Penyusunan jadwal waktu yang tepat untuk pelaksanaan pekerjaan pada proyek konstruksi dikenal sebagai kegiatan penjadwalan. Untuk memastikan bahwa pengeluaran yang dikeluarkan sesuai dengan kebutuhan proyek, pembuat jadwal harus mampu beradaptasi dengan perubahan jumlah sumber daya yang diperlukan.

Pelaksanaan proyek konstruksi dapat dipengaruhi oleh sejumlah peristiwa yang dapat memperpanjang proses dan menunda penyelesaian proyek. Variasi kondisi geografis, modifikasi desain, pengaruh cuaca, kebutuhan personil, perlengkapan, atau peralatan yang tidak terpenuhi, kesalahan dalam perencanaan atau spesifikasi, dan keterlibatan pemilik proyek adalah beberapa penyebab penundaan yang sering terjadi (Setiawan, 2012). Percepatan pelaksanaan dapat mencegah keterlambatan proyek, namun faktor biaya tetap harus diperhatikan. Diharapkan bahwa setiap biaya tambahan akan diminimalkan dengan tetap mempertahankan standar kualitas yang tinggi.

Di dunia internasional, Indonesia saat ini sedang berada dalam fase transisi dari negara berkembang menjadi negara maju. Salah satu negara dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang tinggi, yaitu 5% hingga 6% per tahun, adalah Indonesia. Keadaan ini memberikan peluang bisnis yang sangat menguntungkan bagi para investor real estat baik domestik maupun internasional, dan Surabaya saat ini sedang mengalami peningkatan penjualan real estat. Salah satu usaha properti di Surabaya yang paling banyak diminati adalah usaha properti ruko. Ruko ini dapat melakukan berbagai macam fungsi,

termasuk sebagai rumah tinggal dan lokasi untuk melakukan transaksi komersial.

Proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland direncanakan selesai pada kurun waktu 248 Hari dengan Rencana Anggaran Biaya sebesar Rp 655,404,231.46. Percepatan perlu dilakukan agar pembangunan proyek tersebut dapat sesuai dengan perencanaan dan kontraktor pelaksana tidak mengalami kerugian akibat keterlambatan proyek. Salah satu metode yang digunakan agar proyek dapat berjalan lancar dan tepat waktu yaitu metode *Time Cost Trade Off*.

Penggunaan metode *Time Cost Trade Off* ini diharapkan mampu menyediakan beberapa pilihan alternatif percepatan agar pelaksanaan proyek konstruksi efisien dari segi waktu dan biaya. Alternatif percepatan dalam penelitian ini menggunakan percepatan penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja pada Proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland Surabaya.

Dari latar belakang diatas, maka diajukan penelitian tugas akhir tentang “OPTIMALISASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK KONSTRUKSI DENGAN PENAMBAHAN JAM KERJA DAN TENAGA KERJA MENGGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF*”. Dengan rumusan masalah: 1) Berapa waktu pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah melakukan percepatan dengan metode analisa *Time Cost Trade Off* ?; 2) Berapa biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan waktu dengan metode analisa *Time Cost Trade Off* ?; 3) Bagaimanakah perbandingan waktu dan biaya optimal dari penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja?

Adapun tujuan yang ingin diperoleh yaitu: 1) Mengetahui waktu pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah melakukan percepatan dengan metode analisa *Time Cost Trade Off*; 2) Mengetahui biaya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan waktu dengan metode analisa *Time Cost Trade Off*; 3) Mengetahui perbandingan waktu dan biaya optimal dari penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja.

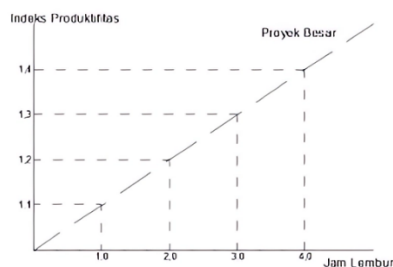
Batasan-batasan masalah dalam penulisan makalah ini adalah: 1) Kompresi/Pemampatan dengan menggunakan 2 alternatif, yaitu Penambahan jam kerja (lembur) dan Penambahan tenaga kerja; 2) Alternatif penambahan jam kerja hanya menggunakan penambahan 3 dan 4 jam kerja; 3) Alternatif penambahan tenaga kerja hanya menggunakan penambahan 1 tukang dan 2 pekerja; 4) *Time Cost Trade Off* dilakukan pada saat mulai awal sampai akhir pekerjaan; 5) Pekerjaan yang dilakukan *Time Cost Trade Off* sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan kontraktor pelaksana; 6) Percepatan waktu dan biaya hanya dilakukan pada kegiatan

lintasan kritis; 7) Kegiatan kompresi hanya dilakukan pada kegiatan lintasan kritis awal; 8) Koefisien penurunan produktivitas harian percepatan diasumsikan sama tiap jam selama jam lembur; 9) Harga material dan upah pekerja menggunakan harga material dan upah milik kontraktor pelaksana; 10) Software *Microsoft Project 2016* hanya digunakan untuk menyusun hubungan antar kegiatan (*network diagram*) untuk mencari *total float* dan lintasan kritis.

Menurut (Frederika, 2010), Biaya langsung adalah biaya yang secara langsung berhubungan dengan pelaksanaan proyek pembangunan di lapangan. Semua biaya yang akan menjadi bagian permanen dari hasil proyek dianggap sebagai biaya langsung. Jika prosedur yang efisien digunakan dan proyek selesai dalam jangka waktu yang biasa, biaya langsung akan menjadi pengeluaran normal. Komponen biaya langsung meliputi biaya pekerja, biaya peralatan, biaya material, dan biaya sub-kontraktor.

Menurut (Sarono, 2022), Biaya-biaya ini harus dikeluarkan dan tidak dapat dipisahkan dari proyek meskipun tidak terkait langsung dengan konstruksi. Jika proyek tertunda, biaya tidak langsung ini akan meningkat secara signifikan, mengurangi keuntungan kontraktor dan, dalam kasus tertentu, menyebabkan kerugian. Biaya overhead, biaya tak terduga, keuntungan, dan Pajak Pertambahan Nilai (PPN) adalah contoh komponen biaya tidak langsung.

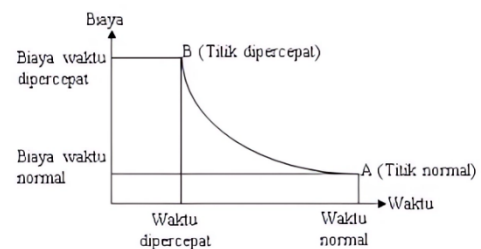
Menurut (Priyo & Aulia, 2015), Metode *Time Cost Trade Off (TCTO)*, yang juga dikenal sebagai metode pertukaran waktu dan biaya, adalah salah satu teknik untuk memperpendek atau mempercepat durasi proyek. Dalam analisa *Time Cost Trade Off* ini, biaya akan berfluktuasi seiring dengan waktu penyelesaian proyek. Biaya langsung proyek akan naik dan biaya tidak langsung akan turun jika waktu pelaksanaan dipercepat.



Gambar 1 Indikasi Penurunan Produktivitas

Sesuai dengan berapa banyak waktu yang dibutuhkan, jam kerja tambahan (lembur) dapat ditambahkan dengan kelipatan 1 jam, 2 jam, 3 jam, atau 4 jam. Contoh penurunan produktivitas pekerja akibat penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Gambar 1. Semakin banyak jam lembur yang ditambahkan, maka semakin besar kemungkinan

produktivitas akan turun. Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan berpengaruh terhadap total biaya konstruksi. Gambar 2 mengilustrasikan hubungan antara biaya dan waktu, dengan titik A mewakili kondisi umum dan titik B mewakili kondisi yang dipercepat. Kurva biaya-waktu adalah jalur

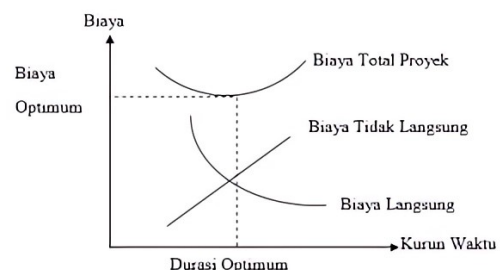


yang menghubungkan titik-titik tersebut.

Gambar 2 Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan

Gambar 3 Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung

Hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total digambarkan pada Gambar 3 dalam bentuk grafik, yang menunjukkan bahwa biaya optimum dicapai dengan mengidentifikasi biaya proyek secara keseluruhan



yang paling rendah. Hubungan ini muncul dari fakta bahwa setiap percepatan durasi proyek mengakibatkan penambahan biaya langsung yang digunakan untuk meningkatkan produktivitas kerja, menambah peralatan, mengubah proses kerja, dan lain-lain. Di sisi lain, pemotongan durasi proyek secara keseluruhan mengakibatkan penurunan biaya tidak langsung. Biaya akhir proyek akan bervariasi tergantung pada apakah proyek tersebut diselesaikan dengan cara biasa atau dipercepat.

METODE

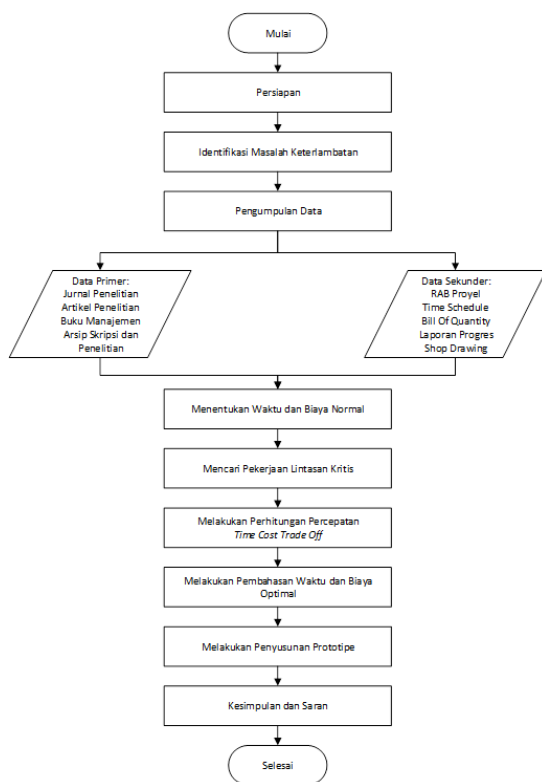
Metodologi kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini mengadopsi metodologi kuantitatif karena sangat bergantung pada angka-angka, mulai dari pengumpulan data, analisis, hingga penyajian temuan.

Sumber data primer dan data sekunder digunakan dalam penelitian ini. Kontraktor yang mengerjakan proyek Ruko Northwest Citraland Surabaya diwawancarai untuk mengumpulkan data primer. Data proyek yang diperoleh dari organisasi yang terafiliasi, termasuk kontraktor, disebut sebagai

data sekunder. Data proyek yang diperlukan meliputi; Rencana Anggaran Biaya; Bill of Quantity; Time Schedule (Penjadwalan Proyek); Laporan Progres Proyek; Shop Drawing.

Tahapan pertama dalam penelitian tugas akhir ini adalah persiapan penelitian yaitu pengajuan ToR, pengajuan proposal, dan penyusunan *flowchart* dengan berkonsultasi dengan dosen pembimbing. Tahap yang kedua yaitu mengumpulkan data primer dan data sekunder. Jika kelengkapan data sudah sesuai dengan perencanaan maka langkah selanjutnya yaitu masuk pada proses pengolahan data yang dimulai dari; menentukan waktu dan biaya normal; mencari lintasan kritis; menentukan alternatif percepatan yang digunakan; menentukan produktivitas harian dan produktivitas harian percepatan; menghitung *Crash Duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope*; melakukan kompresi; menentukan waktu dan biaya optimum; membuat prototipe; tahap hasil pembahasan; simpulan dan saran.

Berikut diagram bagan alir penelitian tugas akhir



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Durasi Normal

Perhitungan durasi normal didapatkan dari volume item pekerjaan dibagi dengan produktivitas pekerja. Produktivitas pekerja didapatkan dari jumlah pekerja dibagi dengan koefisien pekerja tiap item pekerjaan. Jumlah pekerja didapat dari hasil

wawancara terhadap kontraktor pelaksana, koef pekerja didapat dari analisis harga satuan pekerjaan.

$$\text{Produktivitas Pekerja} = \frac{\text{Jumlah Pekerja}}{\text{Koef Pekerja tiap item pekerjaan}}$$

$$\text{Durasi Normal} = \frac{\text{Volume item pekerjaan}}{\text{Produktivitas Pekerja}}$$

Berikut ini contoh perhitungan Durasi Normal pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t=12.5$ cm utk dinding bangunan induk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 73.50 \text{ m}^2 \\ \text{Jumlah Pekerja} &= \text{Mandor 1 Orang} \\ &= \text{Kepala Tukang 1 Orang} \\ &= \text{Tukang Batu 5 Orang} \\ &= \text{Pekerja 3 Orang} \\ \text{Koefisien Pekerja} &= \text{Mandor 0.003 OH} \\ &= \text{Kepala Tukang 0.13 OH} \\ &= \text{Tukang Batu 1.3 OH} \\ &= \text{Pekerja 0.671 OH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas Pekerja} \\ \text{Mandor} &= 333.3 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Kepala Tukang} &= 7.7 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Tukang Batu} &= 3.8 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Pekerja} &= 3.7 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi Normal} \\ \text{Mandor} &= 0.22 \text{ Hari} \\ \text{Kepala Tukang} &= 9.56 \text{ Hari} \\ \text{Tukang Batu} &= 19.11 \text{ Hari} \\ \text{Pekerja} &= 19.73 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Durasi Normal pekerjaan diambil dari durasi pekerjaan paling lama dan dibulatkan. Durasi Normal pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t=12.5$ cm utk dinding bangunan induk yaitu 20 Hari. Perhitungan durasi normal dilakukan ke semua item pekerjaan.

Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan Biaya Pekerjaan didapatkan dari Volume Pekerjaan dikali dengan Harga Satuan Pekerjaan. Rencana Anggaran Biaya merupakan keseluruhan biaya pekerjaan yang direncanakan.

$$\text{Biaya Pekerjaan} = \text{Volume} \times \text{HSP}$$

$$\text{RAB} = \text{Keseluruhan Biaya Pekerjaan}$$

Berikut ini contoh perhitungan Biaya Pekerjaan pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t=12.5$ cm utk dinding bangunan induk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 73.50 \text{ m}^2 \\ \text{Harga Satuan Pekerjaan} &= \text{Rp } 334,519/\text{m}^2 \\ \text{Biaya Pekerjaan} &= 73.50 \times \text{Rp } 334,519 \\ &= \text{Rp } 24,587,128.13. \end{aligned}$$

Network Diagram

Melakukan Analisa Network Diagram untuk mengetahui Lintasan kritis yang merupakan

pekerjaan yang akan dipercepat untuk mengetahui perbandingan waktu dan biayanya.

Berikut ini merupakan langkah langkah dalam menyusun network diagram dengan menggunakan aplikasi Microsoft Project.

1. Memulai File Baru Bila telah terinstalasi, pilih program Microsoft Project 2016.
2. *Setting Project Information*
3. *Setting Jam Kerja*
4. Memasukkan Daftar Hari Libur
5. Memasukkan Daftar Pekerjaan
6. Memasukkan Durasi Pekerjaan
7. Memasukkan *Prodececor*
8. *Setting Schedule* Pekerjaan
9. *Critical Task*

Setelah dilakukan analisa hubungan pekerjaan pada Microsoft Project terdapat beberapa pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis. Item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis ini yang akan di lakukan analisa *Time Cost Trade Off*.

Biaya Langsung

Biaya langsung yang dikumpulkan untuk Proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland Surabaya adalah biaya aktual yang terjadi di lokasi dan secara langsung terkait dengan kegiatan proyek yaitu sebesar Rp 547,841,650.

Biaya Tak Langsung

Berdasarkan wawancara yang dilakukakan dengan kontraktor pelaksana PT. Subur Daya Perkasa Abadi biaya tak langsung pada Proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland Surabaya yaitu *Overhead Cost* dan PPN sebesar 11% dari total biaya normal.

$$\begin{aligned} \text{Overhead Cost} &= \text{Overhead Lapangan} + \text{Overhead Kantor} \\ &= 20,300,000.00 + 27,000,000.00 \\ &= \text{Rp } 47,300,000.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pajak Pertambahan Nilai (11\%)} &= 11\% \times \text{Total Biaya Langsung} \\ &= 11\% \times \text{Rp } 547,841,650. \\ &= \text{Rp } 60,262,581.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Tak Langsung} &= \text{Overhead Cost} + \text{PPN 11\%} \\ &= 47,300,000 + 60,262,581 \\ &= \text{Rp } 107,562,581.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase Total Biaya Tak Langsung} &= \frac{\text{Rp } 107,562,581}{\text{Rp } 547,841,650} \times 100\% \\ &= 19.63\% \end{aligned}$$

Alternatif Penambahan Jam Kerja Produktivitas Harian dan Produktivitas Harian Percepatan

Untuk mendapatkan angka produktivitas pekerja dibutuhkan nilai dari koefisien tenaga kerja. Produktivitas kerja untuk alternatif percepatan penambahan jam kerja (lembur) bisa dicari dengan menggunakan rumus.

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal Pekerjaan}}$$

$$\text{Produktivitas PerJam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja PerHari}}$$

$$\text{Produktivitas Jam Lembur} = (\text{Produktivitas PerJam} \times \text{Jam Lembur} \times \text{Koef. Penurunan Produktivitas})$$

$$\text{Produktivitas Harian Percepatan} = (\text{Produktivitas Harian} + \text{Produktivitas Jam Lembur})$$

Perhitungan produktivitas pekerjaan pasangan bata ringan $t = 12.5$ cm untuk dinding bangunan induk dengan penambahan jam kerja (lembur) 3 Jam sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 73.50 \text{ m}^2 \\ \text{Durasi Normal} &= 20 \text{ Hari} \\ \text{Prod. Harian} &= 3.68 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Prod. PerJam} &= 0.46 \text{ m}^2/\text{jam} \\ \text{Prod. Jam Lembur} &= 1.06 \text{ m}^2/\text{jam} \\ \text{Prod. Harian Percepatan} &= 4.74 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

Pasangan Bata ringan $t = 12.5$ cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan jam kerja (lembur) 4 Jam.

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 73.50 \text{ m}^2 \\ \text{Durasi Normal} &= 20 \text{ Hari} \\ \text{Prod. Harian} &= 3.68 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Prod. PerJam} &= 0.46 \text{ m}^2/\text{jam} \\ \text{Prod. Jam Lembur} &= 1.31 \text{ m}^2/\text{jam} \\ \text{Prod. Harian Percepatan} &= 4.99 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

Crash Duration

Setelah dilakukan perhitungan produktivitas harian, produktivitas perjam, dan produktivitas harian percepatan. Produktivitas harian percepatan

merupakan kemampuan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan setelah dipercepat. *Crash Duration* merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan setelah dilakukan percepatan.

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Harian Percepatan}}$$

Berikut ini perhitungan *Crash Duration* pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t = 12.5$ cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan jam kerja (lembur) 3 Jam.

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 73.50 \text{ m}^2 \\ \text{Durasi Normal} &= 20 \text{ Hari} \\ \text{Crash Duration} &= \frac{73.50}{4.74} \\ &= 15.52 = 15 \text{ Hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Crashing} &= \text{Durasi Normal} - \text{Crash Duration} \\ &= 20 - 15 \\ &= 5 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Berikut ini perhitungan *Crash Duration* pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t = 12.5$ cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan jam kerja (lembur) 4 Jam.

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 73.50 \text{ m}^2 \\ \text{Durasi Normal} &= 20 \text{ Hari} \\ \text{Crash Duration} &= \frac{73.50}{4.99} \\ &= 14.74 = 14 \text{ Hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Crashing} &= \text{Durasi Normal} - \text{Crash Duration} \\ &= 20 - 14 \\ &= 6 \text{ Hari}\end{aligned}$$

Crash Cost

Crash Cost merupakan biaya yang dikeluarkan setelah dilakukan alternatif percepatan yang merupakan total biaya langsung. Biaya ini merupakan penjumlahan dari biaya langsung pekerjaan ditambah dengan biaya upah lembur pekerja. Maka nilai biaya langsung untuk setiap item pekerjaan akan lebih besar dari biaya langsung sebelumnya.

$$\text{Crash Cost} = \text{Cost Upah} + \text{Cost Alat dan Bahan.}$$

Berikut ini perhitungan *Crash Cost* pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t = 12.5$ cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan jam kerja (lembur) 3 dan 4 Jam.

$$\begin{aligned}\text{Normal Cost} &= \text{Rp } 24,587,128.13 \\ \text{Harga Satuan Upah Pekerja} & \\ \text{Pekerja} &= \text{Rp } 67,100.00 \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 169,000.00 \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 450.00 \\ \text{Kepala Tukang} &= \text{Rp } 19,500.00 \\ \text{Upah Normal PerHari} & \\ \text{Pekerja} &= \text{Rp } 246,592.50 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 621,075.00 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 1,653.75 \text{ m}^2/\text{hari} \\ \text{Kepala Tukang} &= \text{Rp } 71,662.50 \text{ m}^2/\text{hari}\end{aligned}$$

Upah Normal PerJam

$$\begin{aligned}\text{Pekerja} &= \text{Rp } 30,824.06 \text{ m}^2/\text{jam} \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 77,634.38 \text{ m}^2/\text{jam} \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 206.72 \text{ m}^2/\text{jam} \\ \text{Kepala Tukang} &= \text{Rp } 8,957.81 \text{ m}^2/\text{jam}\end{aligned}$$

Upah Lembur PerHari

$$\begin{aligned}\text{Lembur 3 Jam} & \\ \text{Pekerja} &= \text{Rp } 169,532.34 \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 426,989.06 \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 1,136.95 \\ \text{Kepala Tukang} &= \text{Rp } 49,267.97 \\ \text{Lembur 4 Jam} & \\ \text{Pekerja} &= \text{Rp } 231,180.47 \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 582,257.81 \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 1,550.39 \\ \text{Kepala Tukang} &= \text{Rp } 67,183.59\end{aligned}$$

Cost Upah PerHari

$$\begin{aligned}\text{Lembur 3 Jam} & \\ \text{Pekerja} &= \text{Rp } 416,124.84 \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 1,048,064.06 \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 2,790.70 \\ \text{Kepala Tukang} &= \text{Rp } 120,930.47 \\ \text{Total Cost Upah PerHari} &= \text{Rp } 1,587,910.08 \\ \text{Lembur 4 Jam} & \\ \text{Pekerja} &= \text{Rp } 477,772.97 \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 1,203,332.81 \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 3,204.14 \\ \text{Kepala Tukang} &= \text{Rp } 138,846.09 \\ \text{Total Cost Upah PerHari} &= \text{Rp } 1,823,156.02\end{aligned}$$

$$\text{Cost Upah Lembur 3 Jam} = \text{Rp } 24,648,156.44$$

$$\text{Cost Upah Lembur 4 Jam} = \text{Rp } 26,867,562.34$$

$$\begin{aligned}\text{Harga Satuan Alat dan Bahan} &= \text{Rp } 78,468.75 \\ \text{Cost Alat dan Bahan} &= \text{Rp } 5,767,453.13 \\ \text{Crash Cost Lembur 3 Jam} &= \text{Rp } 30,415,609.56 \\ \text{Crash Cost Lembur 4 Jam} &= \text{Rp } 32,635,015.46\end{aligned}$$

Cost Slope

Cost Slope merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu item pekerjaan. Pertambahan biaya tersebut berbanding lurus dengan nilai *crash cost*. Semakin besar *crash cost* maka semakin besar nilai *cost slope* dan sebaliknya. Durasi yang direncanakan juga mempengaruhi besarnya nilai biaya percepatan ini.

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

Berikut ini perhitungan *Cost Slope* pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t = 12.5$ cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan jam kerja (lembur) 3 dan 4 Jam.

$$\text{Cost Slope 3 Jam} = \text{Rp } 1,301,694.19$$

Cost Slope 4 Jam = Rp 1,529,098.59

Alternatif Penambahan Tenaga Kerja Produktivitas Harian dan Produktivitas Harian Percepatan

Produktivitas kerja untuk alternatif percepatan penambahan tenaga kerja bisa dicari dengan menggunakan rumus.

$$\text{Produktivitas Harian} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal Pekerjaan}}$$

$$\text{Produktivitas PerJam} = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja PerHari}}$$

$$\text{Prod.HarianPercepatan} = \frac{(\text{Prod.Harian} \times (\text{Jumlah Tenaga Kerja} + \text{Penambahan Tenaga Kerja}))}{\text{Penambahan Tenaga Kerja}}$$

Berikut ini perhitungan Produktivitas pada pekerjaan Pasangan Bata ringan t= 12.5 cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan tenaga kerja.

Volume	= 73.50 m ²
Durasi Normal	= 20 Hari
Normal Cost	= Rp 24,587,128.13
Jumlah Tenaga Kerja	
Mandor	= 1 Orang
Pekerja	= 3 Orang
Tukang	= 5 Orang
Kepala Tukang	= 1 Orang
Total	= 9 Orang
Penambahan Tenaga Kerja	
Mandor	= 0 Orang
Pekerja	= 2 Orang
Tukang	= 1 Orang
Kepala Tukang	= 0 Orang
Total	= 3 Orang

Prod. Harian = 3.68 m²/hari

Prod. Harian Percepatan= 4.90 m²/hari

Crash Duration

Setelah dilakukan perhitungan produktivitas harian, produktivitas perjam, dan produktivitas harian percepatan. Produktivitas harian percepatan merupakan kemampuan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan setelah dipercepat. *Crash Duration* merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan setelah dilakukan percepatan.

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod.Harian Percepatan}}$$

Berikut ini perhitungan *Crash Duration* pada pekerjaan Pasangan Bata ringan t= 12.5 cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan tenaga kerja.

Volume	= 73.50 m ²
Durasi Normal	= 20 Hari
Prod. Harian Percepatan	= 4.90 m ² /hari
<i>Crash Duration</i>	= 73.50/(4.90) = 15.00 = 15 Hari

Crash Cost

Crash Cost merupakan biaya yang dikeluarkan setelah dilakukan alternatif percepatan yang merupakan total biaya langsung. Biaya ini merupakan penjumlahan dari biaya langsung pekerjaan ditambah dengan biaya upah lembur pekerja. Maka nilai biaya langsung untuk setiap item pekerjaan akan lebih besar dari biaya langsung sebelumnya.

$$\text{Cost Upah} = \text{Crash Duration} \times \text{Upah Penambahan Tenaga Kerja}$$

$$\text{Crash Cost} = \text{Cost Upah} + \text{Normal Cost}$$

Berikut ini perhitungan *Crash Cost* pada pekerjaan Pasangan Bata ringan t= 12.5 cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan tenaga kerja.

<i>Normal Cost</i>	= Rp 24,587,128.13
Harga Satuan Upah Pekerja	
Mandor	= Rp 450.00
Pekerja	= Rp 67,100.00
Tukang	= Rp 169,000.00
Kepala Tukang	= Rp 19,500.00
<i>Normal Cost Perhari</i>	= Rp 1,229,356.41
<i>Normal Cost Perjam</i>	= Rp 153,669.55
Upah Pekerja Normal	
Mandor	= Rp 1,653.75
Pekerja	= Rp 246,592.50
Tukang	= Rp 621,075.00
Kepala Tukang	= Rp 71,662.50
Upah Penambahan Tenaga Kerja	
Mandor	= Rp 0
Pekerja	= Rp 493,185.00
Tukang	= Rp 621,075.00
Kepala Tukang	= Rp 0
Total Upah	= Rp 1,114,260.00
<i>Cost Upah</i>	= Rp 16,713,900.00
<i>Crash Cost</i>	= Rp 41,301,028.13

Cost Slope

Cost slope merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu item pekerjaan. Pertambahan biaya tersebut berbanding lurus dengan nilai *crash cost*. Semakin besar *crash cost* maka semakin besar nilai *cost slope* dan sebaliknya. Durasi yang direncanakan juga mempengaruhi besarnya nilai biaya percepatan ini.

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

Berikut ini perhitungan *Cost Slope* pada pekerjaan Pasangan Bata ringan $t = 12.5$ cm utk dinding bangunan induk dengan penambahan tenaga kerja.

Normal Cost	= Rp 24,587,128.13
Crash Cost	= Rp 41,301,028.13
Durasi Normal	= 20 Hari
Crash Duration	= 15.00 Hari
Cost Slope	= Rp 3,342,780.00

Time Cost Trade Off

Teknik untuk mempersingkat atau mempercepat durasi proyek adalah *Time Cost Trade Off* atau yang sering dikenal sebagai metode pertukaran waktu dan biaya. Langkah selanjutnya adalah melakukan kompresi atau penekanan tambahan setelah menentukan nilai *Cost Slope* untuk setiap item pekerjaan jalur kritis. Kompresi dimulai dari pekerjaan yang memiliki nilai *Cost Slope* terendah. Kompresi waktu pada suatu aktivitas pekerjaan akan berhenti jika telah tercapai kondisi kompresi maksimal, dimana aktivitas telah jenuh (tidak dapat dikompresi lagi) dan mencapai batas crashability-nya sehingga diketahui Titik Durasi Dipersingkat (TPD).

Berikut ini akan diuraikan perhitungan tahapan kompresi dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

Durasi Normal Proyek	= 248 Hari
	= 1984 Jam
Biaya Langsung	= Rp 547,841,649.96
Biaya Tak Langsung	= Rp 107,562,581.50
Total Biaya	= Rp 655,404,231.46

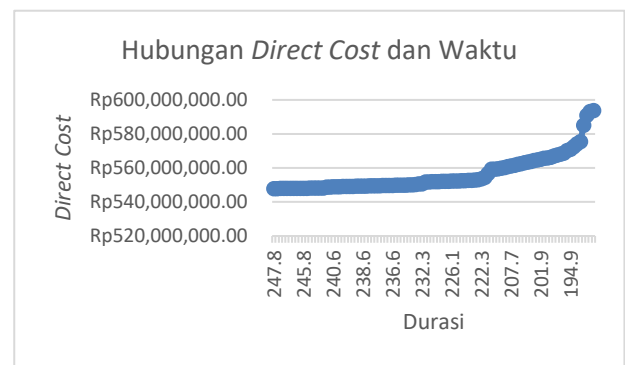
Berikut perhitungan kompresi dengan penambahan jam kerja (lembur) 3 jam.

Cost Slope/hari	= Rp 43,458.80/hari
Cost Slope/jam	= Rp 5,432.35/jam
Durasi Normal	= 1 Hari
	= 8 Jam
Crash Duration	= 0.8 Hari
	= 6.2 Jam

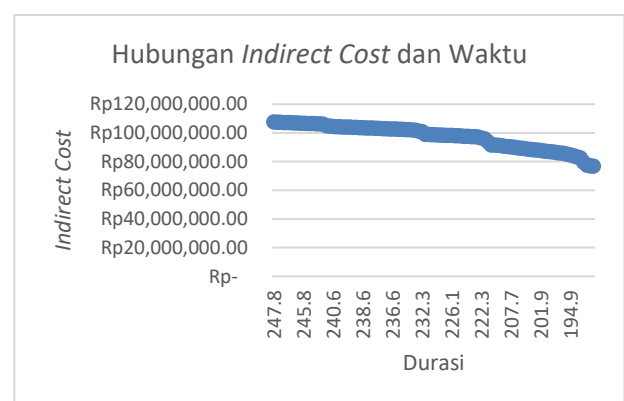
Total Percepatan	= 0.2 Hari
	= 1.8 Jam
Total Durasi Proyek	= 247.8 Hari
	= 1982.2 Jam
Tambahan Biaya	= Rp 9,729.58
Biaya Langsung	= Rp 547,851,379.55
Biaya Tak Langsung	= Rp 107,465,479.98
Total Cost	= Rp 655,316,859.53

Titik Proyek Dipersingkat (TPD) dengan biaya paling minimum didapat pada tahap ke 63 dengan total durasi 223.6 Hari atau sama dengan 1788.8 Jam, didapatkan percepatan 24.4 Hari atau sama dengan 195.2 Jam dari durasi normal. Didapatkan total cost sebesar Rp 650,010,588.07 sehingga mendapat penurunan biaya Rp 5,393,643.39 dari biaya normal Rp 655,404,231.46.

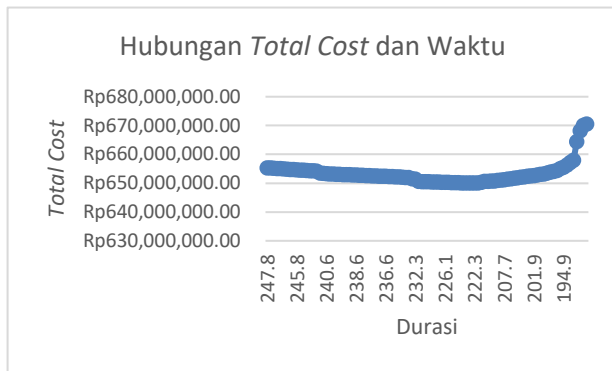
Berikut ini merupakan grafik hubungan biaya dari biaya langsung, biaya tak langsung, dan *total cost*.



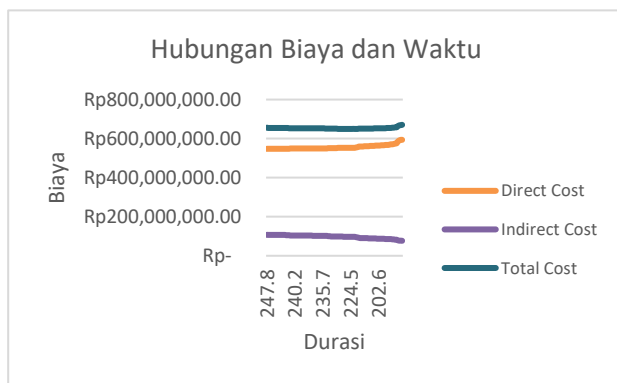
Gambar 5 Grafik Hubungan *Direct Cost* dan Waktu



Gambar 6 Grafik Hubungan *Indirect Cost* dan Waktu

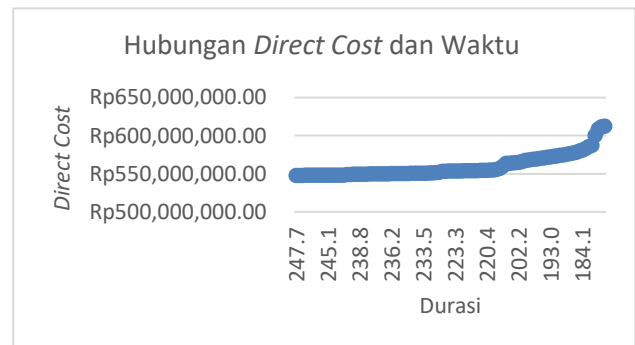


Gambar 7 Grafik Hubungan *Total Cost* dan Waktu

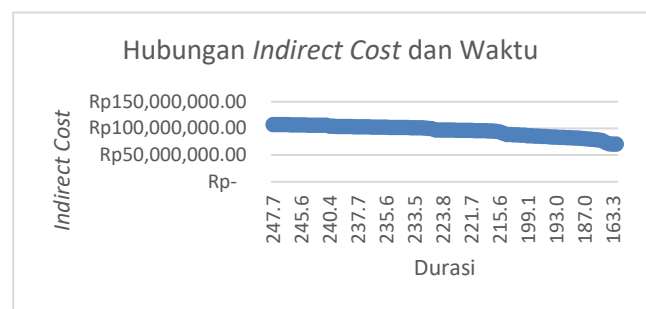


Gambar 8 Grafik Hubungan Biaya dan Waktu

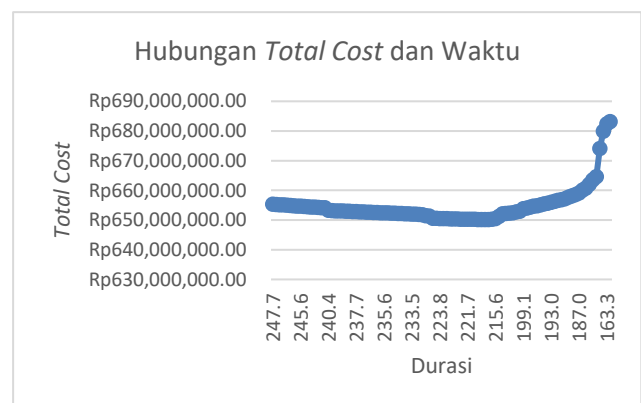
Berikut ini merupakan grafik hubungan biaya dari biaya langsung, biaya tak langsung, dan total cost.



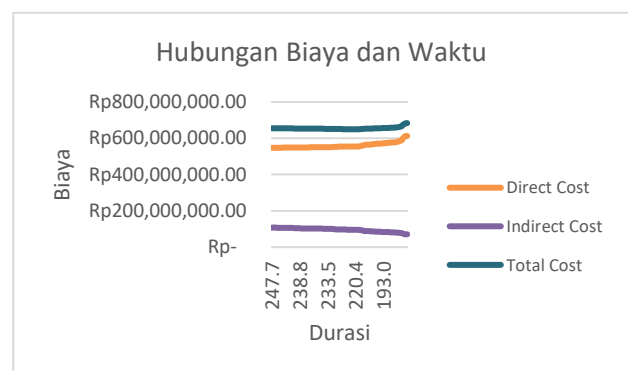
Gambar 9 Grafik Hubungan *Direct Cost* dan Waktu



Gambar 10 Grafik Hubungan *Indirect Cost* dan Waktu



Gambar 11 Grafik Hubungan *Total Cost* dan Waktu



Gambar 12 Grafik Hubungan Biaya dan Waktu

Berikut Perhitungan kompresi dengan penambahan jam kerja (lembur) 4 jam.

Cost Slope/hari = Rp 51,051.00 /hari

Cost Slope/jam = Rp 6,381.38 /jam

Durasi Normal = 1 Hari

= 8 Jam

Crash Duration = 0.7 Hari

= 5.9 Jam

Total Percepatan = 0.3 Hari

= 2.1 Jam

Total Durasi Proyek = 247.7 Hari

= 1981.9 Jam

Tambahan Biaya = Rp 13,434.47

Biaya Langsung = Rp 547,855,084.44

Biaya Tak Langsung = Rp 107,448,444.63

Total Cost = Rp 655,303,529.07

Titik Proyek Dipersingkat (TPD) dengan biaya paling minimum didapat pada tahap ke 63 dengan total durasi 219.3 Hari atau sama dengan 1754.5 Jam, didapatkan percepatan 28.7 Hari atau sama dengan 229.5 Jam dari durasi normal. Didapatkan total cost sebesar Rp 650,130,175.97, sehingga mendapat penurunan biaya Rp 5,274,055.49 dari biaya normal Rp 655,404,231.46.

Berikut perhitungan kompresi dengan penambahan tenaga kerja.

Cost Slope/hari = Rp 66,748.00 /hari

Cost Slope/jam = Rp 8,343.50 /jam

Durasi Normal = 1 Hari

= 8 Jam

Crash Duration = 0.6 Hari

= 4.6 Jam

Total Percepatan = 0.4 Hari

= 3.4 Jam

Total Durasi Proyek = 247.6 Hari

= 1980.6 Jam

Tambahan Biaya = Rp 28,606.29

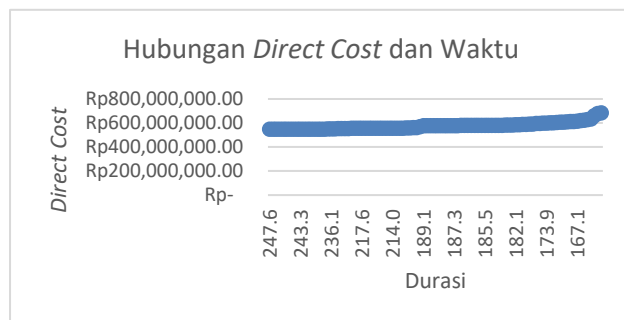
Biaya Langsung = Rp 547,870,256.25

Biaya Tak Langsung = Rp 107,376,701.46

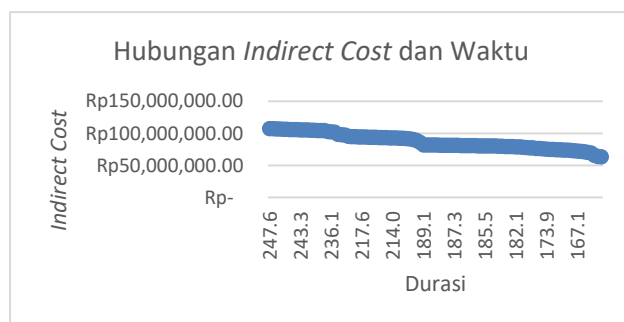
Total Cost = Rp 655,246,957.71

Titik Proyek Dipersingkat (TPD) dengan biaya paling minimum didapat pada tahap ke 39 dengan total durasi 213.1 Hari atau sama dengan 1705.0 Jam, didapatkan percepatan 34.9 Hari atau sama dengan 279.0 Jam dari durasi normal. Didapatkan total cost sebesar Rp 648,624,342.81 sehingga mendapat penurunan biaya Rp 6,779,888.65 dari biaya normal Rp 655,404,231.46.

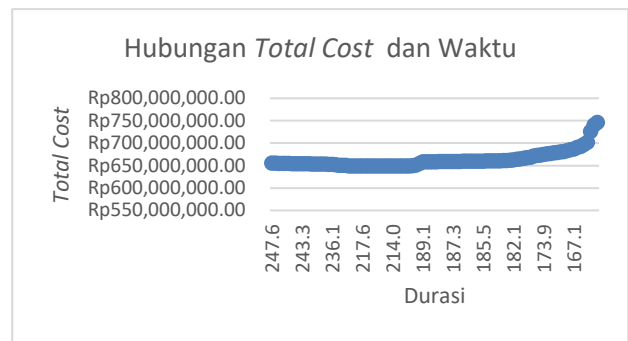
Berikut ini merupakan grafik hubungan biaya dari biaya langsung, biaya tak langsung, dan total cost.



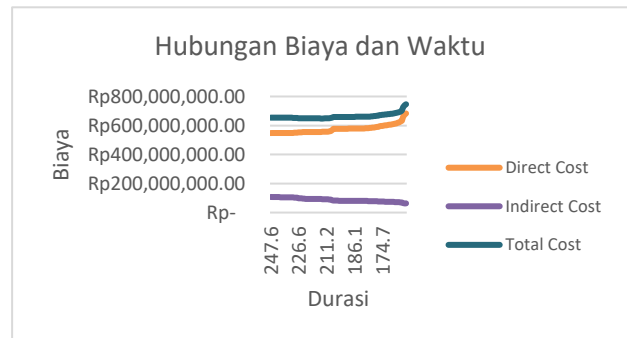
Gambar 13 Grafik Hubungan *Direct Cost* dan Waktu



Gambar 14 Grafik Hubungan *Indirect Cost* dan Waktu



Gambar 15 Grafik Hubungan *Total Cost* dan Waktu



Gambar 16 Grafik Hubungan Biaya dan Waktu

Grafik yang disebutkan menunjukkan bahwa biaya langsung menurun seiring dengan bertambahnya waktu proyek. Namun, semakin lama proyek berlangsung, semakin besar biaya tidak langsung, yang berbanding terbalik dengan durasi proyek.

Efisiensi

Melalui analisis Time Cost Trade Off dapat diketahui bahwa durasi pelaksanaan Pembangunan Ruko Northwest Citraland Surabaya Pada Alternatif 1 penambahan jam kerja 3 jam diperoleh durasi optimal 223.6 Hari dengan biaya total sebesar Rp 650,010,588.07. Berarti terjadi pengurangan durasi proyek secara keseluruhan selama 24.4 Hari dari durasi normal 248 Hari dan terjadi pengurangan total biaya sebesar Rp 5,393,643.39 dari biaya normal Rp 655,404,231.46. Pada Alternatif 2 penambahan jam kerja 4 jam diperoleh durasi optimal 219.3 Hari dengan biaya total sebesar Rp 650,130,175.97. Berarti terjadi pengurangan durasi proyek secara keseluruhan selama 28.7 Hari dari durasi normal 248 Hari dan terjadi pengurangan total biaya sebesar Rp 5,274,055.49 dari biaya normal Rp 655,404,231.46. Pada Alternatif 3 penambahan tenaga kerja diperoleh durasi optimal 213.1 Hari dengan biaya total sebesar

Rp 648,624,342.81. Berarti terjadi pengurangan durasi proyek secara keseluruhan selama 34.9 Hari dari durasi normal 248 Hari dan terjadi pengurangan total biaya sebesar Rp 6,779,888.65 dari biaya normal Rp 655,404,231.46.

Efisiensi waktu dan biaya proyek merupakan perbandingan antara waktu dan biaya rencana proyek dengan waktu dan biaya proyek setelah dilakukan percepatan.

$$\text{Efisiensi Waktu Proyek} = \frac{(\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Percepatan})}{\text{Durasi Normal}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Biaya Proyek} = \frac{(\text{Biaya Normal} - \text{Biaya Percepatan})}{\text{Biaya Normal}} \times 100\%$$

Pada Alternatif Penambahan Jam kerja 3 Jam dapat dihitung efisiensi waktu dan biaya proyek sebagai berikut:

Durasi Normal	= 248 Hari
Durasi Percepatan	= 223.6 Hari
Biaya Normal	= Rp 655,404,231.46
Biaya Percepatan	= Rp 650,010,588.07
Efisiensi Waktu	= 9.84%
Efisiensi Biaya	= 0.82%

Pada Alternatif Penambahan Jam kerja 4 Jam dapat dihitung efisiensi waktu dan biaya proyek sebagai berikut:

Durasi Normal	= 248 Hari
Durasi Percepatan	= 219.3 Hari
Biaya Normal	= Rp 655,404,231.46
Biaya Percepatan	= Rp 650,130,175.97
Efisiensi Waktu	= 11.57%
Efisiensi Biaya	= 0.80%

Pada Alternatif Penambahan Tenaga Kerja dapat dihitung efisiensi waktu dan biaya proyek sebagai berikut:

Durasi Normal	= 248 Hari
Durasi Percepatan	= 213.1 Hari
Biaya Normal	= Rp 655,404,231.46
Biaya Percepatan	= Rp 648,624,342.81
Efisiensi Waktu	= 14.06%
Efisiensi Biaya	= 1.03%

SIMPULAN

Merujuk pada tujuan penulisan Tugas Akhir dengan judul “Optimalisasi Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja Dan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off”. Maka diperoleh simpulan sebagai berikut.

1. Rencana waktu pelaksanaan proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland

Surabaya selesai dalam kurun waktu 248 Hari. Setelah dilakukan percepatan, pada Alternatif 1 didapatkan 223.6 Hari terjadi pengurangan 24.4 Hari. Pada Alternatif 2 didapatkan 219.3 Hari terjadi pengurangan 28.7 Hari. Pada Alternatif 3 didapatkan 213.1 Hari terjadi pengurangan 34.9 Hari.

2. Biaya Total proyek Pembangunan Ruko Northwest Citraland Surabaya sebelum dilakukan percepatan Rp 655,404,231.46, dengan rincian direct cost Rp 547,841,649.96 dan indirect cost Rp 107,562,581.50. Setelah dilakukan percepatan, pada Alternatif 1 diperoleh Biaya total Rp 650,010,588.07, dengan rincian direct cost Rp 553,032,071.37 dan indirect cost Rp 96,978,516.69. Pada Alternatif 2 diperoleh Biaya total Rp 650,130,175.97, dengan rincian direct cost Rp 555,008,512.75 dan indirect cost Rp 95,121,663.22. Pada Alternatif 3 diperoleh Biaya total Rp 648,624,342.81, dengan rincian direct cost Rp 556,189,876.32 dan indirect cost Rp 92,434,466.49.
3. Pada Alternatif 1 didapatkan durasi optimum 223.6 Hari dengan biaya Rp 650,010,588.07 dengan Efisiensi Waktu dan Biaya sebesar 9.84% dan 0.82%, Pada Alternatif 2 diperoleh durasi optimum 219.3 Hari dengan biaya Rp 650,130,175.97 dengan Efisiensi Waktu dan Biaya sebesar 11.57% dan 0.80%, dan Pada Alternatif 3 didapatkan durasi optimum 213.1 Hari dengan biaya Rp 648,624,342.81 dengan Efisiensi Waktu dan Biaya sebesar 14.06% dan 1.03%.

REFERENSI

- Agustiar, I., & Handrianto, R. (2018). EVALUASI PENJADWALAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE CPM DAN KURVA S (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Perpustakaan SMK N 1 “XX”, Gresik). *Wahana Teknik*, 07(02), 99–105. <http://journal.unigres.ac.id/index.php/WahanaTeknik/article/view/788>
- Frederika, A. (2010). Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2), 113–126.
- Kustiani, I., Ma'ruf, A., & Mela, A. F. (2016). *Analisis Time Cost Trade Off Untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Di Bandar Lampung*. 1, 1–12.
- Priyo, M., & Aulia, M. R. (2015). Aplikasi Metode

Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi :
Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung
Indonesia. *JURNAL ILMIAH SEMESTA
TEKNIKA*, 18(1), 30–43.

- Sarono, T. B. (2022). Analisis Pertukaran Waktu
Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade
Off (Tcto) Pada Proyek Pembangunan Kantor
KELURAHAN SIDODADI KOTA
SAMARINDA. *KURVA S: Jurnal Keilmuan
Dan Aplikasi ...*, 1–19. [http://ejurnal.untag-
smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/5998](http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/5998)
- Setiawan, B. B. (2012). Analisis pertukaran waktu
dan biaya dengan metode time cost trade off
(TCTO) pada proyek pembangunan gedung di
Jakarta. *Jurnal Konstruksia*, 4, 25–34.
- Soeharto, I. (1999). *MANAJEMEN PROYEK* (Edisi
Kedu). Penerbit Erlangga.
<https://doi.org/10.3938/jkps.60.674>
- Waney, E. V. Y., & Ruitan, S. (2022). Perencanaan
Waktu dan Penjadwalan Pelaksanaan Proyek
Pembangunan Rusun TNI di Minahasa Utara.
*Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan
Unggulan Vokasi*, 1(1).