



STRATEGI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA MENGGUNAKAN TIME COST TRADE OFF (TCTO) PADA PEMBANGUNAN GEDUNG RUANG KELAS SMPN 1 BESUKI
(TIME AND COST OPTIMIZATION USING THE TIME COST TRADE OFF (TCTO) STRATEGY IN THE CONSTRUCTION CLASSROOM BUILDING OF JUNIOR HIGH SCHOOL ONE BESUKI)

Lutfan Anas Zahir. S.Si., M.Pd.¹

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Tulungagung

Jalan Kimangunsarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233

email: lutfananas@gmail.com

Abstract

Time and cost are very influential on success and failure a project. The benchmark for project success is usually seen from the time taken optimally with optimum cost without leaving the quality of the work. Therefore efforts to optimize time and costs are very important in planning a project. One way that can be used to optimize time and cost by calculating the total cost direct declining projects with long durations and insignificant costs direct cost increases with a long duration of direct costs and indirectly get the optimum total cost and optimal time. The Project for Construction of Classroom Building for Juior High School one Besuki will carried out on the land. Structural work on projects started in June 1 2021 is targeted for completion in 6 months, namely in November 2021. This period of time is long enough so that it is possible to accelerated. The method used to accelerate is the Time Cost Trade Off analysis. Acceleration in this study was carried out by additional working hours. By performing critical path compression steps from the Bar Chart in the Ms Project application then the reduction in duration is the optimum can be found. From the results of the calculation analysis study, it can be seen the optimal duration of the project of 122 days with a total cost of Rp. 849.550.435,- because there are delay in implementation for 6 days and when the acceleration of indirect costs a little value can not affect the direct cost.

Keywords: Acceleration, Optimazation Cost, Duration, Optimazation, Time Cost Trade Off

Abstrak

Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolok ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu yang diambil secara optimal dengan biaya yang optimal tanpa meninggalkan kualitas pekerjaan. Oleh karena itu upaya untuk mengoptimalkan waktu dan biaya sangat penting dalam perencanaan suatu proyek. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan waktu dan biaya adalah dengan menghitung total biaya proyek penurunan langsung dengan durasi yang lama dan biaya yang tidak signifikan biaya langsung meningkat dengan durasi biaya langsung yang lama dan secara tidak langsung mendapatkan total biaya dan waktu yang optimal. Proyek Pembangunan Gedung Kelas Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Besuki akan dilaksanakan di atas lahan tersebut. Pekerjaan struktural pada proyek yang dimulai pada 1 Juni 2021 ditargetkan selesai dalam 6 bulan, yakni pada November 2021. Jangka waktu tersebut cukup lama sehingga memungkinkan untuk dipercepat. Metode yang digunakan untuk mempercepat adalah analisis Time Cost Trade Off. Percepatan dalam penelitian ini dilakukan dengan penambahan jam kerja. Dengan melakukan langkah-langkah kompresi jalur kritis dari Bar Chart di aplikasi Ms Project maka pengurangan durasi yang optimal dapat ditemukan. Dari hasil studi analisis perhitungan dapat diketahui durasi optimal proyek 122 hari dengan total biaya Rp. 849.550.435,- karena ada keterlambatan pelaksanaan selama 6 hari dan bila percepatan biaya tidak langsung sedikit nilainya tidak dapat mempengaruhi biaya langsung.

Kata kunci: Akselerasi, Biaya Optimasi, Durasi, Optimasi, Time Cost Trade Off

PENDAHULUAN

Dalam suatu proyek konstruksi terdapat banyak kegiatan yang dilakukan secara hati-hati, sehingga dalam penyelesaian suatu proyek harus ada manajemen perencanaan, pemantauan dan pelaksanaan dengan memperhatikan pengendalian proyek untuk mempertimbangkan sumber daya termasuk waktu, biaya dan kemajuan pekerjaan proyek sehingga dapat dikendalikan dan tidak terjadi pemborosan biaya. Perencanaan biasanya dilakukan untuk memastikan bahwa pekerjaan dilakukan sesuai dengan kualitas yang diinginkan, dalam waktu tertentu dan sesuai dengan target biaya. Deviasi penyimpangan bertentangan dengan rencana, bagaimanapun, harus terjadi dalam pengendalian proyek konstruksi. Penyimpangan ini terjadi karena faktor alam pekerjaan konstruksi itu sendiri dan ketidakpastian yang terkait dengannya dengan pekerjaan, maka sangat dianggap penting untuk dilakukan manajemen proyek yang tepat.

Analisa dan optimasi terkait penelitian manajemen proyek terdahulu telah dilakukan menggunakan berbagai metode yang berbeda dan menghasilkan varian hasil kesimpulan yang bervariasi. **Anggara Hayan (2005)** dalam penelitian Perencanaan dan Pengendalian Proyek dengan Metode PERT, CPM : Studi Kasus Fly Over Ahmad Yani, Karawang memperoleh kesimpulan Umur proyek berkurang selama 43 hari. Percepatan waktu ini membuat umur proyek menjadi lebih efisien dan Waktu optimal Penyelesaian proyek fly over selama 184 hari dengan biaya Rp 700.375.000,-. **Ari Sandyavitri (2008)** dalam penelitian Pengendalian Dampak Perubahan Desain Terhadap Waktu dan Biaya Pekerjaan Konstruksi memperoleh hasil perhitungan dan diperoleh kenaikan cost sebesar Rp 65.509.817,- akibat pengurangan durasi pelaksanaan kerja yang bermula 68 hari menjadi 53 hari. **Sementara Teguh Y.K dan Silvia Kusuma (2008)** dalam penelitian Optimasi Waktu dan Biaya pada Jaringan Kerja Critical Path Method (CPM) dan Preceden Diagram Method (PDM) memperoleh hasil Proses crashing pada jaringan kerja CPM maupun PDM optimum pada hasil yang sama, yaitu ketika 159 hari dan *cost project* sebesar Rp 7.456.529.283,90,-.

Manajemen proyek merupakan proses *planning* dalam penyiapan sarana secara *real/* fisik dan peralatan *software* lainnya agar proyek yang kita rencanakan tersebut dapat mulai beroperasi secara komersial dan *on time* (**A. Hamdan, D. & Kadar, N, 2014: 21**). Hasil penelitian manajemen proyek adalah kegiatan merencanakan, mengorganisasikan, mengarahkan, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dalam proses tertentu serta sumber daya tertentu. Menurut **Larson (2000:4)**, kriteria manajemen penjadwalan proyek yang efisien yaitu dicapainya penurunan terbesar dalam waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek yang bersangkutan sambil tetap mempertahankan kelayakan ekonomi dari penggunaan sumber daya yang tersedia. Langkah manajemen proyek ialah membaginya ke dalam berbagai kegiatan. Kegiatan-kegiatan perlu diidentifikasi dan hubungan antarkegiatan tersebut harus jelas. Berdasarkan pembagian ini pula dapat dilakukan alokasi sumber daya dan waktu. Dengan demikian, dapatlah pemberi proyek mengetahui secara garis besar, kegiatan apa saja yang akan dilakukan untuk menyelesaikan proyek tersebut serta berapa dana dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Terdapat dalam buku (**A. Hamdan, D. & Kadar, N, 2014: 3**).

Mutu suatu manajemen tidak terlepas dari mutu informasi yang diperoleh. Jika informasi yang diperoleh pengawas lapangan dapat mewakili kondisi yang sebenarnya maka solusi yang diambil akan mengenai sasaran. Menurut **Wulfram, I.E. (2004: 5)** ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar manajemen berlangsung dengan baik, yaitu: 1. Ketepatan waktu Ketepatan waktu pemantauan sangat berpengaruh untuk mendapatkan informasi yang terbaru. Keterlambatan pemantauan hanya akan menghasilkan informasi yang sudah tidak sesuai lagi dengan kondisi. 2. Akses antar tingkat Derajat kemudahan untuk akses dalam jalur pelaporan performa sangat berpengaruh untuk menjaga efektifitas sistem pengendalian Jalur pelaporan dari tingkat paling atas hingga paling bawah harus mudah dan jelas.

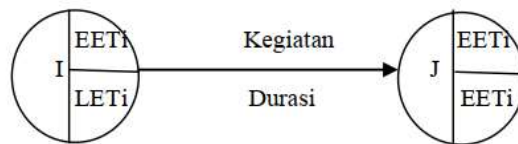
Sehingga, seorang manager dapat melacak dengancepat bila terdapat bagian yang memiliki performa jelek.3. Perbandingan data terhadap informasi Data yang diperoleh dari pengamatan di lapangan harus mampumemberikan informasi secara proporsional. Jangan sampai terjadijumlah data yang didapat berjumlah ribuan bahkan ratusan ribu namunhanya memberikan satu dua informasi.4. Data dan informasi yang dapat dipercaya.

Menurut *Wulfram, I.E.(2004: 4)*, ada beberapa factor yang menyebabkan manajemenmenjadi tidak efektif, yaitu: (1) Definisi proyekDefinisi proyek yang dimaksud adalah keadaan proyek itusendiri atau gambaran proyek yang dibuat perencana. Padaprojek dengan ukuran dan kompleksitas yang amat besar, yangmelibatkan banyak organisasi ditambah lagi banyaknya kegiatanyang saling terkait, maka akan timbul masalah kesulitankoordinasi dan komunikasi. Kesulitan yang sama bisa jugatimbul karena kerumitan pendefinisian struktur organisasiprojek yang dibuat oleh perencana.(2) Faktor tenaga kerjaPengawas atau inspektur yang kurang ahli dibidangnyaatau kurang berpengalaman dapat menyebabkan manajemenproyek menjadi tidak efektif dan kurang akurat.(3) Faktor sistem pengendalianPenerapan sistem informasi dan pengawasan yang terlaluformal dengan mengabaikan hubungan kemanusiaan akantimbul kekakuan dan keterpaksaan. Oleh karena itu, perlu jugaditerapkan cara-cara tertentu untuk mendapatkainformasisecara tidak resmi misalnya ketika makan bersama, salingmengunjungi, komunikasi lewat telepon, dan lain sebagainya.

Metode Penjadwalan Proyekadalah kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas. Critical Path Metod (CPM) Critical Path Method merupakan sebuah model ilmu manajemen untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek, yang dikembangkan sejak tahun 1957 oleh perusahaan Du Pont untuk membangun suatu pabrik kimia dengan tujuan untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya dengan maksud pekerjaan-pekerjaan yang telah dijadwalkan itu dapat diselesaikan secara tepat waktu serta tepat biaya (*A. Hamdan, D. & Kadar, N, 2014: 352*). Menurut *Imam Soeharto (1995:247)*, metode Jalur Kritis merencanakan dan mengawasi proyek, merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Dalam menentukan perkiraan waktu penyelesaian akan dikenal istilah jalur kritis yang rangkaian kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan waktu penyelesaian proyek yang tercepat Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa jalur kritis merupakan jalur yang melalui kegiatan dari awal sampai akhir jalur yang sangat berpengaruh pada waktu penyelesaian proyek, walaupun dalam sebuah jaringan kerja dapat saja terjadi beberapa jalur kritis. Identifikasi terhadap jalur kritis harus mampu dilakukan oleh seorang manajer proyek dengan baik, sebab pada terlambat maka akan mengakibatkan keterlambatan seluruh proyek.

Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu network adalah sebagai berikut (*Hayun, 2005*) : (anak panah/busur), mewakili sebuah kegiatan atau aktivitas yaitu tugas yang dibutuhkan oleh proyek. Kegiatan di sini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah resources sumber tepanah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan. Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini. (lingkaran kecil/simpul/node), mewakili sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian (event) didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan mewakili satu titik dalam waktu yang menyatakan penyelesaian beberapa kegiatan dan awal beberapa kegiatan baru. Titik awal dan akhir dari sebuah kegiatan karena itu dijabarkan dengan dua kejadian yang biasanya dikenal sebagai kejadian k tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan diselesaikan. Suatu kejadian harus mendahului kegiatan yang keluar dari simpul/node tersebut. (anak panah terputus) panah memiliki peranan ganda dalam mewakili kegiatan dan membantu untuk menunjukkan hubungan utama antara berbagai kegiatan. Dummy di sini berguna halnya

kegiatan biasa, panjang dan kemiringan dummy ini juga tak berarti apa berskala. Bedanya dengan kegiatan biasa ialah bahwa kegiatan dummy tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu kegiatan dan biaya sama dengan nol. (anak panah tebal), merupakan kegiatan pada lintasan kritis Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikuti aturan 2005 : (a) Antara dua kejadian (event) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah. (b) Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian. (c) Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi. (d) Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (initial event) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (terminal event). (A. Hamdan, D. & Kadar, N, 2014: 343) menjelaskan dalam CPM (Critical Path Method) dikenal EET (Earliest Event Time) dan LET (Last Event Time), Total Float, Free Float, dan Float Interferen, EET itu sendiri adalah peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari event. LET adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari event.



Gambar 1. EET dan LET suatu Kegiatan

Keterangan :

$X/(i,j)$: Nama Kegiatan

i : Peristiwa Awal Kegiatan X

j : Peristiwa Akhir Kegiatan X

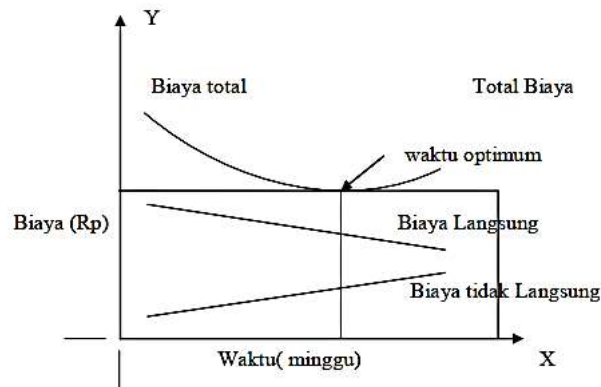
L_{ij} : Durasi Kegiatan (i,j)

Jalur Kritis, Dalam metode CPM (*Critical Path Method* - Metode Jalur Kritis) dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1999: 254). Lintasan kritis (*Critical Path*) melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal (A. Hamdan, D. & Kadar, N, 2014: 353) selain itu Gantt Bar Chart / Diagram Balok (Imam Soeharto, :1990, 235) menyebutkan bahwa metode tersebut bertujuan mengidentifikasi unsur waktu dan urutan untuk merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan waktu pelaporan.

Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertical terhadap waktu sumbu horisontal. Kemajuan kegiatan biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahui kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat ataupun lebih dari yang direncanakan. Bobot kegiatan adalah nilai presentase proyek dimana penggunaannya dipakai untuk mengetahui kemajuan proyek tersebut, dapat di rumuskan sebagai berikut

$$\text{Bobot Kegiatan} = \frac{\text{Harga Kegiatan}}{\text{Total Harga Kegiatan}} \times 100\%$$

Biaya proyek merupakan hal yang sangat penting selain waktu, kedua hal ini berkaitan erat. Dalam suatu konstruksi proyek, total biaya terdiri dari dua jenis biaya, yang berhubungan dengan waktu pelaksanaan proyek, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung. Dari kedua grafik hubungan antara waktu dengan biaya tersebut, biaya dapat dikeluarkan. Total biaya ini ditentukan dengan menggabungkan kedua jenis biaya tersebut, seperti terlihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hubungan biaya dengan waktu yang optimal

Sumber : Imam Suharto, 1999:299

Setiap organisasi pekerjaan selalu diawali dengan membuat jadwal rencana kerja, dan selama berlangsungnya pelaksanaan pekerjaan harus diukur hasil-hasil yang dicapai. Sebelum menyusun rencana kerja ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain : (a) Keadaan lapangan kerja (*job Site/Project Site*), (b) Kemampuan tenaga kerja, (c) Penyediaan bahan-bahan bangunan, (d) Peralatan bangunan, (e) Gambar-gambar kerja, (f) Kelangsungan pelaksanaan pekerjaan.

Secara spesifikasi dapat dilakukan dengan : Mencari hubungan jadwal-biaya yang ekonomis dan Menyusun jadwal dengan keterbatasan sumber daya. Ketika jadwal ekonomis telah di temukan maka secara langsung planner akan menemukan waktu penyelesaian yang dapat di persingkat Proses mempercepat kurun waktu disebut *crash program*. Didalam menganalisa proses tersebut digunakan asumsi berikut : (a) Jumlah sumberdaya yang tersedia tidak merupakan kendala. Ini berarti dalam menganalisa program mempersingkat waktu, alternative yang dipilih tidak dibatasi oleh tersedianya sumber daya. (b) Bila diinginkan waktu penyelesaian kegiatan lebih cepat dengan lingkup yang sama, bahkan keperluan sumber daya akan bertambah. Sumber daya ini dapat berupa tenaga kerja, material, peralatan atau bentuk lain yang dinyatakan dalam sejumlah dana.

Analisa Perencanaan dengan *Time Cost Trade Off (TCTO)*. Di dalam perencanaan suatu proyek di samping variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus dikendalikan seminim mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena terdapat hubungan yang erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya proyek yang bersangkutan. Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya minimum. Oleh karena itu perlu dipelajari terlebih dahulu hubungan antara waktu dan biaya. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off* (Pertukaran Waktu dan Biaya). Di dalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang. Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Cara-cara tersebut antara lain :

- a. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur).
- b. Penambahan tenaga kerja
- c. Pergantian atau penambahan peralatan
- d. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
- e. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Cara-cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut

giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

Analisa Percepatan Waktu dengan Menambah Jam Kerja/ Lembur

- a. Upah Tenaga Kerja dan Jam Kerja Dalam melakukan percepatan waktu dengan penambahan jam kerja/lebur sebanyak 2 jam/hari. Diasumsikan jam kerja normal 7jam/hari ditambahkan dengan jam kerja/lembur 2 jam/hari, maka total kerja dalam 1 hari 9 jam kerja/hari. Upah pekerja jam lembur sebesar harga normal 1 hari kerja dibagi 7 jam kerja, maka didapat upah pekerja/jam kerja dikalikan 2 karena penambahan jam kerja/lembur sebanyak 2 jam/hari. Sehingga upah untuk masing-masing tenaga kerja antara lain.

- b. Perhitungan *Cost Slope*

Cost Slope adalah penambahan biaya akibat percepatan waktu. Sebelum kita menghitung *cost slope*, maka terlebih dahulu menganalisis hubungan antara waktu dan biaya, maka dipakai definisi sebagai berikut : 1 Waktu normal (*normal duration*) adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan hingga selesai dengan cara yang efisien. 2 Biaya Normal (*normal cost*) adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan waktu normal. 3 Waktu dipersingkat (*crash time*) adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. 4 Biaya untuk dipersingkat (*crash cost*) adalah jumlah biaya untuk waktu dipersingkat. Besarnya *cost slope* dihitung dengan rumus (soeharto, 1999 : 214) :

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

Formula perhitungan durasi cepat serta yang diperlukan untuk mempercepat kegiatan-kegiatan pada lintasan kritis seperti yang di jelaskan sebagai berikut:

1. Nomer Analisa : Kode kegiatan
2. Uraian pekerjaan : Kegiatan-kegiatan pembangunan gedung ruang SMPN 1 Besuki
3. Bobot volume pasangan : Volume kegiatan yang akan dipercepat durasinya.
4. Data durasi normal pekerjaan : Durasi normal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan dalam kondisi normal
5. Produktivitas kerja perhari : Produktivitas kerja rata-rata perhari yang dihitung seperti berikut :

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

6. Produktivitas kerja perjam : Produktivitas kerja rata-rata perjam yang dihitung sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas rata - rata} = \frac{\text{Produktivitas per hari}}{8 \text{ jam}}$$

7. Kerja lembur perjam : Digunakan 2 jam kerja lembur.
8. Durasi dipercepat : Jumlah durasi yang akan dipercepat dihitung dengan urutan sebagai berikut :

- a. Produktivitas lembur perhari = Produktivitas normal perjam, jumlah kerja lembur untuk mempercepat 1 hari: Produktivitas lembur perhari = Produktivitas normal perjam, jumlah kerja lembur untuk mempercepat 1 hari:

$$\text{Percepatan 1 hari} = \frac{\text{Produktivitas normal per hari}}{\text{produktivitas lembur per hari}}$$

- b. Jumlah durasi dipercepat

$$\text{Jumlah durasi dipercepat} = \frac{\text{Durasi lembur rencana maksimal}}{\text{Jumlah kerja lembur untuk mempercepat}}$$

9. Hasil percepatan durasi : Durasi cepat hasil dari pengurangan durasi normal dengan jumlah durasi dipercepat.
10. Biaya durasi normal : Biaya normal adalah biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan durasi normal
11. Biaya durasi dipercepat: Biaya cepat adalah biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan dengan durasi cepat, dihitung dengan rumus sebagai berikut : $\text{Biaya} = \{[\text{Biaya normal} : \text{Durasi}] + [1.5 \times (\text{Biaya normal} / \text{Durasi normal}) \times \text{Durasi lembur}]\}$
12. Biaya tambahan percepatan /hari: Cost Slope adalah biaya tambahan yang dibutuhkan untuk setiap mempercepat kegiatan 1 hari, dihitung dengan cara :

$$\text{Cost Slope per hari} = \frac{\text{Biaya cepat} - \text{Biaya normal}}{\text{Durasi normal} - \text{durasi cepat}}$$

Estimasi Biaya Tidak Langsung (*indirect cost*) Yaitu biaya yang berkaitan dengan lamanya waktu pelaksanaan pekerjaan. Namun biaya ini tidak berkaitan dengan volume pekerjaan yang dilaksanakan, yang terdiri dari gaji pegawai tetap dan manajemen proyek, biaya sewa dan perawatan alat, pajak, asuransi, dan sebagainya. Dari *network diagram* diperlihatkan bahwa pada durasi normal /hari, biaya tidak langsung dan biaya tidak langsung. Biaya tidak langsung akan menurun seiring dengan berkurangnya waktu pelaksanaan atau berbanding lurus dengan waktu pelaksanaan. Biaya tidak langsung akan menurun dan biaya langsung akan menurun.

METODE PENELITIAN

A. Data Umum

Nama proyek ini adalah pembangunan Gedung Ruang Kelas SMPN 1 Besuki sebagai pengelola (SWAKELOLA). Adapun data-data umum proyek sebagai berikut: Pemilik Proyek : SMPN 1 Besuki Nama Proyek : Proyek Pembangunan Gedung Ruang Kelas SMPN 1 Besuki, Tinggi Bangunan : 2 Lantai

B. Lokasi Proyek

Pembangunan proyek Gedung Ruang Kelas SMPN 1 Besuki, desa Tanggulwelahan, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung. Proyek gedung ini merupakan rehabilitasi gedung lama yang akan di renovasi dengan segala fasilitas-fasilitas moderen supaya siswa nyaman dalam belajar

C. Data Yang Diperlukan

Data yang di perlukan dan diperhitungkan dalam analisa ini adalah:

1. Data jenis dan volume pekerjaan.
2. Data rencana waktu penyelesaian proyek (time Shchedule).
3. Data upah tenaga kerja dan jam kerja.
4. Data harga bahan baku dan jenis peralatan.
5. Data harga satuan pekerjaan.
6. Data Rencana Anggaran Biaya (RAB)

D. Waktu Proyek

Proyek dilaksanakan sejak tanggal 1 Juni 2021 sampai dengan tanggal 12 November 2021 tempatnya di Kelas SMPN 1 Besuki, desa Tanggul welahan, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung

E. Sumber Data

Sumber data yang dikumpulkan dalam proyek ini terdiri dari dua jenis yaitu data primer dan data sekunder dengan proses pengumpulan data sebagai berikut :

F. Pengumpulan data primer, dimana pengumpulan data ini berupa data proyek Pembangunan Gedung Ruang Kelas 1 Besuki, desa Tanggul welahan, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagungseperti :

- a. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya proyek.
- b. Rancangan Anggaran Biaya proyek
- c. Jadwal waktu pelaksanaan / Time Schedule
- d. Data pendukung

Data sekunder diperoleh dari studi literature terhadap teori-teori, konsep-konsep dan sebagainya

G. Pengolahan Data

Proses pengolahan data perlu dilihat kembali rumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini sehingga pengolahan data akan lebih efektif. Pengolahan data ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

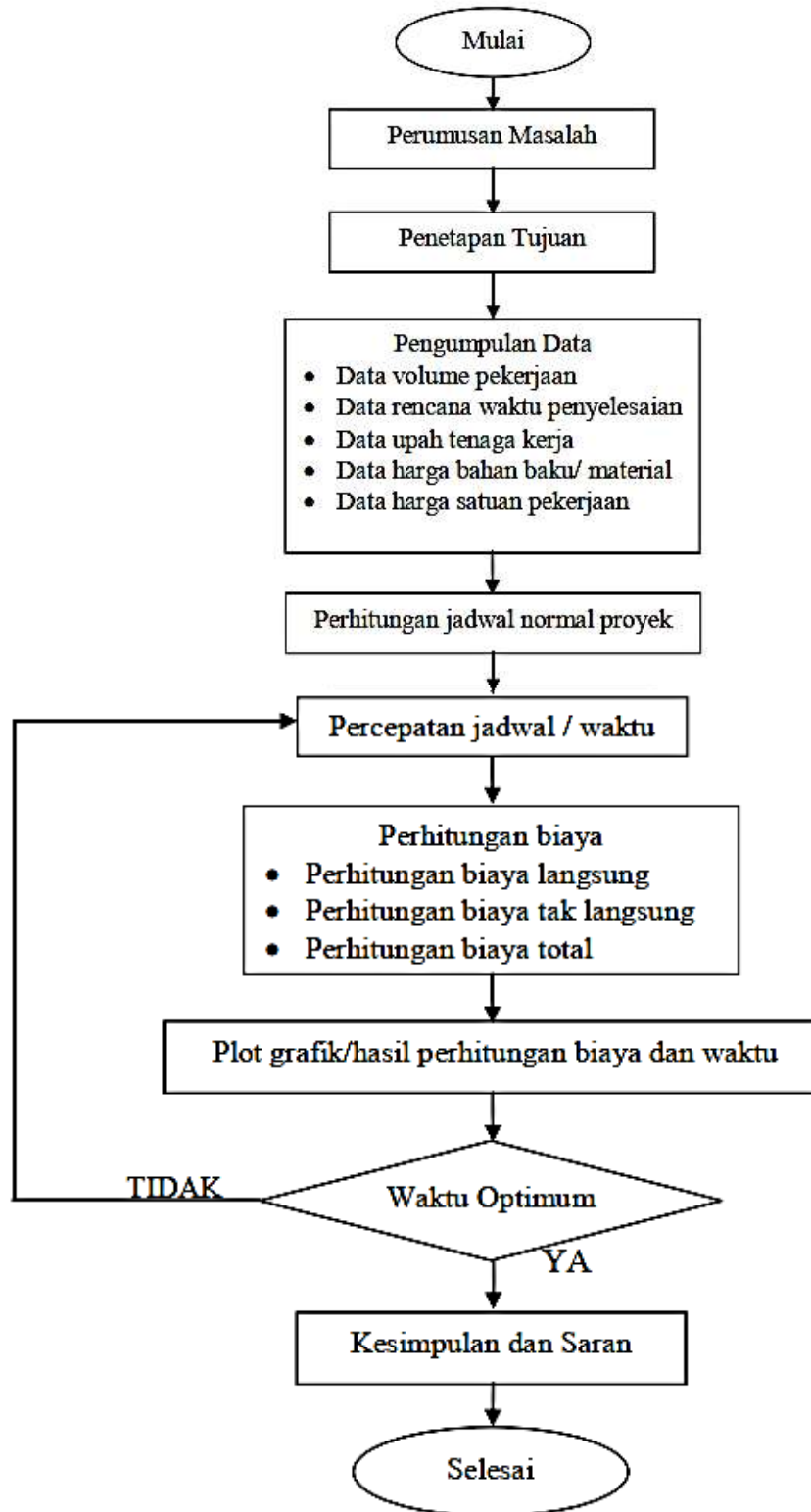
1. Menghitung ulang analisa per item pekerjaan yang disusun oleh pelaksana.
2. Menghitung produktivitas yang terdapat pada analisa untuk masing-masing satuan pekerjaan ($m^2/hari$, $m^1/hari$, $m^3/hari$). Hitung jumlah kelompok tenaga yang bekerja.
3. Menghitung jumlah kelompok tenaga kerja yang digunakan dalam menyelesaikan volume pekerjaan yang ada.
4. Menghitung waktu normal dalam menyelesaikan pekerjaan.
5. Membuat network diagram normal / penjadwalan dengan metode Ms Project, serta mencari lintasan kritis dari penjadwalan tersebut.
6. Melakukan percepatan adalah dengan menambah jam kerja atau jam lembur untuk tenaga kerja sebanyak 2 jam/hari. Waktu kerja normal dalam 1 hari 7 jam /hari ditambahkan dengan jumlah lembur maka pekerja akan bekerja 9 jam/hari.
7. Menentukan durasi crash yang diinginkan untuk mempercepat waktu pelaksanaan.
8. Melakukan perhitungan cost slope untuk masing-masing kegiatannya dan tabulasi cost slope-nya.
9. Memasukan nilai cost slope kedalam network diagram .
10. Menghitung total cost slope akibat kompresi.
11. Mentabelkan cost slope untuk masing-masing durasi percepatan.
12. Menghitung biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total.
13. Menggambarkan grafik hubungan antara biaya langsung, Biaya tidak langsung, dan biaya total
14. Dari grafik tersebut dalam diketahui waktu optimal dan biaya minimum.
15. Kesimpulan dan hasil dari perlakuan percepatan diatas

H. Metode Analisa Data

Dari pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan peralatan komputer / program bantu *Microsoft Office Excel 2007*, dan *Microsoft Office Project 2007* maka selanjutnya dilakukan analisis terhadap waktu dan biaya proyek tersebut dengan melakukan hal-hal sebagai berikut :

1. Menganalisis waktu dan biaya proyek dalam keadaan normal, analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu proyek, biaya normal, dan hubungan yang logis antara kegiatan dengan metode TCTO (*Time cost Trade Off*).
2. Analisis waktu dan biaya proyek dengan percepatan waktu yang diinginkan yaitu dengan menambahkan jam lembur pada 1 hari pekerjaan sebanyak 2 jam/hari dari waktu normal kerja 7 jam/hari menjadi 9 jam/hari.
3. Mengalisis waktu yang paling optimum dengan biaya yang paling minimum dengan menggunakan grafik hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total

I. Model *Flowchart* TCTO



HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa data dan pembahasan optimasi waktu dan biaya menggunakan time cost trade off (TCTO) pada pembangunagedung ruang kelas SMPN 1 Besuki sebagai berikut:

1. Perencanaan Kegiatan Dalam Waktu Normal

Sesuai dengan kontrak pekerjaan dan bukan menggunakan perhitungan yang rinci, pekerjaan harus selesai dalam 122 hari, namun ada keterlambatan 6 hari start pekerjaan, sehingga durasi kerja bertambah menjadi 128 hari.

2. Volume Pekerjaan Proyek

Volume Pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Data volume pekerjaan proyek pembangunan gedung ruang kelas SMPN 1 Besuki.

3. Penentuan Durasi Kegiatan (durasi normal)

Waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir yang dinyatakan dengan 1hari=7jam, 1minggu=6hari dan 1bulan=4minggu.

4. Biaya Kegiatan Sesuai dengan Kontrak

Untuk itu biaya pembangunan yang telah disetujui dalam kontrak pembanguna gedung ruang kelas SMPN 1 Besuki dengan luas total 179,80 m³ adalah Rp 800.750.435,00,- .

5. Penentuan Percepatan Durasi Kegiatan

Tabel 1. Percepatan Kegiatan

Nomor Analisa	Uraian Pekerjaan	Durasi Normal	Durasi Lembur	Jumlah Durasi Dipercepat	Hasil Percepatan
6.8	Pembersihan lapangan	2	2	0	2
	Membongkar dan menurunkan atap genteng	3	3	1	2
	Membongkar dan menurunkan Rangka Atap Kayu	3	3	1	2
	Membongkar dan menurunkan Rangka Plafon	3	3	1	2
6.14	Membongkar dinding Batu Bata berikut membersihkan	4	4	1	3
	Membongkar lantai beton atau lantai batu bata berikut membersihkan	5	5	1	4
	Galian Tanah Biasa Sedalam 1 M Pondasi Batu Kali	4	4	1	3
	Galian Tanah Biasa Sedalam 1 M Pondasi Setempat	2	2	0	2
6.9	1 m ³ Urugan Kembali	2	2	0	2
	Urugan Pasir Lokal Bawah Pondasi	2	2	1	1
	Urugan Pasir Lokal Bawah Lantai	2	2	0	2
6.6	Pasangan Batu Gunung Campuran 1 Pc : 5 Ps	5	5	1	4
6.5	1m ² Pasangan 1/2 Batu Bata merah Campuran 1 Pc : 5 Ps Lantai 1	10	10	1	9
	Kolom 20/20	4	4	0	4
	Balok 20/35	6	6	1	5
	Balok 20/25	5	5	1	4
	Kolom, Ring balk, Balok lantai	3	3	0	3

	15/15				
	Plat Lantai T =12	4	4	0	4
	Plat Atap T =10	3	3	1	2
	Plat Atap T =10	2	2	0	2
	Pondasi Poorplat	3	3	0	3
	Tangga	2	2	0	2
5.1	Rabat Beton bertulang Campuran 1 Pc : 3 Ps : 5 Kr	3	3	0	3
6.5	1 m ² Plesteran 1 Pc : 5 Ps Tebal 1,5 cm	3	3	0	3
	1 m ¹ Benangan 1Pc : 3 Ps	2	2	0	2
6.68	1 m ² Dinding Palimanan	3	3	0	3
	1 m ² Dinding Palimanan	3	3	0	3
	Pasang Kusén Aluminium	4	4	0	4
	Daun Pintu Panil Kayu Kelas 2	2	2	0	2
	Jendela Kaca	1	1	0	1
6.17	Jendela Kaca Pasang Kaca 5 mm	1	1	0	1
6.20	1 m ² Langit-langit asbes (1,00 m x 1,00 m)	4	4	1	3
	Lis Gips	4	4	0	4
6.47	Lantai keramik 40 x 40	4	4	0	4
	Ttk Instalasi Titik Lampu	1	1	0	1
	Ttk Instalasi Stop Kontak + Stop Kontak	1	1	0	1
	Lampu Pijar 40 watt	1	1	0	1
	Lampu Hemat Energi	1	1	0	1
6.4	Pasang Kunci Silinder	2	2	0	2
6.5	Set Pasang Engsel Pintu	2	2	0	2
6.6	Pasang Engsel Jendela Kupu - kupu	1	1	0	1
6.7	Pasang Hak Angin	1	1	0	1
	Grendel Tanam	1	1	0	1
	Grendel Jendela	1	1	0	1
	Pekerjaan Sandaran Teras	3	3	0	3
	Pekerjaan Tralis Variasi Atas Pintu	2	2	0	2
	Pekerjaan Pegangan tangga	2	2	0	2
6.14	Cat Tembok	2	2	0	2
6.6	Cat Kayu	3	3	0	3
6.14	Cat Plafon	3	3	1	2

6. Perhitungan Waktu dan Biaya Normal dengan *Time Cost Trade Off (TCTO)*

Hal terpenting adalah bagaimana menyusun jadwal dalam bentuk *TCTO* yang lebih realitis sehingga dapat lebih mengetahui kegiatan-kegiatan mana yang dapat dilakukan percepatan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh perhitungan pada pekerjaan pemasangan (pekerjaan pemasangan batu bata) :

1. Kode Aktivitas : 6.5
2. Activity description : Pemasangan batu bata
3. Volume : 154.24 m²
4. Koefisien Pekerjaan (org/hr) : 0.325
5. Koefisien Tukang (org/hr) : 0.1
6. Koefisien Kepala Tukang (org/hr) : 0.01

7. Koefisien Mandor (org/hr) : -
8. Satuan Pekerjaan : m²

Tabel 6.1 Harga Satuan Pekerjaan

1m ² Pasangan 1/2 Batu Bata merah Campuran 1 Pc : 5 Ps						
Bahan	Sat	Koef	Harga Satuan	Jumlah Bahan	Upah Pekerja	Jumlah Total
Batu Merah lokal	bh	70.000	Rp 600.00	Rp 42,000.00		Rp 42,000.00
Semen Pc	kg	11.100	Rp 1,600.00	Rp 17,760.00		Rp 17,760.00
Pasir Pasang	m ³	0.051	Rp 175,000.00	Rp 8,925.00		Rp 8,925.00
Upah						
Tukang Batu		0.100	Rp 65,000.00		Rp 6,500.00	Rp 6,500.00
Kepala Tukang batu		0.010	Rp 70,000.00		Rp 700.00	Rp 700.00
Pekerja		0.325	Rp 55,000.00		Rp 17,875.00	Rp 17,875.00
Jumlah (sebagai harga analisa pada RAB)				Rp 68,685.00	Rp 25,075.00	Rp 93,760.00

Nilai dari koefisien diperoleh dari standart nasional (SNI) yang berlaku dan harga satuan diperoleh dari standart harga yang digunakan sebagai harga patokan dari item – item proyek konstruksi.

Tabel 2. Analisa Biaya

No	Analisa Biaya Pekerjaan Pasangan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pasangan Batu Bata 1: 5	154.24	M ₂	RP 93,760.00	RP 14,461,542.40

Tabel 3. Data Sumber Daya dan Volume

No	Sumber Daya	Koefisien Sumber Daya
1	Tukang Batu	0.100
2	Kepala Tukang batu	0.010
3	Pekerja	0.325

Jumlah total sumberdaya manusia dalam pekerjaan pasangan dinding bata merah terdapat 3 orang. Menjadi 1 kelompok yang masing-masing 1 kepala tukang 2 pekerja. 1 orang tukang batu harus bisa menyelesaikan = (1 : 0.010) = 10 m²/hari 1 orang pekerja harus bisa menyelesaikan = (1 : 0.325) = 3,08 m²/hari Jadi untuk pekerjaan pasangan bata 1 tukang batu dan 2 pekerja menyelesaikan = (1 x 10m²) + (2 x 3,08m²) = 16,15 m²/hari.

1. Perhitungan durasi : $\frac{volume}{1\text{kelompok}} = \frac{154.24}{16.15} = 9.55 = 10\text{ hari}$

2. Profektivitas per hari : 16,5 m²/hari/kelompok

3. Produktivitas kerja per jam : $\frac{16,5}{7} = 2,307\text{m}^2/\text{jam}$

4. Kerja lembur per jam : $\frac{2,307 \times 60\%}{100\%} \times 2 = 2,768\text{m}^2/\text{jam}$

5. Durasi dipercepat : Jumlah durasi yang akan dipercepat dihitung dengan urutan sebagai berikut:

- a. Produktivitas lembur perhari = 15.424m²/hari + 2.664 /jam = 18.918 m²/hari, jumlah kerja lembur untuk 1 hari

b. Jumlah durasi dipercepat : $\frac{Volume}{Produktivitas} = \frac{154,24}{18,918} = 9$ hari

6. Hasil percepatan durasi $10 - 9 = 1$ hari

7. *Cost Slope* Masing-masing Aktifitas

Perhitungan *Cost Slope* dengan menggunakan asumsi-asumsi sebagaiberikut:

1. Waktu kerja normal : 7 jam/hari
2. Waktu kerja lembur : 2 jam/hari
3. Tenaga kerja tersedia terbatas
4. Efektifitas kerja lembur 60%
5. Biaya lembur perjam diasumsikan 1,5 dari biaya normal

Lamanya waktu kerja untuk pekerja dalam satu hari adalah 7 jamkerja dengan 6 hari setiap minggunya. Jenis-jenis sumber daya pekerjabeserta upah tenaga kerja perhari adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Sumber Daya Tenaga Kerja

Uraian Tenaga Kerja	Upah Tenaga Kerja Perhari
Mandor	Rp. 80.000
Kepala tukang	Rp. 70.000
Tukang	Rp. 65.000
Pekerja	Rp. 55.000

Dengan demikian maka hasil perbandingan antara kondisi normal dan percepatan waktu pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Ruang Kelas SMPN 1 Besuki adalah sebagai berikut :

a. **Menyusun Jaringan**

Network diagram dapat digambarkan seperti lampiran 3 Data Hasil Pengamatan pada *Out Put MS. Project*.

b. **Perhitungan jadwal kegiatan**

Perhitungan jadwal kegiatan-kegiatan proyek ini didasarkan atas metode jalur kritis yang tergambar dalam *network diagram MS.Project*. Dari hasil perhitungan tersebut akan diperoleh jadwal setiap kegiatan, lengkap dengan kelonggaran waktu dimulainya kegiatan pekerjaan

c. **Penentuan Lintasan Kritis**

Lintasan kritis dapat ditetapkan dari *Network diagram out put* dari program bantu *MS. Project* yaitu pada gambar yang berwarna merah lampiran 3 data hasil pengamatan.

Dari *Network Diagram* yang telah dibuat diketahui bahwa untuk pekerjaan pembangunan proyek ini dapat dilaksanakan dalam waktu normal selama 122 hari dengan biaya langsung sebesar Rp 800.750.435,00 belum termasuk biaya tak langsung.

8. **Perhitungan Percepatan Waktu dengan Menambah Jam Kerja/Lembur**

a. **Perhitungan *Cost Slope***

Contoh perhitungan di data Lampiran sebagai berikut:

1. Nomer Analisa : 6.5
2. Uraian pekerjaan : Pasangan batu bata
3. Bobot volume pasangan : 154.24 m²
4. Data durasi normal pekerjaan : 10 hari
5. Hasil durasi percepatan : 9 hari
6. Biaya normal: Rp 14,461,542,40 / 10 hari = Rp 1,446,154,24 hari

7. Biaya durasi dipercepat: Biaya cepat adalah biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan dengan durasi cepat, $Biaya = \{Rp\ 1,446,154,24 + (1,5 \times (1,446,154,24 / 7 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam})\} = 2,065,934,63 / \text{hari}$, dihitung dengan rumus sebagai berikut : $Biaya\ total = Rp\ 2,065,934,63 \times 9 = Rp\ 18,593,411,66$
8. Biaya tambahan percepatan /hari: *Cost Slope* adalah biaya tambahan yang dibutuhkan untuk setiap mempercepat kegiatan 1 hari, dihitung dengan cara :
$$\frac{18,593,411,66 - 14,461,542,40}{10 - 9} = Rp\ 4,131,869,26$$

Perhitungan diatas dapat dipakai untuk menghitung *cost slope*, dan untuk *cost slopes* selanjutnya analog.

Tabel 5. Analisa Percepatan Biaya

1m ² Pasangan 1/2 Batu Bata merah Campuran 1 Pc : 5 Ps Lantai 1								
6.5	Uraian Pekerjaan	Satuan	Bobot Volume	Durasi	Durasi Percepatan	Biaya Normal	Biaya Percepatan	Cost slope
	Bahan			10	9			
	Batu Merah lokal	bh	70.000			600.00	771.43	171.43
	Semen Pc	kg	11.100			1,600	2,057.14	457.14
	Pasir Pasang	m ³	0.051			175,000	225,000	50,000.00
	Upah							
	Tukang Batu		0.100			65,000	83,571.43	18,571.43
	Kepala Tukang batu		0.010			70,000	90,000.00	20,000.00
	Pekerja		0.325			55,000.	70,714.29	15,714.29
	Total Volume RAB		154.24			14,461,5	18,593,411.66	4,131,869.26

9. Estimasi Biaya Tidak Langsung (indirect cost)

Pada gambar network diagram untuk biaya tidak langsung pada durasi 122 hari, biaya tidak langsung perharinya dikeluarkan sebagai Berikut :

Tabel 6. Perhitungan Biaya Tak Langsung

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Harga satuan	Biaya Tak Langsung /Hari
1	Bayar Site Manager	@	1 Orang	Rp 150,000
2	Sapam atau Pengawas Malam	@	3 Orang	Rp 50,000
3	Pembayaran listrik, air, dan lain-lain			Rp 50,000
4	Penjaga Gudang Pengecek keluar masuk Barang	@	1 orang	Rp 50,000
5	Jumlah Total			Rp 400,000

total biaya tidak langsung diasumsikan perharinya sebesar Rp. 400.000,- maka total biaya tidak langsung pada durasi 122 hari sebesar Rp. 48.800.000.

10. Perhitungan Mendapatkan Waktu Optimal dan Biaya Optimum.

Terlihat network diagram diperlihatkan bahwa pada durasi 122 hari, biaya tidak langsung sebesar Rp. 48.800.000,- dan biaya tidak langsung perhari sebesar Rp. 400.000,- Biaya tidak

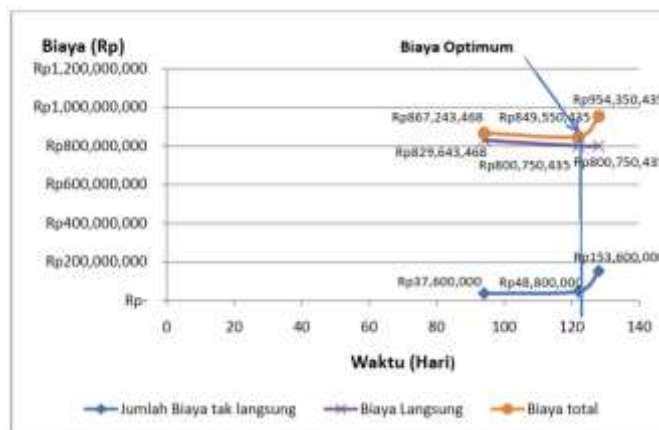
langsung akan menurun seiring dengan berkurangnya waktu pelaksanaan atau berbanding lurus dengan waktu pelaksanaan. Biaya tidak langsung 128 hari akan menurun dari Rp. 51.200.000,- Menjadi Rp. 48.800.000,- Durasi optimal adalah durasi yang menunjukkan bahwa total biaya yang paling rendah sebelum terjadinya peningkatan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 7. Bahwa pada durasi proyek 122 hari dengan biaya total sebesar Rp. 849.550.435,- adalah biaya optimum karena terjadi keterlambatan pelaksanaan proyek selama 6 hari dan biaya denda perhari adalah 1/1000 biaya kontrak yang ditambahkan ke biaya tak langsung menjadi 153.600.000,-. Biaya total akan mengalami penurunan lagi dari Rp. 954.350.435 pada durasi 128 hari menjadi Rp. 849.550.435,- pada durasi 122 hari dan akan meningkat lagi jika dipercepat karena biaya tak langsung mempunyai nilai yang kecil dan tidak dapat mempengaruhi biaya langsung.

Hasil studi perhitungan Biaya dan waktu yang optimum dikeluarkan sebagai Berikut :

Tabel 7. Biaya dengan Waktu Optimum

Durasi	Jumlah Biaya tak langsung	Biaya Langsung	Biaya total	keterangan
94	Rp 37,600,000	Rp 818,993,860	Rp 856,593,860	
122	Rp 48,800,000	Rp 800,750,435	Rp 849,550,435	Optimum
128	Rp 153,600,000	Rp 800,750,435	Rp 954,350,435	

Dari hasil perhitungan yang di tabulasikan berdasarkan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total dapat kita lihat dalam gambar grafik biaya dan waktu dimana dari grafik tersebut kita mendapatkan hari yang optimal dengan biaya yang optimum yaitu sebagai berikut



Gambar 2. Hubungan biaya dengan waktu yang optimal

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dalam perencanaan ini terhadap data perencanaan proyek pembangunan Gedung Ruang Kelas SMPN 1 Besuki, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil grafik Optimasi biaya dan waktu didapat biaya yang optimum sebesar Rp849.550.435,-
2. Hasil optimasi penjadwalan proyek kontruksi tersebut didapat waktu optimal adalah 122 hari sama dengan waktu normal karena ada keterlambatan pelaksanaan selama 6 hari dan saat percepatan biaya tak langsung nilainya sedikit tidak dapat mempengaruhi biaya total yang lebih rendah dari biaya total pada durasi normal

SARAN

Adapun saran-saran yang diajukan oleh penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu:

1. Tindakan dalam pengendalian pelaksanaan proyek, yang harus dicermati adalah kegiatan yang berada dilintasan kritis sehingga pelaksanaan proyek tidak mengalami hambatan atau keterlambatan yang berarti
2. Dapat dikembangkan sistem penjadwalan proyek yang dapat menangani berbagai kendala, seperti keterbatasan sumber daya manusia dan biaya.
3. Diharapkan sistem penjadwalan proyek hendaknya dapat memberikan lebih banyak pilihan metode seleksi dan metode hybrid metode PERT/CPM
4. Memperbanyak maksimal iterasi untuk mencapai nilai optimal
5. Mengimpelentasi dengan pembuaatn software pencarian seperti java, C++, visual basic dan sebagainya agar memiliki tampilan yang lebih simple, mudah digunakan, dan adaptable.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardien Aslam Muhammad & Retno Indriyani. 2015. *Analisa Time Cost Trade pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang*. Surabaya : FT-ITS
- Ervianto, Wulfram I. 2009. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Hamdan, D & Kadar, N. 2014. *Manajemen Proyek*. Bandung : Pustaka Setia Iramutyn
- Ermis Vera, 2010. *Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Crash*. Surakarta : FT-UNS
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jakarta : Erlangga.
- Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jilid Satu. Jakarta : Erlangga.
- Soeharto, I. 2001. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Jilid Dua. Jakarta : Erlangga.
- Taha, H. A. 1999. *Riset Operasi Jilid Kedua*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Wulfram, I.E. 2004. *Teori – aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi