

Analisis Percepatan Proyek Dengan Metode Pertukaran Waktu Dan Biaya

(Studi Kasus Proyek Rehabilitasi, Peningkatan Dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS Kabupaten Subang)

Sugeng Sutikno

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Subang

Endang Setiadi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Subang

Sahur AR

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Subang

Jl. Arief Rahman Hakim No. 8, Cigadung, Subang, Jawa Barat 41211

Korespondensi penulis: sugengsutikno@subang.ac.id

Abstract: Problems in construction projects can occur in various ways, the cause is due to increased implementation time and increased implementation costs. This is caused by several factors, namely the influence of weather, lack of manpower, inadequate or disrupted material supply and insufficient equipment used, as well as the owner himself. Work delays can be anticipated by accelerating the implementation and accelerating project completion with good planning. An alternative commonly used to support the acceleration of activities is to increase working hours and labor, so that it affects the total cost of the project. To speed up the duration of the project, you can use the time and cost exchange method by analyzing the relationship between activities and the duration of each activity, then calculating the crashing program for each alternative, namely adding working hours by 4 working hours, adding 25% of the workforce to get the value cost slope, and compressed project duration starting from the lowest cost slope value for activities that are on the critical path. The result is that the addition of labor is more profitable in terms of costs because there is an increase in total costs in a relatively small amount compared to the addition of working hours, while in terms of time the addition of working hours is more time efficient.

Keyword: Acceleration, Crashing Program, Cost Added, Exchange Time And Cost.

Abstrak: Permasalahan pada proyek konstruksi berbagai hal dapat terjadi, penyebabnya karena bertambahnya waktu pelaksanaan dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Hal tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor yaitu pengaruh cuaca, kurangnya tenaga kerja, suplai material yang kurang atau terganggu dan peralatan yang digunakan kurang mencukupi, maupun pihak owner sendiri. Keterlambatan pekerjaan dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya dan percepatan penyelesaian proyek dengan perencanaan yang baik. Alternatif yang biasa digunakan untuk menunjang percepatan aktifitas adalah menambah jam kerja dan tenaga kerja, sehingga berpengaruh pada biaya total proyek. Untuk mempercepat durasi proyek dapat menggunakan metode pertukaran waktu dan biaya dengan menganalisa hubungan antar aktivitas serta durasi setiap kegiatan kemudian menghitung *crashing* program untuk tiap-tiap alternatif yaitu penambahan jam kerja dengan 4 jam kerja, penambahan tenaga kerja sebanyak 25% dari jumlah pekerja untuk mendapatkan nilai *cost slope*, dan dilakukan kompresi durasi proyek dimulai dari nilai *cost slope* terendah pada kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Hasilnya adalah penambahan tenaga kerja lebih menguntungkan dari segi biaya karena terjadi peningkatan total biaya dalam jumlah yang relatif kecil dibandingkan penambahan jam kerja, sedangkan dari segi waktu penambahan jam kerja lebih efisiensi waktu.

Kata kunci : Percepatan, Crashing Program, Pertambahan Biaya, Pertukaran Waktu Dan Biaya.

PENDAHULUAN

Pekerjaan proyek konstruksi yaitu rangkaian mekanisme pekerjaan yang sensitif karena setiap aspek dalam proyek konstruksi saling berkaitan antara yang satu dengan yang lainnya. Dalam melaksanakan pembangunan proyek konstruksi berbagai permasalahan yang dapat

Received Maret 30, 2023; Revised April 20, 2023; Accepted Mei 30, 2023

* Sugeng Sutikno, sugengsutikno@subang.ac.id

terjadi disebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Sehingga menyebabkan terjadinya suatu keterlambatan dalam proyek konstruksi diakibatkan oleh beberapa faktor antara lain pengaruh cuaca, kurangnya tenaga kerja, suplai material yang kurang atau terganggu dan peralatan yang digunakan kurang mencukupi, atau pengaruh dari pihak owner sendiri berupa adanya perubahan desain. Oleh karena itu, dalam perencanaan awal suatu proyek, faktor biaya, waktu dan kualitas membentuk suatu hubungan yang saling bergantung serta berpengaruh sangat kuat karena hal tersebut sangat menentukan keberhasilan suatu proyek.

Proyek Rehabilitasi Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS Kabupaten Subang Jawa Barat ini dilaksanakan kurun waktu 720 Hari Kalender. Dipilihnya penelitian tersebut karena adanya dugaan keterlambatan pada pelaksanaannya pada pekerjaan struktur sehingga dilakukan percepatan pekerjaan. Keterlambatan proyek tersebut terjadi karena beberapa faktor, yaitu faktor cuaca (hujan), keterlambatan suplay material, dan kurangnya tenaga kerja. Keterlambatan pekerjaan suatu proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya, namun harus tetap memperhatikan faktor biaya. Pertambahan biaya yang telah dikeluarkan diharapkan seminimum mungkin dan selalu tetap memperhatikan standar mutu. Percepatan 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.

Percepatan penyelesaian proyek harus dilakukan dengan perencanaan yang baik. Dengan adanya keterbatasan tenaga kerja, maka alternatif yang biasa digunakan untuk menunjang percepatan aktifitas adalah dengan menambah jam kerja sehingga berpengaruh pada biaya total proyek. Untuk mengetahui hal ini perlu dipelajari tentang jaringan kerja yang ada, dan hubungan antara waktu dan biaya, hal tersebut disebut sebagai Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya.

Penelitian yang dilakukan ini dapat dilakukan dengan mengubah metode konstruksi, menambah jumlah pekerja, mengadakan shift pekerjaan, menambah jam kerja (lembur), menambah kapasitas peralatan, atau menggunakan material yang lebih cepat penggunaannya. Sehubungan dengan itu penulis tertarik mengadakan study kasus untuk mengetahui bagaimana hasil analisa pertukaran waktu dan biaya pada pengerjaan proyek Rehabilitasi, Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS Kabupaten Subang Provinsi Jawa barat Berdasarkan hal tersebut penulis mengambil judul : Analisis Percepatan Proyek dengan Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi, Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat). Maka tujuan penelitian yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisa dan menghitung biaya optimum percepatan durasi proyek pada pelaksanaan Proyek Rehabilitasi, Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS. Kabupaten Subang.
2. Menganalisa dan menghitung terhadap waktu optimum untuk mempercepat durasi proyek pada pelaksanaan Proyek Rehabilitasi, Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS. Kabupaten Subang.

TINJAUAN PUSTAKA

a. Penentuan Biaya

Biaya yang digunakan di proyek adalah biaya total. Total biaya untuk setiap durasi waktu adalah jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya tidak langsung bersifat kontinu selama proyek, sehingga pengurangan durasi proyek berarti pengurangan dalam biaya tidak langsung. Biaya langsung dalam grafik akan meningkat jika durasi proyek dikurangi dari awalnya yang direncanakan. Adapun biaya yang dilakukan dalam proyek sebagai berikut:

- Biaya Langsung (Direct Cost), secara umum menunjukkan biaya tenaga kerja, bahan, peralatan, dan kadang-kadang juga biaya sub kontraktor. Biaya langsung akan bersifat sebagai biaya normal apabila dilakukan dengan metode yang efisien, dan dalam waktu normal proyek. Biaya untuk durasi waktu yang dibebankan (imposed duration date) akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal, biaya langsung diasumsikan dikembangkan dari metode dan waktu yang normal sehingga pengurangan waktu akan menambah biaya dari kegiatan proyek. Total waktu dari semua paket kegiatan dalam proyek menunjukkan total biaya langsung untuk keseluruhan proyek yang dilaksanakan. Proses ini dibutuhkan pemilihan beberapa kegiatan kritis yang mempunyai biaya percepatan terkecil.
- Biaya Tidak Langsung (Indirect Cost) adalah biaya tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tetapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari Proyek tersebut (Frederika, 2010).

b. Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek (Crashing)

Mempercepat penyelesaian waktu proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dinamakan Crash Program. Dengan diadakannya percepatan proyek ini, akan terjadi pengurangan durasi kegiatan pada kegiatan yang akan diadakannya crash program. Akan tetapi, terdapat batas waktu percepatan (crash duration) yaitu suatu batas dimana dilakukan pengurangan waktu melewati batas waktu ini akan tidak efektif lagi. Durasi percepatan (crashing) maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan

suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, 1999).

Percepatan durasi dari suatu jadwal pelaksanaan proyek mengacu pada percepatan dari kegiatan-kegiatan yang ada dalam rangka untuk menyelesaikan proyek lebih cepat. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek ditentukan oleh lintasan kritis, maka untuk mempercepat durasi jadwal proyek, seseorang seharusnya memfokuskan pada kegiatan-kegiatan kritis. Konsekuensi dari percepatan proyek atau crashing program adalah meningkatnya biaya langsung (direct cost). Ada beberapa metode percepatan durasi proyek, salah satunya metode pertukaran waktu dan biaya. Percepatan durasi dapat dilaksanakan Dengan penambahan jumlah tenaga kerja, penambahan jam kerja, penambahan atau penggantian peralatan lebih produktif, dan penggantian material yang dapat membuat pekerjaan lebih cepat tanpa mengurangi mutu serta penyempurnaan metode pelaksanaan konstruksi.

c. Metode Pertukaran waktu dan biaya

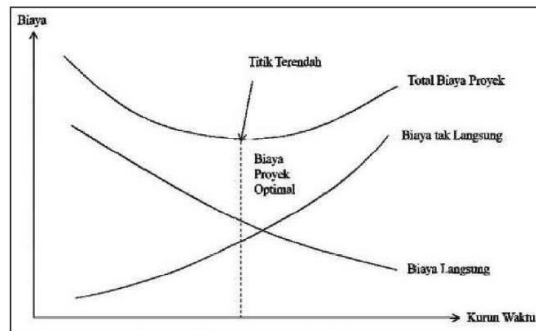
Pertukaran waktu dan biaya adalah suatu metode untuk mempercepat durasi proyek menambahkan variabel/alternatif tertentu. Metode pertukaran waktu dan biaya memberikan alternatif kepada perencana proyek untuk dapat menyusun perencanaan terbaik sehingga upaya mengoptimalkan waktu dan biaya dalam menyelesaikan suatu proyek, penyelesaian penugasan sumber daya untuk mengefisienkan alokasi sumber daya juga diperlukan, sehingga dapat dihasilkan sumber daya yang diinginkan dengan pertambahan biaya yang paling optimum (Buluatie, 2013).

Penyusunan sebuah schedule proyek konstruksi diharapkan menghasilkan schedule yang realistis berdasarkan estimasi yang wajar. Salah satu cara mempercepat durasi proyek adalah dengan analisa time cost trade off. Dengan mereduksi suatu pekerjaan yang berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. Pertukaran waktu dan biaya 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. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai pada lintasan kritis yang mempunyai nilai cost slope terendah. Kompresi terus dilakukan sampai lintasan kritis mempunyai aktivitas yang jenuh sebelumnya (Wulfram, 2004).

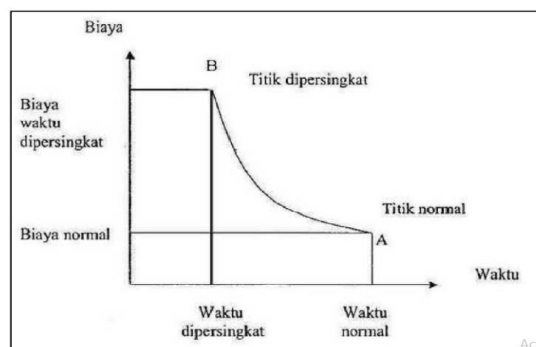
d. Hubungan Antara Waktu dan Biaya

Biaya total proyek yaitu penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tak langsung digunakan selama pelaksanaan proyek. Besarnya biaya sangat tergantung lamanya waktu (durasi) penyelesaian proyek, keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek.

Meskipun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, tetapi umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi kumulatif biaya tak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1999). Pada gambar 1. menunjukkan bahwa hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total proyek. Biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek terkecil. Untuk hubungan antara waktu dan biaya ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1. Hubungan Waktu – Biaya Total, Biaya Tidak Langsung, Biaya Langsung dan Biaya Optimal Sumber: Soeharto (1999)



Gambar 2. Hubungan Waktu – Biaya Normal dan Dipersingkat untuk Suatu Kegiatan Sumber: Soeharto (1999)

Dengan dipercepatnya durasi suatu proyek maka pasti akan terjadi perubahan biaya dan waktu. Terdapat dua nilai waktu yang akan ditunjukkan tiap aktifitas dalam suatu jaringan kerja saat terjadi percepatan yaitu:

- Normal Duration

Normal duration adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktifitas atau kegiatan dengan sumber daya normal yang ada tanpa adanya tambahan biaya lain dalam sebuah proyek.

- Crash Duration

Crash duration adalah waktu yang dibutuhkan sebuah proyek dalam usahanya mempersingkat waktu yang durasinya lebih pendek dari normal duration. Proses percepatan juga menyebabkan perubahan pada elemen biaya yaitu :

- Normal Cost

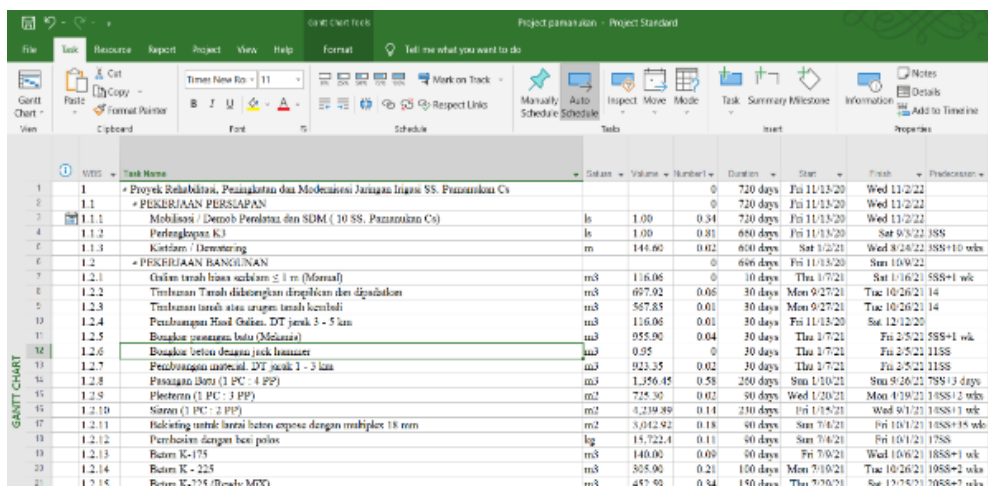
Normal cost adalah biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam waktu normal. Perkiraan biaya ini adalah pada saat perencanaan dan penjadwalan bersamaan dengan penentuan waktu normal.

- Crash Cost

Crash cost adalah biaya yang dikeluarkan dengan penyelesaian proyek dalam jangka waktu sebesar durasi crash-nya. Biaya setelah di-crashing akan menjadi lebih besar dari biaya normal.

e. Microsoft Project

Microsoft project merupakan sebuah aplikasi untuk mengelola suatu proyek. *Microsoft Project* yaitu sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (scheduling) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. Microsoft project juga mampu membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap penggunaan sumber daya (resource), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan. Yang dikerjakan oleh Microsoft project antara lain mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sector, mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur dan menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek, serta dapat membantu mengontrol penggunaan tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk dapat menghindari *overallocation* atau kelebihan beban dari penggunaan tenaga kerja pada proyek (Kusrianto, 2008).



Task ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Proyek Rehabilitasi, Pemeliharaan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pemasangan Cs	720 days	Fri 11/13/20	Wed 11/2/22	
1.1	PEKERJAAN PERSIAPAN	720 days	Fri 11/13/20	Wed 11/2/22	
1.1.1	Mobilisasi / Demob Peralatan dan SDM (10 SS. Pemasangan Cs)	720 days	Fri 11/13/20	Wed 11/2/22	
1.1.2	Perencanaan K3	680 days	Fri 11/13/20	Sat 9/3/22 188	
1.1.3	Konstruksi / Demontering	680 days	Sat 3/2/21	Wed 8/24/22 188+10 wks	
1.2	PEKERJAAN BANGUNAN	680 days	Fri 11/13/20	Sun 10/9/22	
1.2.1	Galian tanah hingga sedalam 5 m (Manual)	10 days	Thu 1/7/21	Sat 1/16/21 588+1 wk	
1.2.2	Timbunan Tanah dibarengkan dengan dengan digradasi	30 days	Mon 9/27/21	Tue 10/26/21 14	
1.2.3	Timbunan tanah atas urugan tanah kearah	30 days	Mon 9/27/21	Tue 10/26/21 14	
1.2.4	Pembangunan Hand Outlets. DT jenis 3 - 5 km	30 days	Fri 11/13/20	Sat 12/12/20	
1.2.5	Bongkar pemampasan batu (Melainkan)	30 days	Thu 1/7/21	Fri 2/5/21 588+1 wk	
1.2.6	Bongkar beton danau jangk lumpur	30 days	Thu 1/7/21	Fri 2/5/21 1188	
1.2.7	Pembangunan saluran. DT jenis 1 - 3 km	30 days	Thu 1/7/21	Fri 2/5/21 1188	
1.2.8	Pemasangan Dori (1 PC - 4 PP)	290 days	Sun 1/10/21	Sun 9/26/21 788+3 days	
1.2.9	Plesteran (1 PC - 3 PP)	80 days	Wed 1/20/21	Mon 4/19/21 1888+1 wk	
1.2.10	Saran (1 PC - 3 PP)	210 days	Fri 1/15/21	Wed 9/1/21 1888+1 wk	
1.2.11	Reclasting untuk lantai beton expose dengan multiplex 18 mm	60 days	Sun 7/4/21	Fri 10/1/21 1888+15 wk	
1.2.12	Pembesian dengan besi polos	60 days	Sun 7/4/21	Fri 10/1/21 1788	
1.2.13	Beton K-175	60 days	Fri 7/10/21	Wed 10/6/21 1888+1 wk	
1.2.14	Beton K - 225	100 days	Mon 7/10/21	Tue 10/26/21 1988+2 wk	
1.2.15	Beton K-275 /Benda MNC	160 days	Thu 7/10/21	Sat 12/18/21 2088+7 wk	

Gambar 3. Software Microsoft Project

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Dalam Microsoft Project ada beberapa istilah khusus antara lain :

1. Task adalah salah satu bentuk lembar kerja dalam Microsoft Project yang berisi rincian pekerjaan sebuah proyek.
2. Duration merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan
3. Start merupakan nilai tanggal dimulainya suatu pekerjaan.
4. Finish dalam *Microsoft Project* tanggal akhir pekerjaan disebut finish, yang akan diisi secara otomatis dari perhitungan tanggal mulai (*start*) ditambah lama pekerjaan (*duration*).
5. Predecessor yaitu hubungan keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lain. Dalam *Microsoft Project* mengenal 4 macam hubungan antar pekerjaan, yaitu:
 - a. FS (*Finish to Start*). Suatu pekerjaan baru boleh dimulai jika pekerjaan yang lain selesai.
 - b. FF (*Finish to Finish*). Suatu pekerjaan harus selesai bersamaan dengan selesainya pekerjaan lain.
 - c. SS (*Start to Start*). Suatu pekerjaan harus dimulai bersamaan dengan pekerjaan lain.
 - d. SF (*Start to Finish*). Suatu pekerjaan baru boleh diakhiri jika pekerjaan lain dimulai dapat dilihat.
6. Resources
Sumber daya, baik sumber daya manusia maupun material dalam Microsoft Project disebut resources.
7. Baseline
Baseline adalah suatu rencana baik jadwal maupun biaya yang telah disetujui dan ditetapkan.
8. Gantt Chart
Gantt Chart merupakan salah satu bentuk tampilan dari Microsoft Project yang berupa batang-batang horizontal yang menggambarkan suatu pekerjaan beserta durasinya.
9. Tracking
Tracking adalah mengisi data yang terdapat di lapangan pada perencanaan yang telah dibuat.
Langkah-langkah yang dilakukan untuk menyusun rencana jadwal proyek pada Microsoft Project sebagai berikut:
 1. Tentukan tanggal proyek Anda. Hal ini dapat dilakukan dengan mengklik menu Project - Project Information. Gunakan Schedule From Start Date jika Anda memilih perhitungan maju. Sebaliknya, jika Anda memilih perhitungan mundur, gunakan Schedule From Finish Date.
 2. Pilih/rancang kalender Anda. Tiap proyek tentunya memiliki penanggalan kalender yang berbeda-beda. Ada yang jam kerjanya 08.00-17.00, shift malam, atau 24 jam. Untuk membuat /memilih kalender ini, klik Tools – Change Working Time.

3. Buat *Task* di *gant table entry*. Task adalah pekerjaan yang akan dilakukan di proyek. Dalam View-Gantt Chart-table Entry, Anda dapat mengisi nama task, durasi, tanggal mulai, dan tanggal selesainya task. Juga dapat menggunakan Predecessor untuk task yang mendahului task lain.
4. Buat resource. Resource yaitu sumber daya yang digunakan untuk mengerjakan proyek. Resource berupa alat, manusia, dan biaya. Untuk mengisi resource, klik menu View-Resource Sheet.
5. Tetapkan resource mana saja yang digunakan di tiap task. Jika ada beberapa resource yang dibutuhkan dalam 1 task, double klik task sehingga muncul task information, dan isikan resource di tab resource dari task information.
6. Tetapkan baseline. Baseline artinya perencanaan dasar. Untuk menetapkan baseline, klik *Tools – tracking – set the baseline*. Segala hal yang ditetapkan setelah baseline ditetapkan disebut *variance*. Untuk mengecek besarnya *variance*/simpangan, klik *View - Gantt Chart, Table – Variance*.
7. Mulai mentrack proyek Anda. Klik *View-Table-Tracking*. Kemudian mengeset *Actual Start* dan *Finish*, juga *completion*.

METODOLOGI PENELITIAN

a. Penentuan Topik Kajian

Proyek Rehabilitasi Peningkatan Dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS. Kabupaten Subang Jawa Barat dipilih sebagai objek penelitian karena mengalami keterlambatan pada pelaksanaannya pada pekerjaan struktur sehingga dilakukan percepatan pekerjaan. Keterlambatan proyek ini terjadi karena beberapa faktor, yaitu faktor cuaca (hujan), keterlambatan suplai material, dan kurangnya tenaga kerja. Percepatan penyelesaian proyek harus dilakukan dengan perencanaan yang baik. Dengan adanya keterbatasan tenaga kerja, maka alternatif yang biasa digunakan untuk menunjang percepatan aktifitas adalah dengan menambah jam kerja sehingga berpengaruh pada biaya total proyek. Untuk mengetahui hal ini perlu dipelajari tentang jaringan kerja yang ada, dan hubungan antara waktu dan biaya, hal tersebut disebut sebagai Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya.

b. Studi Literatur

Studi Literatur memberikan uraian mengenai teori yang menjadi landasan dalam penulisan, serta metode-metode yang digunakan dalam pertukaran waktu dan biaya pada sistem pengendalian biaya dan waktu. Dan juga memberikan dasar-dasar serta langkah- langkah dalam penulisan.

c. Pengumpulan Data

Tujuan dari pengumpulan data adalah mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Sebelum melakukan pengumpulan data, peneliti harus sudah memiliki dugaan analisa berdasarkan hipotesis. Dari hipotesis tersebut dibuktikan melalui data yang akan di kumpulkan. Dalam hal ini data yang digunakan adalah data sekunder.

- Subyek dan Obyek Penelitian

Nama Proyek:

Proyek Rehabilitasi, Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS Kabupaten Subang

Nama Kontraktor:

Bumi karsa-Jaya Konstruksi, KSO

Nomor Kontrak: HK.02.03/PPK- IRG.1/ SNVT-PJPAC/12/ 2020

Nilai Kontrak: Rp. 183.171.131.219,00

Waktu Pelaksanaan : 720 Hari Kalender

- Data-Data Proyek

Data Sekunder: Time Schedule (Kurva-S) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB), Gambar Proyek, Gambar proyek dan Analisa Harga Satuan

d. Identifikasi Kondisi Proyek dan Hubungan Antar Aktivitas

Setelah data-data yang diperlukan diperoleh, hal pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi kondisi proyek dan hubungan antar aktivitas serta durasi tiap kegiatan. Durasi tiap kegiatan dan hubungan keterkaitan tiap kegiatan diperoleh dari Time Schedule. Dengan bantuan Microsoft Project, hubungan keterkaitan tiap aktivitas dibentuk dalam *network planning* sehingga diperoleh kegiatan kritis, *free float* dan *total float*.

e. Analisa Data

Kegiatan mengalami kritis akan dipercepat pelaksanaannya. Pengurangan durasi dilakukan menggunakan *crashing* Program. Adapun langkah-langkah crashing program adalah sebagai berikut :

- Menghitung *crash duration*

Crash duration adalah durasi kegiatan setelah dilakukan *crash* program pada kegiatan tersebut.

- Menghitung *crash cost*.

Crash cost adalah besarnya biaya/upah pekerja diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu dipercepat.

- Menghitung *cost slope*.

Cost slope adalah pertambahan biaya langsung untuk mempercepat aktifitas per satuan waktu. Perhitungan *crashing* program dilakukan untuk tiap-tiap alternatif, yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

f. Hasil Analisa

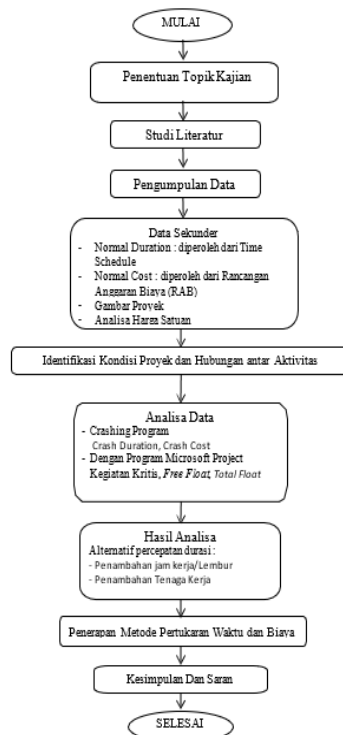
Analisis perbandingan untuk biaya percepatan melalui aktivitas lembur; dan penambahan tenaga kerja, berdasarkan data-data RAB, biaya-biaya tenaga kerja, biaya peralatan dan biaya harian, borongan, dan lembur.

g. Penerapan Metode Pertukaran Biaya dan Waktu

Setelah didapat nilai *cost slope* dari masing-masing kegiatan, maka dilakukan penekanan (kompresi) durasi proyek pada semua aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan dimulai dari aktivitas yang mempunyai *cost slope* terendah. Dari tahap-tahap pengoperasian tersebut akan di cari waktu optimal dari biaya total proyek yang minimal.

KESIMPULAN

Dari kedua alternatif percepatan setelah dilakukan crash program diperoleh masing-masing total durasi proyek setelah dipercepat dan total cost. Dari total durasi proyek setelah dipercepat dan total cost diperoleh waktu optimum dan biaya optimum. Adapun langkah-langkah metode penelitian yang tergambarakan dalam bagan alir berikut.



Gambar 4. Kerangka Pemikiran

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Crashing Program

1. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

a. Crash Duration

Langkah-langkah dalam menghitung crash duration :

- Menghitung produktifitas harian

Produktivitas harian

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

- Menghitung produktifitas per jam

Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Produksi harian}}{\text{Jam kerja harian}}$$

Dimana:

Jam kerja normal harian = 8 jam

- Menghitung produktifitas lembur

Produktivitas lembur = Jam Kerja Lembur X Koefisien Produktifitas X Produksi Per jam.

Dimana:

Jam kerja lembur per hari = 4 jam

Koefisien produktifitas = 60%

- Menghitung produktifitas harian setelah di-crash

Produktivitas harian setelah di crash = Produksi Harian + Produktifitas Lembur

- Menghitung crash duration

Produktivitas per Jam

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produksi Harian Setelah Crash}}$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan produktifitas harian, produktifitas per jam, produktifitas harian setelah di *crash*, dan *crash duration* untuk tiap kegiatan kritis yang disajikan dalam Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 1. Produktifitas harian, Produktifitas per jam, Produktifitas harian setelah di crash dan Crash Duration tiap kegiatan kritis

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Durasi (HK)	Produktifitas Harian	Produktifitas Per jam	Produktifitas Lembur	Produktifitas Crash	Crash Duration
PEKERJAAN BANGUNAN								
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 1 m	bh	1.00	60	0.02	0.00	0.01	0.02	46
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,4 m x 2 m	bh	1.00	60	0.02	0.00	0.01	0.02	46
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	bh	1.00	60	0.02	0.00	0.01	0.02	46
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,6 m x 1 m	bh	1.00	60	0.02	0.00	0.01	0.02	46
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 3 m x 2 m	bh	1.00	60	0.02	0.00	0.01	0.02	46
PEKERJAAN SALURAN								
Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x	Unit	9,442.00	390	24.21	3.03	7.26	31.47	300
Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	m ²	32,859.16	330	99.57	12.45	29.87	129.45	254
Pembesian dengan besi polos (capping)	kg	400,853.24	330	1,214.71	151.84	364.41	1,579.12	254
Beton K-225 Ready mix (Capping)	m ³	3,157.26	330	9.57	1.20	2.87	12.44	254
PEKERJAAN MODERNISASI								
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1 m x 1 m	bh	1.00	30	0.03	0.00	0.01	0.04	23
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 2,1 m	bh	1.00	30	0.03	0.00	0.01	0.04	23
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	bh	2.00	30	0.07	0.01	0.02	0.09	23
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,7 m x 1,5 m	bh	1.00	30	0.03	0.00	0.01	0.04	23
Pengadaan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,8 m x 1,6 m	bh	3.00	30	0.10	0.01	0.03	0.13	23

b. Crash Cost

Upah tenaga kerja dalam proyek Rehabilitasi, Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS Kabupaten Subang :

- Mandor Rp 186,900.00 /OH
- Kepala Tukang Rp 175,300.00 /OH
- Tukang (kayu/besi/batu/cat/listrik/pipa) Rp 166,300.00 /OH
- Pekerja Rp 134,700.00 /OH

Langkah-langkah dalam menghitung Crash Cost:

- Menghitung upah kerja harian normal. Upah kerja Harian Normal = Prod. Harian x Harga satuan upah kerja.
 - Menghitung upah kerja per jam normal. Upah kerja per jam normal = Prod. Per jam x Harga satuan upah kerja.
 - Menghitung upah kerja lembur per hari (4 jam kerja). Upah kerja lembur per hari (4 jam) = (1,5 x upah sejam normal) + 3 x (2 x upah sejam normal). Menghitung Crash Cost tenaga kerja per hari.
 - Crash cost tenaga kerja per hari = Upah harian + upah kerja lembur per hari.
 - Menghitung Crash cost total. Crash cost total = Crash cost per hari x crash duration
- Hasil perhitungan upah kerja harian normal, upah kerja per jam normal, upah lembur per hari (4 jam kerja), *crash cost* per hari dan *crash cost* total untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Upah kerja harian normal, Upah kerja per jam normal, Upah lembur per hari
(4 jam kerja), Crash cost per hari dan Crash total tiap kegiatan kritis.

Uraian Pekerjaan	Harga satuan upah (Rp.)	Upah harian normal (Rp.)	Upah per jam normal (Rp.)	Upah Lembur (Rp.)	Crash cost Harian (Rp.)	Crash cost Total (Rp.)
PEKERJAAN BANGUNAN						
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 1 m	36,430,000.00	607,166.67	75,895.83	569,218.75	1,176,385.42	54,294,711.54
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,4 m x 2 m	41,421,000.00	690,350.00	86,293.75	647,203.13	1,337,553.13	61,733,221.15
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	54,388,000.00	906,466.67	113,308.33	849,812.50	1,756,279.17	81,059,038.46
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,6 m x 1 m	62,519,000.00	1,041,983.33	130,247.92	976,859.38	2,018,842.71	93,177,355.77
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 3 m x 2 m	111,992,745.00	1,866,545.75	233,318.22	1,749,886.64	3,616,432.39	166,912,264.18
PEKERJAAN SALURAN						
Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x	2,081,434.00	50,392,050.84	6,299,006.36	47,242,547.66	97,634,598.50	29,290,379,551.35
Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	113,947.00	11,346,068.80	1,418,258.60	10,636,939.50	21,983,008.30	5,580,302,107.70
Pembesian dengan besi polos (capping)	14,068.00	17,088,495.09	2,136,061.89	16,020,464.15	33,108,959.24	8,404,581,961.05
Beton K-225 Ready mix (Capping)	1,369,574.00	13,103,336.99	1,637,917.12	12,284,378.43	25,387,715.42	6,444,573,914.64
PEKERJAAN MODERNISASI						
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1 m x 1 m	33,006,000.00	1,100,200.00	137,525.00	1,031,437.50	2,131,637.50	49,191,634.62
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 2,1 m	45,542,930.00	1,518,097.67	189,762.21	1,423,216.56	2,941,314.23	67,876,482.21
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	54,388,000.00	3,625,866.67	453,233.33	3,399,250.00	7,025,116.67	162,118,076.92
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,7 m x 1,5 m	47,322,780.00	1,577,426.00	197,178.25	1,478,836.88	3,056,262.88	70,529,143.27
Pengadaan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,8 m x 1,6 m	52,750,840.00	5,275,084.00	659,385.50	4,945,391.25	10,220,475.25	235,857,121.15

c. Cost slope

Cost slope dirumuskan sebagai berikut :

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

Hasil perhitungan cost slope untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam Tabel 4 di bawah ini

Tabel 4. Cost slope tiap kegiatan kritis

Uraian Pekerjaan	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Normal cost (Rp.)	Crash cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
PEKERJAAN BANGUNAN					
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 1 m	60	46	36,430,000.00	54,294,711.54	1,290,229.17
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,4 m x 2 m	60	46	41,421,000.00	61,733,221.15	1,466,993.75
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	60	46	54,388,000.00	81,059,038.46	1,926,241.67
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,6 m x 1 m	60	46	62,519,000.00	93,177,355.77	2,214,214.58
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 3 m x 2 m	60	46	111,992,745.00	166,912,264.18	3,966,409.72
PEKERJAAN SALURAN					
Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x	390	300	19,652,899,828.00	29,290,379,551.35	107,083,108.04
Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	330	254	3,744,202,704.52	5,580,302,107.70	24,110,396.20
Pembesian dengan besi polos (capping)	330	254	5,639,203,380.32	8,404,581,961.05	36,313,052.07
Beton K-225 Ready mix (Capping)	330	254	4,324,101,207.24	6,444,573,914.64	27,844,591.11
PEKERJAAN MODERNISASI					
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1 m x 1 m	30	23	33,006,000.00	49,191,634.62	2,337,925.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 2,1 m	30	23	45,542,930.00	67,876,482.21	3,225,957.54
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	30	23	108,776,000.00	162,118,076.92	7,704,966.67
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,7 m x 1,5 m	30	23	47,322,780.00	70,529,143.27	3,352,030.25
Pengadaan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,8 m x 1,6 m	30	23	158,252,520.00	235,857,121.15	11,209,553.50

Tabel 5. Penambahan jumlah tenaga kerja

Uraian Pekerjaan	Indeks Normal				Indeks Setelah penambahan 25%		Harga satuan setelah penambahan (Rp)
	Peleraja	Tukang	Kp. Tukang	Mandor	Pekerja	Tukang	
PEKERJAAN BANGUNAN							
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,3 m x 1 m							36,430,000.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,4 m x 2 m							41,421,000.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,5 m x 1 m							54,388,000.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,6 m x 1 m							62,519,000.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 3 m x 2 m							111,992,745.00
PEKERJAAN SALURAN							
Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x	0.6885	0.2295		0.1148	0.7459	0.2869	2,101,000.03
Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	0.2667	0.0667	0.0333	0.0333	0.2834	0.0834	119,468.69
Pembesian dengan besi polos (capping)	0.0071	0.0071	0.0007		0.0089	0.0089	14,659.38
Beton K-225 Ready mix (Capping)	1.0000	0.4000		0.1000	1.1000	0.5000	1,402,684.90
PEKERJAAN MODERNISASI							
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1 m x 1 m							33,006,000.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,3 m x 2,1 m							45,542,930.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,5 m x 1 m							54,388,000.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,7 m x 1,5 m							47,322,780.00
Pengadaan Pemasangan Pintu Crump de Guityer 1,8 m x 1,6 m							52,750,940.00

Crash duration

Langkah-langkah dalam menghitung crash duration :

- Menghitung produktifitas harian

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi kegiatan}}$$

- Menghitung produktifitas setelah crashing (penambahan jumlah tenaga kerja)

$$\text{Produktifitas setelah crashing} = \frac{\text{Prod. Harian} \times \text{Total tenaga kerja crash}}{\text{Total tenaga kerja normal}}$$

- Menghitung crash duration

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Prod. Setelah crashing}}$$

Hasil perhitungan produktifitas untuk harian, produktifitas setelah *crashing* atau penambahan jumlah tenaga kerja dan *crash duration* untuk tiap kegiatan kritis tersaji dalam tabel 6

Tabel 6. Produktifitas harian, produktifitas setelah crashing
(penambahan jumlah tenaga kerja) dan crash duration untuk tiap kegiatan kritis

Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Durasi (HK)	Produktifitas Harian	Produktifitas setelah penambahan	Crash Duration
PEKERJAAN BANGUNAN						
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 1 m	bh	1.00	60	0.02	0.02	48
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,4 m x 2 m	bh	1.00	60	0.02	0.02	48
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	bh	1.00	60	0.02	0.02	48
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,6 m x 1 m	bh	1.00	60	0.02	0.02	48
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 3 m x 2 m	bh	1.00	60	0.02	0.02	48
PEKERJAAN SALURAN						
Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x	Unit	9,442.00	390	24.21	30.26	312
Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	m ²	32,859.16	330	99.57	124.47	264
Pembesian dengan besi polos (capping)	kg	400,853.24	330	1,214.71	1,518.38	264
Beton K-225 Ready mix (Capping)	m ³	3,157.26	330	9.57	11.96	264
PEKERJAAN MODERNISASI						
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1 m x 1 m	bh	1.00	30	0.03	0.04	24
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 2,1 m	bh	1.00	30	0.03	0.04	24
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	bh	2.00	30	0.07	0.08	24
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,7 m x 1,5 m	bh	1.00	30	0.03	0.04	24
Pengadaan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,8 m x 1,6 m	bh	3.00	30	0.10	0.13	24

Crash cost

Langkah-langkah dalam menghitung crash cost :

- Menghitung upah kerja harian normal

$$\text{Upah kerja harian normal} = \text{prod.harian normal} \times \text{harga satuan upah normal}$$

- Menghitung upah kerja harian setelah crashing (penambahan jumlah tenaga kerja)

$$\text{Upah kerja harian setelah crashing} = \text{prod.harian crash} \times \text{harga satuan upah setelah crash}$$

- Menghitung crash cost

$$\text{Crash cost} = \text{Upah kerja harian setelah crashing} \times \text{crash duration}$$

Hasil perhitungan upah kerja harian normal, upah kerja setelah crashing (penambahan jumlah tenaga kerja) dan crash cost untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel 7

Tabel 7. Upah kerja harian normal, Upah kerja setelah crashing
(penambahan jumlah tenaga kerja) dan Crash cost untuk tiap kegiatan kritis

Uraian Pekerjaan	Harga satuan upah (Rp.)	Upah harian normal (Rp.)	Harga satuan upah crash (Rp.)	Upah harian crash (Rp.)	Crash Cost (Rp)
PEKERJAAN BANGUNAN					
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 1 m	36,430,000.00	607,166.67	36,430,000.00	789,316.67	37,887,200.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,4 m x 2 m	41,421,000.00	690,350.00	41,421,000.00	897,455.00	43,077,840.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	54,388,000.00	906,466.67	54,388,000.00	1,178,406.67	56,563,520.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,6 m x 1 m	62,519,000.00	1,041,983.33	62,519,000.00	1,354,578.33	65,019,760.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 3 m x 2 m	111,992,745.00	1,866,545.75	111,992,745.00	2,426,509.48	116,472,454.80
PEKERJAAN SALURAN					
Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x	2,081,434.00	50,392,050.84	2,101,000.03	66,125,474.18	20,631,147,943.84
Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	113,947.00	11,346,068.80	119,468.69	15,464,645.42	4,082,666,389.92
Pembesian dengan besi polos (capping)	14,068.00	17,088,495.09	14,659.38	23,148,904.49	6,111,310,785.05
Beton K-225 Ready mix (Capping)	1,369,574.00	13,103,336.99	1,402,684.90	17,446,161.23	4,605,786,564.53
PEKERJAAN MODERNISASI					
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1 m x 1 m	33,006,000.00	1,100,200.00	33,006,000.00	1,430,260.00	34,326,240.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 2,1 m	45,542,930.00	1,518,097.67	45,542,930.00	1,973,526.97	47,364,647.20
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	54,388,000.00	3,625,866.67	54,388,000.00	4,713,626.67	113,127,040.00
Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,7 m x 1,5 m	47,322,780.00	1,577,426.00	47,322,780.00	2,050,653.80	49,215,691.20
Pengadaan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,8 m x 1,6 m	52,750,840.00	5,275,084.00	52,750,840.00	6,857,609.20	164,582,620.80

Sumber : Hasil Pengolahan Data

c. Cost Slope

Cost slope dirumuskan sebagai berikut :

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

Hasil perhitungan cost slope untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Cost slope tiap kegiatan kritis

No.	Uraian Pekerjaan	Normal Duration (HK)	Crash Duration (HK)	Normal cost (Rp.)	Crash cost (Rp.)	Cost Slope (Rp.)
BAR. II PEKERJAAN BANGUNAN						
1	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 1 m	60	48	36,430,000.00	56,466,500.00	1,669,708.33
2	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,4 m x 2 m	60	48	41,421,000.00	64,202,530.00	1,890,462.50
3	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	60	48	54,388,000.00	84,301,400.00	2,492,783.33
4	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,6 m x 1 m	60	48	62,519,000.00	96,904,450.00	2,865,454.17
5	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 3 m x 2 m	60	48	111,992,745.00	173,588,754.75	5,133,000.81
BAR. III PEKERJAAN SALURAN						
1	Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x	380	312	19,652,899,828.00	30,461,994,733.40	138,578,139.81
2	Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	330	264	3,744,202,704.52	5,803,514,192.01	31,201,689.20
3	Pembesian dengan besi polos (capping)	330	264	5,639,203,380.32	8,740,765,239.50	46,993,361.50
4	Beton K-225 Ready mix (Capping)	330	264	4,324,101,207.24	6,702,356,871.22	36,034,176.73
BAR. V PEKERJAAN MODERNISASI						
1	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1 m x 1 m	30	24	33,006,000.00	51,139,300.00	3,025,550.00
2	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,3 m x 2,1 m	30	24	45,542,930.00	70,591,541.50	4,174,768.58
3	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,5 m x 1 m	30	24	108,776,000.00	168,602,800.00	9,971,133.33
4	Pengadaan dan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,7 m x 1,5 m	30	24	47,322,780.00	73,359,309.00	4,337,921.50
5	Pengadaan Pemasangan Pintu Crump de Guiyter 1,8 m x 1,6 m	30	24	158,252,520.00	245,291,406.00	14,506,481.00

Analisa waktu dan biaya

Langkah-langkah perhitungan analisa waktu dan biaya adalah sebagai berikut

Menghitung biaya langsung

Tambahan Biaya dan Kumulatif Tambahan Biaya

$$\text{Tambahan biaya} = \text{Cost slope} \times \text{Total Crash}$$

Biaya Langsung

$$\text{Biaya Total} = \text{Biaya langsung} + \text{Biaya Tidak langsung}$$

Dimana :

Biaya Langsung : Rp 130,074,181,689.06

Menghitung Biaya Tidak Langsung

Biaya Tidak Langsung = Profit 10% + Biaya Umum lapangan = Rp. 18,317,113,122.00 + Rp. 34,779,836,408.90 = Rp. 53,096,949,530.89. Tiap pengurangan 1 hari pelaksanaan proyek maka Biaya umum lapangan akan berkurang Rp. 48,305,328.35 / hari.

Menghitung total biaya :

$$\text{Biaya langsung} = \text{Biaya langsung normal} + \text{kumulatif tambahan biaya}$$

Adapun hasil perhitungan analisa waktu dan biaya untuk alternatif penambahan jam kerja lembur tersaji dalam tabel 9 dan tabel 10.

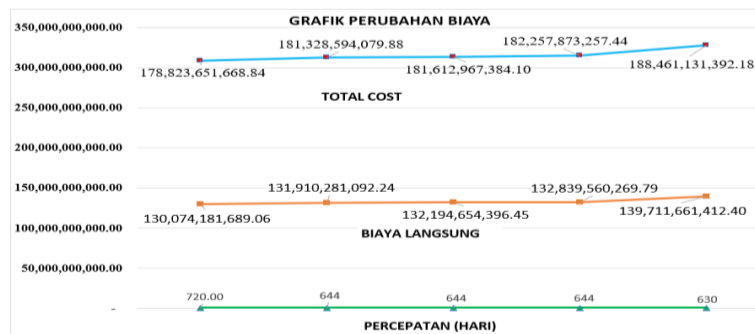
Tabel 9. Hasil Perhitungan Direct Cost (Biaya Langsung)

Uraian Pekerjaan	Cost Slope (Rp.)	Durasi normal (HK)	Crash duration (HK)	Total Crash	Total Durasi proyek	Tambahan biaya (Rp)	Biaya langsung (Rp.)
PEKERJAAN SALURAN							
Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	24,110,396.20	330	254	76	644	1,836,099,403.18	131,910,281,092.24
Beton K-225 Ready mix (Capping)	27,844,591.11	330	254	76	644	2,120,472,707.40	132,194,654,396.45
Pembesian dengan besi polos (capping)	36,313,052.07	330	254	76	644	2,765,378,580.73	132,839,560,269.79
Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12	107,083,108.04	390	300	90	630	9,637,479,723.35	139,711,661,412.40

Tabel 10. Hasil Perhitungan Total Cost (Biaya Total)

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi normal (HK)	Crash duration (HK)	Total Crash	Total Durasi proyek	Biaya Langsung (Rp)	Biaya tak langsung (Rp.)	Total cost (Rp.)
	Bekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)	330	254	76	644	131,910,281,092.24	49,418,312,987.64	181,328,594,079.88
	Beton K-225 Ready mix (Capping)	330	254	76	644	132,194,654,396.45	49,418,312,987.64	181,612,967,384.10
	Pembesian dengan besi polos (capping)	330	254	76	644	132,839,560,269.79	49,418,312,987.64	182,257,873,257.44
	Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x 6m)	390	300	90	630	139,711,661,412.40	48,749,469,979.78	188,461,131,392.18

Tabel 11 Grafik Perubahan Biaya Langsung dan Biaya Total terhadap Waktu untuk Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)



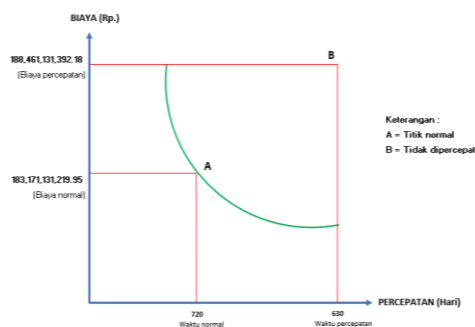
Dari Tabel 11 total biaya diperoleh waktu optimum dan total biaya optimum yaitu waktu optimum = 644 Hari Kalender dan total biaya optimum = Rp 181.328.594.079,88. Dengan efisiensi waktu dan biaya sebagai berikut

a. Efisiensi waktu

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{\text{Waktu normal} - \text{waktu percepatan}}{\text{Waktu normal}} \times 100\%$$

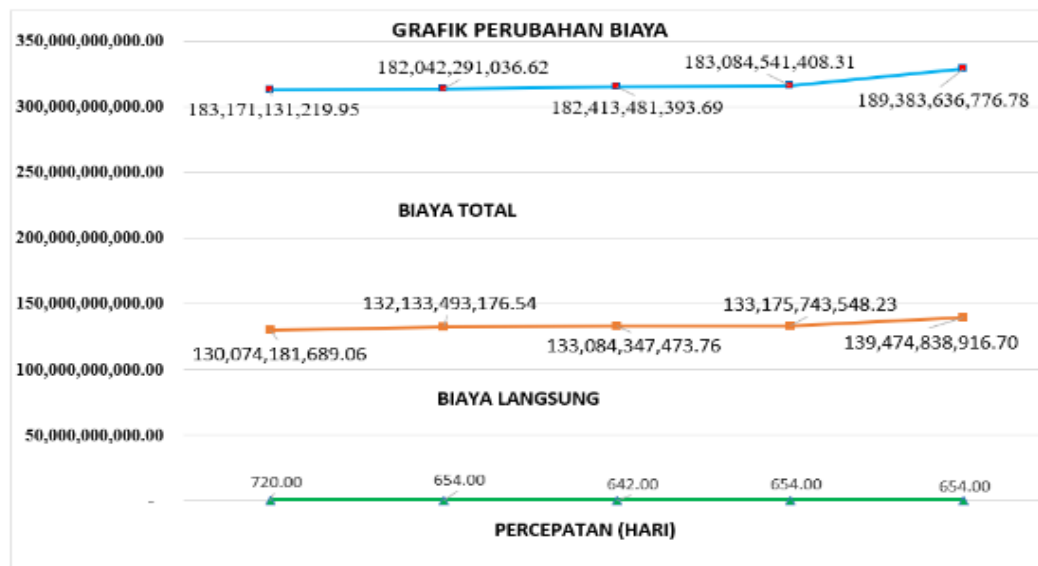
b. Efisiensi biaya

$$\text{Efisiensi waktu} = \frac{\text{Biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{Biaya percepatan}} \times 100\%$$



Gambar 5.1 Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipercepat untuk Alternatif Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Tabel 12 Grafik Perubahan Biaya Langsung dan Biaya Total terhadap Penambahan Jumlah Tenaga Kerja



Dari Tabel 12 total biaya diperoleh waktu optimum dan total biaya optimum sebagai berikut :

b. Waktu Optimum

= 654 Hari Kalender

c. Total biaya Optimum

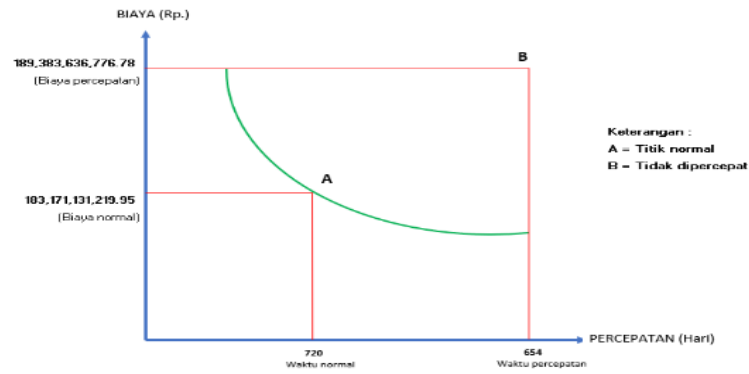
= Rp 182,042,291,036.62

Dengan efisiensi waktu dan biaya sebagai berikut 1. Efisiensi waktu

$$\text{Efisiensi Waktu} = \frac{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu Percepatan}}{\text{Waktu Normal}} \times 100\%$$

d. Efisiensi biaya

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



Gambar 4. Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipercepat untuk Alternatif Penambahan Tenaga kerja

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa pertukaran biaya dan waktu pada proyek Rehabilitasi Peningkatan Dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pertukaran waktu dan biaya adalah suatu metode untuk mempercepat durasi proyek dengan menambahkan alternatif tertentu, seperti penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.
- Percepatan durasi proyek dilakukan dengan 2 (dua) langkah, yaitu :
 - Crashing program, yang hanya diadakan pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Hasil dari crashing program adalah crash duration, crash cost dan cost slope.
 - Analisa pertukaran biaya dan waktu, yaitu dengan mengadakan kompresi (penekanan) durasi proyek yang dilakukan pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Apabila kompresi dilakukan pada kegiatan yang tidak berada pada lintasan kritis maka durasi proyek secara keseluruhan akan tetap dan biaya proyek bertambah. Kompresi dilakukan terlebih dahulu pada kegiatan yang mempunyai cost slope terendah.
- Dengan adanya percepatan durasi proyek, maka akan terjadi pengurangan durasi dan peningkatan biaya langsung.
- Percepatan durasi proyek untuk alternatif penambahan jam kerja lembur (4 jam kerja) diperoleh:
 - Waktu optimum percepatan durasi proyek 644 Hari Kalender dengan total biaya langsung dari kegiatan proyek akibat percepatan durasi proyek meningkat dari Rp. 183.171.131.219,95 menjadi Rp. 188.461.131.392,18.
 - Percepatan durasi proyek untuk alternatif penambahan jumlah tenaga kerja dan alat diperoleh waktu optimum percepatan durasi proyek 654 Hari Kalender dengan Total

biaya optimum proyek akibat percepatan durasi proyek dari Rp. 183.171.131.219,95 menjadi Rp. 189,383,636,776.78.

- e. Dari kedua alternatif tersebut, tambahan tenaga kerja lebih menguntungkan dari segi biaya karena hanya terjadi peningkatan total biaya dalam jumlah yang relatif kecil, sedangkan dari segi waktu penambahan jam kerja (lembur) lebih efisien.

Sedangkan hasil analisa pertukaran waktu dan biaya pada proyek Rehabilitasi Peningkatan dan Modernisasi Jaringan Irigasi SS. Pamanukan CS, maka saran yang dapat diambil sebagai berikut:

- a. Pada alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah tenaga kerja, kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis yang dapat dipercepat adalah:
 1. Ekisting expose dengan multiplex 18 mm (Capping)
 2. Beton K-225 Ready mix (Capping)
 3. Pembesian dengan besi polos (capping)
 4. Pengadaan dan pemasangan pekerjaan lining beton pre-cast K-600 (0,12m x 0,70m x 6m).
- b. Percepatan durasi proyek menggunakan metode pertukaran waktu dan biaya memiliki dua alternatif yaitu dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah tenaga kerja, kedua alternatif tersebut membantu pihak perusahaan yang ingin mendapatkan waktu dan biaya optimum proyek.
- c. Selain alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah tenaga kerja dapat dicoba alternatif lain seperti penambahan kapasitas alat, menggunakan peralatan yang lebih baru dan modern sehingga mempercepat pengerjaan proyek, atau menggunakan metode kerja yang baru, sehingga dapat menghasilkan pengurangan durasi yang maksimal dengan biaya proyek minimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur, Jakarta: Departemen PU.
- Buluatie, Nurhadinata. 2013. Optimalisasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Revitalisasi Gedung BPS Kota Gorontalo, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.1, No.1, Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- Dipohusodo, Istimawan. 1996. Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1, Yogyakarta: Kanisius.
- Frederika, Ariany. 2010. Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.14, No.2, Denpasar: Universitas Udayana.

- Gulo, Jernih Putri, 2014, Analisa Percepatan Durasi Proyek dengan Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off) pada Proyek Perumahan Cemara Kuta Medan, Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Husen, Abrar, 2009, Manajemen Proyek, Yogyakarta: ANDI.
- Luthan, Puti Lynna A., dan Syafriandi, 2006, Aplikasi Microsoft Project untuk
- Santosa, Budi. 2003. Manajemen Proyek, Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Setiawan, Bagus Budi, 2012, Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Gedung di Jakarta, Jurnal Konstruksi Vol.4, No.1, Hal. 27, Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Soeharto, Iman. 1999. Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1, Jakarta: Erlangga.
- Wulfram, Ervianto. 2004. Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta: ANDI.
- Yana, A.A Gd Agung. 2006. Pengaruh Jam Kerja Lembur terhadap Biaya Percepatan Proyek dengan Time Cost Trade Off Analysis, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.10, No.2, Denpasar: Universitas Udayana.