

Optimalisasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode *Least Cost Analysis* Pada Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai

Yan Putra¹⁾ dan Sri Hartati²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
Jl.Kaharudin Nasution KM 11 No. 113 Perhentian Marpoyan pekanbaru,28284

Abstrak

Durasi waktu penyelesaian proyek bisa dipercepat dari durasi waktu normal dengan menambah sumber daya dalam batas-batas yang ekonomis, tanpa mengurangi mutu pekerjaan tersebut. Percepatan waktu penyelesaian proyek dilakukan pemendekan durasi pada kegiatan – kegiatan yang berada dalam jalur kritis pada jaringan kerja proyek yang salah satunya dengan menambah jam kerja (lembur) dengan konsekuensi biaya proyek menjadi meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kegiatan yang berada pada jalur kritis, menentukan perpendekan waktu dan total biaya dengan *Project Crashing*, menentukan waktu yang optimal dengan biaya yang minimum.

Tahapan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode CPM (*Critical Path Methode*) yaitu metode jalur kritis untuk menentukan jaringan kerja sehingga mendapatkan lintasan kritis, menganalisis durasi dan biaya percepatan dengan kerja lembur, melakukan perpendekan waktu dengan *Project Crashing* berdasarkan lintasan kritis berdasarkan cost slope terkecil selanjutnya dianalisis berdasarkan jaringan kerja CPM (*Critical Path Methode*) apakah terdapat jalur kritis baru sehingga diperoleh beberapa target percepatan. Selanjutnya berdasarkan target beberapa percepatan dilakukan analisa berdasarkan metode *Least Cost Analysis* sehingga diperoleh target percepatan yang optimal dengan biaya yang minimum.

Berdasarkan hasil analisa, didapat pemendekan durasi yang optimal dengan biaya yang minimum selama 21 hari kerja sehingga durasi proyek menjadi 159 hari dengan total biaya proyek Rp 9.487.751.389,16 dari durasi normal 180 hari biaya proyek Rp 9.495.071.818,18 terjadi penurunan biaya proyek sebesar Rp 7.320.429,02 atau persentase penurunan biaya 0,08%.

Kata kunci : Kerja lembur, CPM, *Project Crashing*, *Cost Slope*, lintasan kritis, *Least Cost Analysis*, Penurunan Biaya,

Abstract

Duration needed to finish a project can be accelerated from its normal duration by adding resources in economic limits without decreasing the quality of that project. Acceleration of duration in finishing a project can be executed by shortening the duration of the activities outside the border of the critical paths within the project, such as adding the working hour and undoubtedly this option leads to its consequence which is the rising cost of the project. This research aimed to determine the activities in critical paths, to determine the time shortening, to determine the total cost by applying Project Crashing, and to determine optimal duration with minimal cost.

The phases of this research are utilized CPM (Critical Path Methods) a method to determine working network in order to generate the critical path, analyzed the duration and cost of accelerated project by adding working hour (overtime), shortened the duration by using Project Crashing based on the critical path and the smallest cost slope. Hereafter, they were analyzed based on the working network of CPM (Critical Path Method) in order to determine whether new critical path emerged or not, thus several acceleration targets can be generated. Furthermore, based on those several acceleration targets, an analysis by utilizing Least Cost Analysis could be performed, so optimal acceleration targets with minimal cost could be obtained.

Based on the result of the analysis, it could be stated that the optimal duration shortening was 21 days, so the duration of the project became 159 days with total cost Rp 9.487.751.389,16. From the normal duration 180 days with total cost Rp 9.495.071.818,18, it could be stated that the cost decreased by Rp 7.320.429,02 or 0.08%

Key words: overtime, CPM, Project Crashing, Cost Slope, Critical Path, Least Cost Analysis, Cost Reduction
~~durasi waktu penyelesaian proyek bisa dipercepat dari durasi waktu~~

I. PENDAHULUAN

Perkembangan jalan merupakan salah satu hal yang selalu beriringan dengan kemajuan teknologi dan pemikiran manusia yang menggunakannya, karenanya jalan merupakan sarana penting bagi manusia supaya dapat mencapai suatu tujuan wilayah yang ingin dicapai. Berdasarkan kenyataannya sarana jalan sebagai transportasi juga sangat menunjang laju perkembangan di berbagai sektor kehidupan manusia diantaranya sektor perekonomian, pendidikan, politik, dan sebagainya.

Terdapat permasalahan pada bidang transportasi yaitu salah satunya adalah kemacetan, kemacetan lalu lintas sering terjadi diakibatkan oleh padatnya arus kendaraan yang melintas pada ruas jalan yang mempunyai kapasitas yang tidak mencukupi. Salah satu cara untuk mengatasi kemacetan yaitu adalah membuat jalan lingkar, demi menghindari terjadinya kemacetan pada jalan di dalam kota seperti Kota Dumai pada khususnya. Sehubungan dengan hal tersebut, pemerintah melaksanakan proyek pembangunan Jalan Lingkar Kota Dumai.

Jalan Lingkar Kota Dumai merupakan jalan yang menghubungkan dari Jalan Datuk Laksamana ke pelabuhan Roro Dumai-Rupat dan ke Jalan Budi Kemuliaan yang mana sebelumnya melalui Jalan Patimura, dengan adanya Jalan Lingkar Kota Dumai dapat mengatasi kemacetan dan akses ke pelabuhan Roro dapat lebih singkat. Jalan Lingkar Kota Dumai dilaksanakan dengan durasi waktu rencana 180 hari, yang mana dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi,

normal dengan menambah sumber daya dalam batas-batas yang

ekonomis, tanpa mengurangi mutu pekerjaan proyek tersebut.

Percepatan waktu kegiatan dalam suatu proyek dapat dilakukan dengan berbagai cara alternatif diantaranya yaitu menambah jumlah tenaga kerja, melakukan perpanjangan waktu kerja (lembur), menggunakan alat bantu yang lebih produktif, menggunakan material yang pemasangannya dapat lebih cepat, dan mengubah metode pelaksanaan pekerjaan. Percepatan waktu penyelesaian proyek dilakukan pemendekan durasi pada kegiatan – kegiatan yang berada dalam jalur kritis pada jaringan kerja proyek yang salah satunya dengan menambah jam kerja (lembur) dengan konsekuensi biaya proyek menjadi meningkat. Dalam Tugas Akhir ini peneliti mencoba untuk melakukan percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur) menggunakan Metode *Least cost analysis* untuk mendapatkan waktu dan biaya percepatan yang optimal.

1.1. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Kegiatan apa saja yang termasuk lintasan kritis pada proyek peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai berdasarkan durasi normal dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) ?
2. Berapa besar perpendekan waktu dan total biaya pada proyek peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai dengan

menggunakan metode *Project Crashing* ?

3. Bagaimana menentukan waktu yang optimal dan total biaya yang minimum pada Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai dengan metode *Least Cost Analysis*?

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian yang dilakukan adalah:

1. Menentukan kegiatan yang termasuk lintasan kritis pada proyek peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai berdasarkan durasi normal dengan menggunakan metode CPM (*Critical Parth Method*) ?
2. Menentukan perpendekan waktu dan total biaya pada proyek peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai dengan menggunakan metode *Project Crashing* ?
3. Menentukan waktu yang optimal dan total biaya yang minimum pada proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai dengan metode *Least Cost Analysis*.

1.3 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat memberikan wawasan kepada para pembaca yang mempunyai minat terhadap perkembangan pengetahuan manajemen konstruksi terutama tentang optimalisasi waktu dan biaya dengan metode *Least Cost Analysis*.
2. Merupakan kesempatan bagi peneliti untuk mendalami ilmu dan menerapkan ilmu yang diperoleh dibangku kuliah, menambah wawasan dan pengalaman peneliti dalam penggunaan metode *Least Cost Analysis* (LCA).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada Proyek Proyek Peingkatan Jalan Lingkar Kota Dumai .
2. Diasumsikan bahwa kegiatan proyek belum mulai dilaksanakan. Jadi usaha percepatan ini berupa rencana yang akan diterapkan apabila kegiatan proyek sudah mulai dilaksanakan.
3. Menentukan lintasan kritis dengan Metode CPM (*critical part method*).
4. Pemendekan durasi pelaksanaan dengan kerja lembur
5. Metode yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah Metode *Project Crashing* dan *Least Cost Analysis* (LCA).
6. Diasumsikan bonus percepatan Rp 200.000,00 perhari

II. LANDASAN TEORI

II.1 Durasi Kegiatan Pekerjaan

Waktu atau jadwal merupakan salah satu sasaran utama proyek. Penjadwalan merefleksikan sebuah perencanaan yang nantinya menjadi tolak ukur dalam pengendalian suatu proyek. Untuk itu, perlu diketahui bagaimana pengaruh penjadwalan proyek dari segi pengendalian waktu dan efek yang didapat dari penjadwalan tersebut terhadap biaya konstruksi yang ditinjau. *Project crashing* atau *Crash Program* adalah salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengendalikan waktu dengan cara mempercepat pelaksanaan pekerjaan salah satunya dengan kerja lembur.

II.2 Analisis Durasi Dan Biaya Percepatan Dengan Kerja Lembur

Percepatan waktu pelaksanaan proyek harus disusun durasi dan biaya percepatan. Durasi dan biaya percepatan disusun berdasarkan pertimbangan durasi dan biaya normal yang telah ada, biaya normal

disini adalah biaya total proyek yang disebut dengan biaya langsung. Durasi percepatan ditentukan dengan menambah jam kerja (kerja lembur). Waktu kerja normal adalah 6 hari per minggu, yaitu hari Senin sampai minggu, dan 7 jam perhari mulai pukul 08.00 – 16.00 WIB dengan waktu istirahat pukul 12.00 – 13.00 WIB. Untuk waktu lembur dilakukan penambahan 2 jam kerja lembur dari pukul 17.00 – 19.00 WIB sehingga waktu kerja menjadi 9 jam sehari. Waktu kerja proyek bertambah dari 42 jam per minggu menjadi 54 jam per minggu sehingga diperoleh koefisien pembagian waktu kerja normal (42 jam seminggu) dengan waktu kerja lembur tambahan (42 jam seminggu), sehingga diperoleh durasi percepatan dengan rumus sebagai berikut:

$$Dc = 42/54 \times Da$$

Dimana:

Dc = Durasi setelah percepatan

Da = Durasi normal

Dalam menentukan durasi percepatan juga mempertimbangkan apakah durasi percepatan masih mungkin untuk dilaksanakan. Dalam hal ini, kenaikan biaya dibatasi hanya pada biaya upah tenaga kerja saja, karena biaya bahan dan alat dianggap tetap. Dalam perhitungan upah lembur sebesar dua kali upah sejam, dimana upah sejam dihitung sebesar 1/7 upah harian tenaga kerja karena waktu kerjanya 7 jam per hari sehingga diperoleh koefisien perkalian jumlah waktu lembur (2 jam perhari) dengan koefisien upah sejam untuk pekerja harian (1/7) yaitu $2 \times 1/7 = 0,29$ diperoleh rumus penambahan biaya sebagai berikut:

$$Dc \times 0,29 \times (Upt / Da)$$

Dimana:

Dc = Durasi setelah percepatan

Upt = Biaya upah tenaga kerja

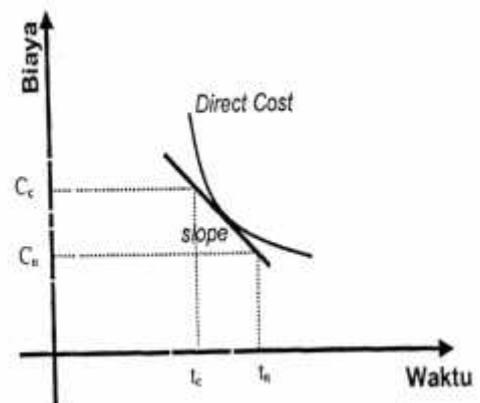
Da = Durasi normal

II.3 Project Crashing

Project crashing dilakukan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu

dan biaya dan dengan menambah jumlah shift kerja, jumlah jam kerja, jumlah tenaga kerja, jumlah ketersediaan bahan, serta memakai peralatan yang lebih produktif dan metode instalasi yang lebih cepat sebagai komponen biaya *direct cost*. *Project crashing* atau *crash program* dilakukan dengan cara perbaikan jadwal menggunakan *network planing* yang berada pada lintasan kritis (Husen,2011).

Konsekuensi *project crashing* adalah meningkatkan biaya langsung (*direct cost*). Disini sumber daya yang berada pada lintasan yang tidak kritis dapat dioptimalkan dengan memindahkan ke lintasan kritis. Pemindahan sumber dayanya dibatasi pada titik jenuh, sehingga proses ini dapat memberikan hasil yang efektif.



Gambar 1. Hubungan waktu dan biaya dengan *direct cost*.

Dimana:

t_n : Normal Time t_c : Crash Time

C_n : Normal Cost C_c : Crash Cost

Bila waktu penyelesaian proyek lebih lama dari waktu normal dimana $t > t_n$, maka proyek akan terlambat, berarti biaya akan bertambah dan penggunaan sumberdaya menjadi tidak efektif. Bila waktu dipercepat dengan waktu dengan waktu penyelesaian kurang dari waktu normal dimana $t < t_n$, maka biaya juga akan meningkat karena jumlah sumber daya juga ditambah sesuai kebutuhan. Untuk mendapatkan keadaan demikian dilakukan

project crashing terhadap kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur kritis.

Untuk memperbaiki jadwal pada jaringan kerja di lintasan kritis digunakan *cost slope* terkecil dengan rumusan sebagai berikut:

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

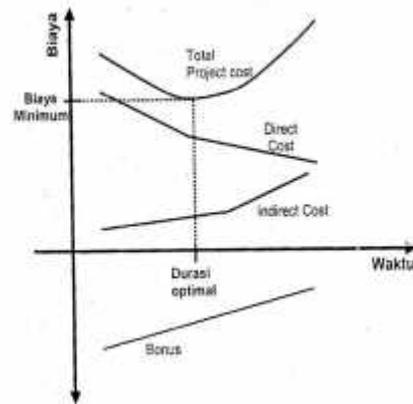
Dimana :

- Crash cost* = Biaya setelah percepatan
- Normal cost* = Biaya normal
- Normal time* = Durasi normal
- Crash time* = Durasi setelah percepatan

II.4 Least Cost Analysis

Least cost analysis adalah suatu analisa untuk memperoleh durasi proyek yang optimal, yaitu durasi dengan biaya total proyek yang minimal. Pada analisis ini, bila durasi proyek dipersingkat biasanya *direct cost* akan naik dan *indirect cost* akan turun. Sering pula diperhitungkan dengan adanya bonus bila hal ini dapat mempersingkat waktu penyelesaian proyek, sebagai penghargaan dari pemilik proyek (Husen, 2011).

Dalam melakukan perbaikan jadwal dengan menggunakan metode ini, tambahan biaya sebagai pertukaran antara biaya dengan waktu yang dipercepat adalah biaya totalnya, seperti di uraikan pada gambar berikut ini,



Gambar 2. Total project cost

Berdasarkan Gambar tersebut terlihat bahwa total proyek adalah *direct cost* + *indirect cost* - bonus, dimana nilai yang diambil adalah nilai total proyek terkecil sehingga durasi proyek yang lebih singkat didapat sebagai hasil dari proses *least cost analysis*.

Dalam proses ini dapat ditunjukkan bahwa *direct cost* akan cenderung naik seiring dengan berkurangnya durasi proyek, sebaliknya *indirect cost* akan cenderung menurun dengan berkurangnya durasi proyek. pengertian *direct cost* dan *indirect cost* sebagai berikut :

1. Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya yang berhubungan dengan konstruksi atau bangunan diantaranya ialah:
 - a. Biaya untuk bahan dan material.
 - b. Biaya untuk upah buruh dan labor.
 - c. Biaya untuk penggunaan peralatan.
2. Biaya tak langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi atau bangunan tetapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut, diantaranya adalah:
 - a. Biaya *overhead* proyek (dilapangan) yang terdiri dari:
 - 1) Biaya personil dilapangan.
 - 2) Fasilitas sementara proyek seperti biaya untuk

- pembuatan gudang kantor, penerangan, pagar, komunikasi, transportasi.
- 3) Garansi bank, bunga bank, izin bangunan, dan pajak.
 - 4) Peralatan kecil yang umumnya habis atau terbuang setelah proyek selesai.
 - 5) Foto-foto dan gambar jadi (*as build drawing*).
 - 6) Kualitas kontrol seperti tes tekan kubus atau silinder, sondir, dan boring.
 - 7) Rapat – rapat dilapangan.
 - 8) Biaya – biaya pengukuran.
- b. Biaya *overhead* kantor adalah biaya untuk menjalankan suatu usaha, termasuk didalamnya seperti sewa kantor dan fasilitasnya, honor pegawai, izin – izin usaha, prakualifikasi, referensi bank.
3. Biaya tak terduga adalah salah satu biaya tak langsung yaitu biaya untuk kejadian – kejadian yang mungkin terjadi atau mungkin tidak. Misalnya naiknya muka air tanah, banjir, longsornya tanah dan sebagainya.
 4. Keuntungan atau *profit*.
- Bonus biasanya akan diberikan pemilik proyek sebagai penghargaan atas pelaksanaan proyek yang lebih cepat kepada pengelola proyek dengan besaran yang terus membesar bila proyek dipercepat.

Sebagai kesimpulannya, untuk mempercepat durasi proyek dengan *project crashing* dibutuhkan tambahan biaya sebagai penggantinya, dengan langkah pertama melakukan tambahan biaya langsung (*direct cost*) dengan perbaikan jadwal pada lintasan kritis, setelah itu langkah kedua adalah melakukan *least cost analysis* dengan perhitungan biaya total proyek juga dengan perbaikan jadwal pada lintasan kritisnya. Adapun rumus total

biaya proyek dengan metode *Least Cost Analysis* sebagai berikut:

$Direct\ cost + Indirect\ cost - Bonus$

Dimana :

$Direct\ cost =$ Biaya Langsung

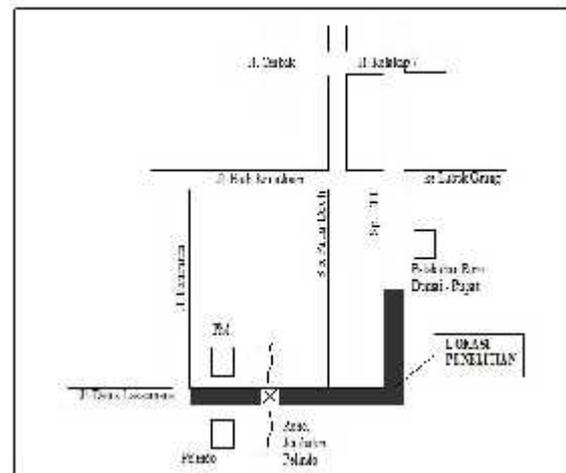
$Indirect\ cost =$ Biaya Tidak Langsung

$Bonus =$ Bonus

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini lokasi yang akan dijadikan sebagai bahan penelitian oleh peneliti adalah Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai. Lokasi penelitian proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai ini terletak dari Jalan Datuk Laksamana menuju ke Pelabuhan Roro Dumai-Rupat. Lokasi penelitian terdapat pada Gambar 3



Gambar 3. Lokasi penelitian.

III.2 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur atau studi kepustakaan yaitu studi yang di dapat dengan cara mempelajari buku-buku, jurnal, artikel-artikel, serta tulisan yang berkaitan dengan penelitian ini, Sedangkan sebagai penunjang yaitu data skunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung untuk bahan dan jenis yang sama dan masih berhubungan dengan penelitian, dan

pedoman lainnya yang sesuai dan relevan dengan penelitian ini.

III.3 Analisa Data

Besarnya durasi pelaksanaan pekerjaan suatu pembangunan akan berpengaruh langsung kepada biaya pelaksanaan. Dalam mengatasi besarnya durasi dan biaya pada pelaksanaan pekerjaan tersebut dapat dilakukan dengan beberapa metode yang akan meminimalisir besarnya waktu dan biaya penyelesaian pekerjaan tersebut. Dalam pembahasan penelitian ini penulis menggunakan beberapa metode yaitu Metode CPM untuk menentukan jaringan kerja dan lintasan kritis, *Project Crashing* dengan pertukaran silang waktu dan biaya dengan penambahan jam kerja (kerja lembur), dan menggunakan Metode *Least Cost Analysis* untuk mendapatkan waktu dan biaya yang optimal. Metode CPM adalah metode yang menghitung durasi pekerjaan dengan menggunakan *Network Planing* (jaringan kerja) dan dapat menentukan lintasan kritis pada proyek tersebut, *Project Crashing* (*crash* program) dengan penambahan jam kerja (lembur) adalah metode yang digunakan untuk memperpendek durasi dengan adanya pertukaran silang waktu dan biaya menggunakan kerja lembur sedangkan *Least Cost Analysis* adalah metode yang digunakan untuk menentukan durasi dan biaya yang optimal yaitu durasi dengan biaya total proyek yang minimal.

III.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Dalam penelitian ini penulis melakukan beberapa tahap pelaksanaan, adapun tahap – tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan langkah utama yang dilakukan yaitu, mempersiapkan gambaran tentang skripsi yang akan dilakukan serta memilih masalah yang pantas untuk diteliti.

kemudian mencari tempat atau lokasi penelitian yang akan dilakukan.

b. Pengumpulan data

Tahapan pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data – data yang diperlukan untuk penelitian. Diantaranya data sekunder dari PT. Harap Panjang tahun 2016 yaitu rancangan anggaran biaya (RAB), data daftar harga satuan upah dan bahan, *time schedule*, dan gambar proyek

c. Analisis Data

Pada tahap ini yang menggunakan teknik pengumpulan data yang didapat dari pihak kontraktor pelaksana. Dimana pada tahapan ini menggunakan metode CPM untuk menentukan jaringan kerja dan mendapatkan lintasan kritis, *project crashing* atau *crash* programan dengan pertukaran waktu dan biaya berdasarkan penambahan jam kerja (kerja lembur) untuk mendapatkan beberapa durasi dan biaya setiap kegiatan-kegiatan yang di *crash* dengan jaringan kerja CPM berdasarkan *cost slope* terkecil, selanjutnya menganalisis durasi dan biaya percepatan dengan metode *Least cost analysis* untuk mendapatkan pertambahan biaya percepatan yang minimum dimana percepatan dilakukan mulai dari kegiatan dengan nilai *cost slope* terkecil sampai percepatan mencapai batas waktu yang optimal.

d. Hasil dan pembahasan.

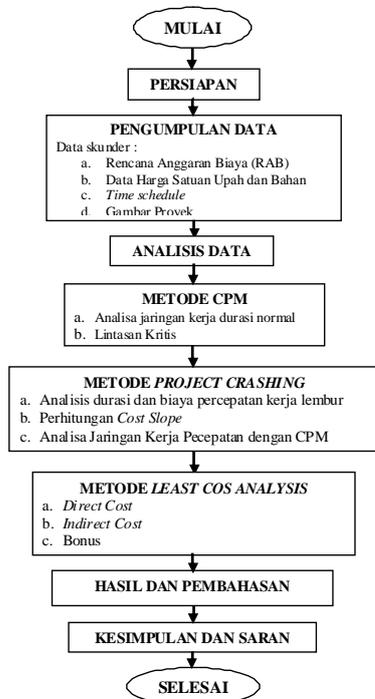
Dalam pembahasan ini di dapat hasil analisa data yang diperlukan. Hasil analisa data yang telah diolah tersebut dijabarkan dalam bentuk Tabel dan grafik, serta dilakukan pembahasan dengan memberikan penjelasan terhadap langkah-langkah dalam menganalisa data.

e. Kesimpulan dan saran

Setelah data dianalisis dan dibahas kemudian dapat dihasilkan kesimpulan dan saran yang merupakan hasil akhir dari sebuah penelitian tugas akhir, dan menjadi perbandingan kebijakan bagi peneliti. Dan mempunyai saran yang

bersifatnya pendukung untuk penelitian ini.

III.5 Bagan Alir Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Data Umum Proyek

Data umum dari Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai adalah sebagai berikut :

1. Nama Proyek: Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai
2. Paket Proyek : Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai
3. No Kontrak : 620/SPHS-BM/TING-LKD/214/2016
4. Nilai Kontrak :Rp10.413.889.000,00
5. Sumber Dana : APBN
6. Masa Pelaksanaan : 180 Hari Kalender
7. Tanggal Kontrak : 25 Mei 2016
8. Tahun Anggaran : 2016
9. Kontraktor : PT. Harap Panjang
10. Jenis Perkerasan : Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
11. Panjang Jalan : 1500 Meter

IV.2 Uraian pekerjaan

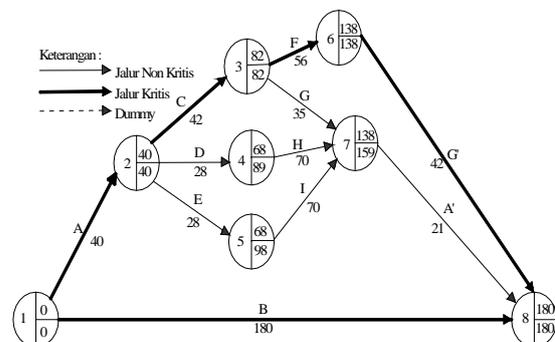
Lingkup kegiatan yang ada pada pekerjaan peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai dapat dilihat pada *Time Schedule* yang dibuat oleh kontraktor pelaksana, lingkup pekerjaan yang ada pada proyek adalah sebagai berikut:

1. Mobilisasi.
2. Manajemen dan keselamatan lalu lintas.
3. Timbunan biasa dari sumber galian.
4. Penyiapan badan jalan.
5. Lapis pondasi agregat kelas B.
6. Perkerasan beton semen.
7. Lapis pondasi bawah beton kurus.
8. Penyediaan unit pracetak gelagar box bentang 1 meter lebar 1 meter.
9. Pemasangan unit pracetak gelagar box bentang 1 meter lebar 1 meter.

IV.3 Analisis Jaringan Kerja Dengan CPM (*Critical Path Method*)

Dalam analisa ini jaringan kerja CPM pada Gambar 4 diperoleh lintasan kritis pada kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Mobilisasi
2. Penyiapan badan jalan
3. Manajemen dan keselamatan lalu lintas
4. Lapis pondasi agregat kelas B
5. Timbunan biasa dari sumber galian



Gambar 4. Jaringan Kerja CPM Durasi Normal

IV.4 Durasi Dan Biaya normal

Durasi normal dapat diketahui berdasarkan *time schedule* sedangkan biaya normal dapat dilihat pada RAB (rencana anggaran biaya). Untuk durasi dan biaya proyek berdasarkan setiap kegiatan pada Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai ditabulasikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Durasi Dan Biaya Proyek

Aktivitas Pekerjaan	Simbol	Durasi Pekerjaan (Hari)	Biaya Proyek (Rp)
Mobilisasi	A	40	43.369.619,81
Manajemen dan Keselamatan lalu Lintas	B	180	87.900.000,00
Penyiapan badan jalan	C	42	18.705.479,80
Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	D	28	45.000.000,00
Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	E	28	7.500.000,00
Lapis pondasi agregat kelas B	F	56	1.645.231.526,76
Timbunan biasa dari sumber galian	G	35	235.845.959,24
Lapis pondasi bawah beton kurus	H	70	1.113.442.764,84
Perkerasan beton semen	I	70	6.015.020.464,61
Timbunan biasa dari sumber galian	G'	42	235.845.959,24
Demobilisasi	A'	21	19.310.043,89
Total durasi dan biaya proyek		180	9.467.171.818,18

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa setiap kegiatan memiliki biaya normal masing-masing sesuai dengan RAB (rencana anggaran biaya) yang digunakan oleh kontraktor PT. Harap

Panjang pada Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai. Total keseluruhan biaya normal proyek berdasarkan durasi normal yaitu 180 hari kalender pada Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai senilai Rp 9.467.171.818,18.

IV.5 Project Crashing

Metode *Project Crashing* atau *Crash Program* dilakukan dengan pertukaran silang waktu dan biaya dengan menambah jam kerja (kerja lembur) yang meliputi perhitungan durasi dan biaya percepatan dengan kerja lembur, perhitungan *cost slope*, dan analisa jaringan kerja percepatan dengan CPM (*critical path method*).

A. Percepatan Durasi dan Biaya Percepatan

Durasi percepatan ditentukan dengan menambah jam kerja (kerja lembur). Waktu kerja normal adalah 6 hari per minggu, yaitu hari Senin sampai minggu, dan 7 jam perhari mulai pukul 08.00 – 16.00 WIB dengan waktu istirahat pukul 12.00 – 13.00 WIB. Waktu lembur dilakukan penambahan 2 jam kerja lembur dari pukul 17.00 – 19.00 WIB sehingga waktu kerja menjadi 9 jam sehari. Waktu kerja proyek bertambah dari 42 jam perminggu menjadi 54 jam perminggu. Hasil perhitungannya terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemendekan Durasi (Hasil Analisa)

Aktivitas Pekerjaan	Simbol	Durasi Normal (Hari)	Rencana Pemendekan Durasi (hari)	Pemendekan Durasi (hari)
Mobilisasi	A	40	0	0
Manajemen dan Keselamatan lalu Lintas	B	180	0	0
Penyiapan badan jalan	C	42	33	9
Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	D	28	0	0

Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	E	28	0	0
Lapis pondasi agregat kelas B	F	56	44	12
Timbunan biasa dari sumber galian	G	35	27	8
Lapis pondasi bawah beton kurus	H	70	54	16
Perkerasan beton semen	I	70	54	16
Timbunan biasa dari sumber galian	G'	42	33	9
Demobilisasi	A'	21	0	0
Total Pemendekan Durasi				70

Adanya jam kerja lembur terjadi peningkatan biaya akibat dari percepatan berdasarkan durasi normal dan biaya normal, hasil perhitungan terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Biaya Percepatan

Aktivitas Pekerjaan	Normal		Percepatan		
	waktu (hari)	Biaya (Rp)	waktu (hari)	Tambahan Biaya (Rp)	Total Biaya Percepatan (Rp)
Mobilisasi	40	43.369.619,81	0	0	43.369.619,81
Manajemen dan Keselamatan lalu Lintas	180	87.900.000,00	0	0	87.900.000,00
Penyiapan badan jalan	42	18.705.479,80	9	673.269,8	19.378.749,60
Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	28	45.000.000,00	0	0	45.000.000,00
Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	28	7.500.000,00	0	0	7.500.000,00
Lapis pondasi agregat kelas B	56	1.645.231.526,76	12	776.967,99	1.646.008.494,75
Timbunan biasa dari sumber galian	35	235.845.959,24	8	1.715.179,21	237.561.138,45

Lapis pondasi bawah beton kurus	70	1.113.442.764,84	16	17.913.732,92	1.131.356.497,76
Perkerasan beton semen	70	6.015.020.464,61	16	127.733.487,9	6.142.753.952,51
Timbunan biasa dari sumber galian	42	235.845.959,24	9	1.715.179,21	237.561.138,45
Demobilisasi	21	19.310.043,89	0	0	19.310.043,89
Total	180	9.467.171.818,18	70	150.527.817,03	9.617.699.635,22

Berdasarkan hasil perhitungan pemendekan durasi dengan kerja lembur diatas dapat dilihat terjadinya peningkatan biaya proyek apabila semua kegiatan proyek dipercepat. Biaya proyek dengan durasi normal 180 hari sebesar Rp 9.467.171.818,18 setelah dipercepat 70 hari biaya proyek sebesar Rp 9.617.699.635,22 terjadi persentase penambahan biaya sebesar 1,57%

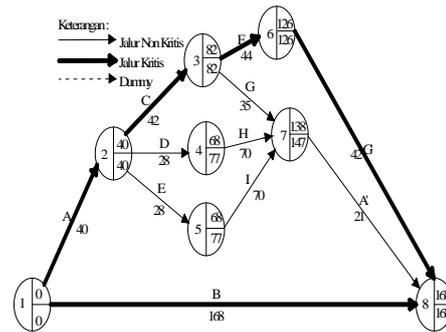
B. Perhitungan Cost Slope

Dalam perhitungan *cost slope* setiap kegiatan berdasarkan durasi normal, durasi percepatan, biaya normal, dan biaya percepatan diperoleh hasil perhitungan *Cost Slope* setiap kegiatan pada Tabel 4..

Tabel 4. Hasil Perhitungan Cost Slope

No	Kegiatan	Biaya Setelah Percepatan (Rp)	Cost Slope (Slope Biaya)
		a	b
1	Mobilisasi	43.369.619,81	-
2	Manajemen dan Keselamatan lalu Lintas	87.900.000,00	-
3	Penyiapan badan jalan	19.378.749,60	72.136,05
4	Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	45.000.000,00	-
5	Penyiapan unit pracetak gelagar box be tang 1,0 m lebar 1,0 m	7.500.000,00	-

6	Lapis pondasi agregat kelas B	1.646.008.494,75	62.434,93
7	Timbunan biasa dari sumber galian	237.561.138,44	220.523,04
8	Lapis pondasi bawah beton kurus	1.131.356.497,76	1.151.597,12
9	Perkerasan beton semen	6.142.753.952,51	8.211.438,51
10	Timbunan biasa dari sumber galian	237.561.138,44	183.769,20



Gambar 5. Jaringan Kerja Kegiatan F dipercepat.

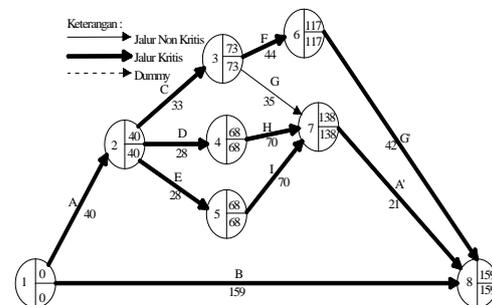
Berdasarkan Tabel 4 diatas dapat diketahui bahwa hasil *cost slope* terkecil terdapat pada kegiatan Lapis Pondasi Agregat Kelas B sebesar 62.434,93 dan dengan nilai *cost slope* terbesar terdapat pada kegiatan Perkerasan Beton Semen sebesar 8.211.438,51.

C. Analisa jaringan kerja dengan CPM (*Critical Path Method*) berdasarkan *cost slope* terkecil

Dalam analisa ini dipercepat kegiatan dengan jaringan kerja CPM pada kegiatan jalur kritis berdasarkan *Cost Slope* terkecil diperoleh analisa jaringan kerja CPM berikut:

1. Kegiatan Lapis Pondasi Agregat Kelas B (simbol kegiatan F)
Kegiatan F merupakan kegiatan dengan nilai *cost slope* terkecil sebesar Rp 62.434,93, jadi kegiatan ini yang pertama dipercepat. Kegiatan F dapat dipercepat 12 hari. Waktu pelaksanaan proyek menjadi $180-12 = 168$ hari. Kegiatan F sudah mencapai *crash limit*, berarti kegiatan F tidak bisa dipercepat lagi. Dengan kegiatan F dipercepat 12 hari tidak terdapat lintasan kritis baru. Untuk jaringan kerjanya dapat dilihat pada Gambar 5.

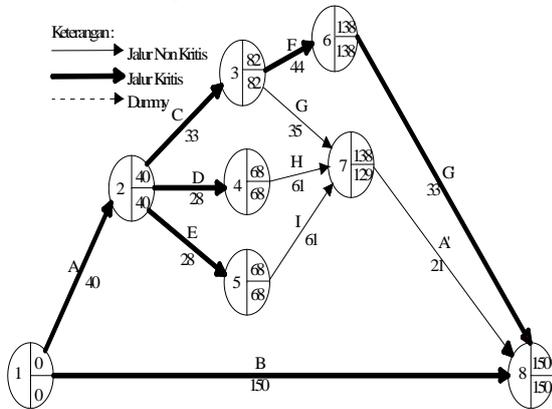
2. Kegiatan Penyiapan Badan Jalan (simbol kegiatan C)
Kegiatan C dapat dipercepat 9 hari dengan *cost slope* = Rp 75.571,10. Waktu pelaksanaan proyek menjadi $168 - 9 = 159$ hari. Kegiatan C mencapai *crash limit*, berarti kegiatan C sudah tidak dapat dipercepat lagi. Dengan kegiatan C dipercepat 9 hari, ternyata terbentuk lintasan kritis baru yaitu pada kegiatan D, E, H, I, A', adapun jaringan kerjanya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Jaringan Kerja Kegiatan C dipercepat

3. Timbunan Biasa Dari Galian Sumber Bahan (simbol kegiatan G')
Kegiatan G' dapat dipercepat 9 hari dengan *cost slope* sebesar Rp 192.520,12. Waktu pelaksanaan proyek menjadi $159 - 9 = 150$ hari. Kegiatan G' mencapai *crash limit*, dengan kegiatan G' dipercepat maka *float* pada kegiatan lintasan kritis A, D, H, A' dan lintasan Kritis A, E, I, A' bertambah, maka kegiatan H dan I masing pada lintasan tersebut

dipercepat 9 hari, untuk kegiatan A, D, E, A' pada lintasan kritis tersebut tidak dilakukan percepatan karena pada kegiatan ini tidak adanya percepatan durasi dengan kerja lembur. Untuk jaringan kerja dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Jaringan Kerja Kegiatan G' Dipercepat.

Berdasarkan jaringan kerja diatas diperoleh target percepatan dan hasil total biaya proyek dari proses *Project Crashing* berdasarkan *Cost Slope* terkecil disetiap kegiatan pada Tabel 5.

Tabel 5. Target percepatan dan Total biaya proyek

Target percepatan (hari)	Biaya Proyek (Rp)	Cost Slope (Rp)	Total Biaya Proyek (Rp)
a	b	c	d
180	9.467.171.818,18	-	9.467.171.818,18
168	9.467.171.818,18	62.434,93	9.467.234.253,11
159	9.467.234.253,11	72.136,05	9.467.306.389,16
150	9.467.306.389,16	9.546.804,83	9.476.853.193,98

Berdasarkan Tabel5 dapat diberikan keterangan bahwa dari durasi normal pada proyek peningkatan jalan lingkar kota dumai yaitu 180 hari dengan biaya langsung senilai Rp 9.467.171.818,18 setelah dilakukan analisa dengan *crash* program didapat durasi 150 hari dengan biaya proyek Rp 9.476.853.193,98.

IV.6 Optimalisasi waktu dan biaya dengan *Least Cost Analysis*

Total durasi dan biaya yang minimum Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai berdasarkan metode *Least Cost Analysis* ditabulasikan pada Tabel 5.6 dan perhitungannya dapat dilihat pada lampiran A-17. Dalam analisa ini direncanakan biaya tak langsung pengawas lapangan sebesar Rp 155.000,00 perhari dan bonus untuk percepatan durasi proyek sebesar Rp 200.000 perhari.

Tabel 6. Perhitungan waktu dan biaya dengan *Least Cost Analysis*

Target percepatan (hari)	Total Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tak Langsug (Rp)	Bonus (Rp)	Total Biaya (Rp)
A	b	c	d	e
180	9.467.171.818,18	27.900.000,00	-	9.495.071.818,18
168	9.467.234.253,11	26.040.000,00	2.400.000,00	9.490.874.253,11
159	9.467.306.389,16	24.645.000,00	4.200.000,00	9.487.751.389,16
150	9.476.853.193,98	23.250.000,00	6.000.000,00	9.494.103.193,98

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa waktu pelaksanaan proyek dengan total biaya percepatan yang minimum adalah 159 hari dengan total biaya adalah Rp 9.487.751.389,16 yang mana total biaya proyek dengan durasi 180 hari termasuk biaya tak langsung sebesar Rp 9.495.071.818,18. Hal ini menunjukkan bahwa waktu percepatan optimal adalah 180-159 = 21 hari, Sedangkan secara keseluruhan, total biaya setelah percepatan mengalami penurunan sebesar Rp 7.320.429,02. Persentase penurunan biaya sebesar 0,08%.

KESIMPULAN

Dari analisis dan perhitungan, setelah waktu pelaksanaan proyek dipercepat, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) diperoleh lintasan kritis pada Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai yaitu kegiatan Mobilisasi, Penyiapan Badan Jalan, Manajemen dan keselamatan lau lintas, Lapis pondasi agregat kelas B, dan Timbunan biasa dari sumber galian.
2. Setelah dilakukan *Project Crashing* berdasarkan *Cost Slope* terkecil pada setiap lintasan kritis diperoleh durasi percepatan pada proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai yaitu 150 hari dari durasi normal 180 hari, ternyata terjadi kenaikan Biaya Langsung Proyek dari Rp 9.467.171.818,18 menjadi Rp 9.476.853.193,98. Berarti terjadi kenaikan biaya sebesar Rp 9.681.375,80 atau naik sebesar 0,001 %.
3. Total Biaya Proyek secara keseluruhan yang terdiri dari Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung berupa Biaya Pengawasan dan Bonus Percepatan berdasarkan metode *Least Cost Analysis* didapat target percepatan proyek Peningkatan Jalan Lingkar Kota Dumai yang optimum 159 hari dengan biaya total proyek sebesar Rp 9.487.751.389,16 dari total biaya proyek 180 hari sebesar Rp 9.495.071.818,18 terjadi penurunan biaya sebesar Rp 7.320.429,02 atau sebesar 0,08 %

Dari analisa dan perhitungan menggunakan metode *Least Cost Analysis* ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan usaha percepatan suatu proyek dengan

pertimbangan yaitu bisa mendapatkan total pengeluaran biaya untuk pelaksanaan proyek secara keseluruhan yang besarnya paling minimum dan durasi yang optimal.

SARAN

Dalam perkembangan Tugas Akhir ini, pada penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. Melakukan percepatan durasi pelaksanaan proyek dengan metode yang berbeda, misalnya dengan penambahan tenaga kerja. Bandingkan pertambahan biayanya dengan yang melakukan kerja lembur, manakah yang lebih minimum.
2. Menggunakan software seperti *Microsoft Project*, Primavera atau yang lainnya untuk melakukan perbandingan hasil analisis percepatan dengan perhitungan manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Djojowiriono Sugeng, 1991, "*Manajemen Konstruksi*", Edisi Keempat, Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil FT UGM, Yogyakarta
- Dahlan, Ahmad, 1997, "*Microsoft Project 2000*", Gramedia, Jakarta.
- Dipohusodo Istimawan, 1996, "*Manajemen Konstruksi*", Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Dipohusodo, I., 1996. "*Manajemen Proyek & Konstruksi Jilid 1 dan 2*", Kanisius, Yogyakarta.
- Ervianto, I. W., 2002 "*Manajemen Proyek Konstruksi*", Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Hardiyanta, Yudi, 2010, "*Optimalisasi Waktu Dan Biaya Pekerjaan Dengan Metode Least Cost Analysis (Studi Kasus Pembangunan Dan Perluasan Kantor Bupati Kalungkung) Optimum Pada Proyek Konstruksi*", Tugas Akhir, Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar.
- Husen, Abrar, 2011, "*Manajemen Proyek*", Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.

- Maulidaini, 2010, “ *Optimalisi Biaya Menggunakan Metode Least Cost Analysis (Studi Kasus Proyek Pembangunan Perumahan Puri Cempaka Type 64/105) Optimum Pada Proyek Konstruksi*”, Tugas Akhir, Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.
- Pratama, Fikri, 2016, “ *Optimalisasi Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Proyek Pembangunan Kantor Dinas Peternakan Kabupaten Bone Bulango*”, Tugas Akhir, Teknik Sipil UNDIP Semarang.
- Saldjana, 1995, “*Studi Dampak Keterlambatan Proyek Terhadap Peningkatan Biaya, Tesis*”, Teknik Sipil ITB, Bandung.
- Soeharto, I, 1995, “*Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*”, Jilid I & II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1997, “*Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*”. Erlangga, Jakarta.
- Soeharto Iman, 1999, “*Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*”, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.