

ANALISIS EFEKTIVITAS JADWAL DAN BIAYA MELALUI PENAMBAHAN TENAGA KERJA PADA PERCEPATAN PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG *GRAND SUNKONO LAGOON* SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER *POM-QM FOR WINDOWS*

Much. Nur Hidayatuloh

Mahasiswa S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Alamat e-mail : nrhidayatuloh@gmail.com

Hasan Dani

Dosen S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Keterlambatan adalah hal yang seringkali terjadi dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, namun hal ini dapat diatasi dengan melakukan percepatan/*crashing* pada pekerjaan yang terlambat, metode yang seringkali digunakan dalam melakukan percepatan adalah dengan metode *Time-cost trade off* (TCTO). Metode ini dapat diartikan dengan pertukaran waktu dan biaya, dimana pada saat percepatan biaya langsung akan semakin bertambah seiring dengan percepatan yang dilakukan dan biaya tak langsung akan berkurang seiring dengan percepatan waktu yang dilakukan, maka dari itu perlu dicari dimana waktu paling efektif atau dalam hal ini dapat diartikan dengan biaya termurah dari percepatan yang dilakukan. Dalam penelitian ini percepatan dilakukan guna mempercepat pelaksanaan proyek *Grand Sungkono Lagoon* Surabaya, dan percepatan yang dilakukan adalah penambahan tenaga kerja. Dari analisis penambahan tenaga kerja yang dilakukan didapat biaya total proyek paling efektif adalah sebesar sebesar Rp. 134.246.568.640,- dari biaya total proyek normal sebesar Rp. 134.777.446.958,- atau berkurang Rp. 530.878.318,- yang terjadi pada waktu kerja 1074 hari atau berkurang 83 hari dari durasi normal sebesar 1157 hari dengan melakukan penambahan 3 tenaga kerja pembesian dan tidak ada penambahan pada pekerjaan bekisting.

Kata Kunci: penambahan tenaga kerja, percepatan, *time-cost trade off*.

Abstract

Delays are often the case in the execution of construction work, but this can be overcome by accelerating / crashing on late work, a method often used in crashing is by Time-cost trade off (TCTO) method. This method can be interpreted with the exchange of time and cost, which at the time of acceleration of direct costs will increase along with the acceleration made and the indirect costs will decrease along with the acceleration of time is done, therefore it is necessary to find where the most effective time or in this case can be interpreted at the cheapest cost of crashing done. In this research, acceleration is done to accelerate the implementation of the Grand Sungkono Lagoon Surabaya project, and the acceleration is the addition of manpower. From the analysis of the addition of labor done the most cost effective total project is amounted to IDR. 134.246.568.640,- of the total project cost is normal at IDR. 134.777.446.958, - or decreases IDR. 530.878.318, - occurring at the time of work 1074 days or 83 days decreased from the normal duration of 1157 days by adding 3 laborers and no additions to the formwork work.

Keywords: labor increase, acceleration, *time-cost trade off*.

PENDAHULUAN

Keterlambatan merupakan hal yang seringkali terjadi didalam pelaksanaan proyek sehingga jadwal/waktu yang sudah ditentukan menjadi tidak efektif, begitu pula dengan biaya yang sudah dikeluarkan menjadi tidak efektif. Sedangkan dari pihak *owner* sering kali mengalami kendala karena proyek yang dikerjakan oleh kontraktor tidak kunjung selesai dari jadwal yang telah ditentukan. Maka dari itu sering kali dilakukan berbagai percepatan oleh kontraktor guna mempercepat pengerjaan

proyek, salah satu percepatan yang sering dilakukan adalah penambahan tenaga kerja. Tentu kita tahu bahwa terkadang penambahan tenaga kerja ternyata juga mampu membuat pengeluaran atau pembiayaan pada proyek menjadi membengkak. Sehingga antara penjadwalan dan biaya yang dikeluarkan menjadi tidak efektif.

Untuk itu penulis melakukan penelitian untuk mengetahui keefektifan penambahan tenaga kerja dalam suatu proyek pembangunan. Pada penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan *tower Caspian* dan *Mall* pada proyek pembangunan gedung *Grand Sungkono Lagoon*.

Dalam penelitian ini rumusan masalah yaitu, berapa banyak penambahan tenaga kerja yang optimal? Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penambahan tenaga kerja yang optimal untuk penyelesaian proyek. Dan Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Penambahan tenaga kerja yang dilakukan adalah penambahan tukang dan pekerja dimana asumsi/dasar penambahan didapat dari produktivitas pekerjaan, yang dilihat pada laporan harian pekerjaan selama pelaksanaan proyek.

2. Sumber daya, dalam hal ini tenaga kerja dianggap tidak terbatas, guna memenuhi kebutuhan dalam proyek.

Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada.

Biaya proyek merupakan biaya yang dikeluarkan dalam masa proyek. Biaya proyek terdiri dari Biaya Langsung dan Biaya Tidak langsung.

1. Biaya Langsung

Menurut Iman Soeharto biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek.

2. Biaya Tidak Langsung

Sedangkan biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisor, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam proses pembangunan proyek (Iman Soeharto, 1999).

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Untuk *monitoring* proyek dengan menggunakan kurva S, diperlukan satu unit satuan pekerjaan yang seragam agar dapat dihitung secara mudah karena unit masing-masing pekerjaan berbeda, maka semua satuan tersebut disatukan dalam bobot % dengan satuan seragam dalam bentuk biaya.

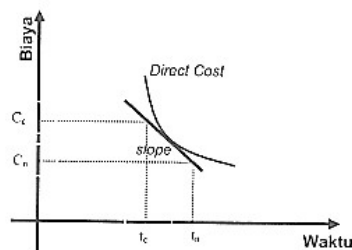
Time-cost trade off adalah metode yang digunakan untuk mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada saat pelaksanaan seperti durasi penyelesaian yang tidak sesuai dengan durasi kontrak, terjadi keterlambatan pada pelaksanaan kegiatan proyek, atau mempercepat jadwal proyek karena menghindari cuaca buruk pada sisa waktu proyek. Sebagai konsekuensi dari penyesuaian durasi proyek lebih cepat, biasanya adalah dengan menambah

biaya, berupa biaya: *direct cost* dan *indirect cost* (Abrar Husen, 2011).

Dalam metode *Time-cost trade off* ada beberapa langkah sebagai berikut (Abrar Husen, 2011):

1. *Project crashing*

Menurut Abrar Husen dalam Manajemen Proyek *Project crashing* adalah langkah yang dilakukan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dan biaya. Konsekuensi *project crashing* adalah meningkatnya biaya langsung. Sedangkan *Crashing* menurut Wulfram I. Eriyanto 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, guna mempercepat durasi pekerjaan yang akan berpengaruh dengan waktu penyelesaian proyek.



Gambar 1 Hubungan Biaya-Waktu dengan *Direct cost*

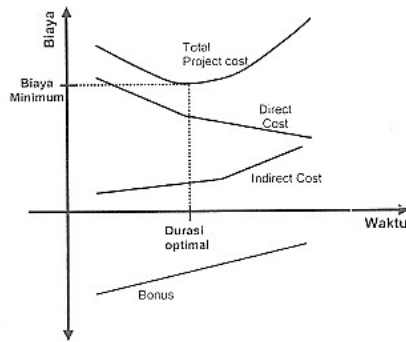
Sumber: *Manajemen Proyek*, Abrar Husen, 2011

Dalam *Project crashing* bila waktu penyelesaian proyek lebih lama dari waktu normal, maka proyek akan terlambat, yang berarti biaya bertambah dan penggunaan sumber daya menjadi tidak efektif. Bila waktu dipercepat dengan waktu penyelesaian kurang dari waktu normal, maka biaya juga akan meningkat karena jumlah sumber daya ditambah sesuai kebutuhan. Untuk mendapatkan keadaan demikian dilakukan *project crashing* terhadap kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Abrar Husen, 2011).

2. *Least cost analysis*

Least cost analysis adalah suatu analisis 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 adanya *bonus* bila hal ini dapat mempersingkat waktu penyelesaian proyek, sebagai penghargaan dari pemilik proyek.

Untuk melakukan perbaikan jadwal dengan menggunakan metode ini, tambahan biaya sebagai pertukaran antara biaya dengan waktu yang dipercepat adalah biaya totalnya seperti diuraikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Total Project Cost

Sumber: Manajemen Proyek, Abrar Husen, 2011

Dari Gambar 2 terlihat bahwa biaya total proyek adalah $\text{direct cost} + \text{indirect cost} - \text{bonus}$, di mana nilai optimal yang diambil adalah nilai total proyek terkecil sehingga durasi proyek yang lebih singkat didapat sebagai hasil dari proses *Least cost analysis*.

Dalam proses ini juga dapat ditunjukkan bahwa *direct cost* akan cenderung naik seiring dengan berkurangnya durasi proyek, sebaliknya *indirect cost* akan cenderung menurun dengan berkurangnya durasi proyek. *Bonus* biasanya akan diberikan oleh pemilik proyek sebagai penghargaan atas pelaksanaan proyek yang lebih cepat kepada pengelola proyek dengan besaran yang terus membesar bila proyek dipercepat.

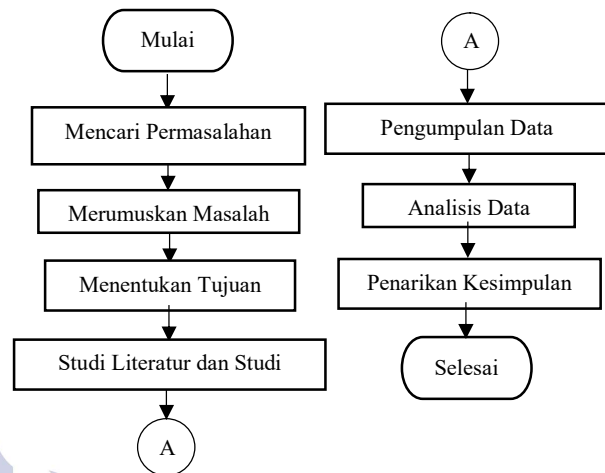
QM adalah kepanjangan dari *Quantitatif method* yang merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam bidang produksi dan manajemen operasi yang bersifat kuantitatif. *POM-QM* merupakan program komputer yang digunakan untuk membantu dalam operasi-operasi riset penelitian, persoalan metode kuantitatif, dan manajemen sains. Dalam penelitian ini program linear tersebut dapat digunakan dalam melakukan *crashing* pada metode TCTO.

METODE

Jenis penelitian ini adalah berpendekatan deksriptif kuantitatif sebab penelitian ini banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dan hasilnya. Pada penelitian ini langkah-langkah yang digunakan seperti yang terlihat pada Gambar 3. Lokasi penelitian secara umum berada di kota Surabaya tepatnya di KH Abdul Wahab Siamin No 10, Surabaya. Dan sasaran penelitian pada penelitian ini adalah pekerjaan pembangunan gedung *Caspian* dan *Mall* pada proyek *Grand Sungkono Lagoon*.

Variabel dan Definisi Operasional

1. Variabel Dependen : Biaya, dan Waktu



Gambar 3 Diagram Alir

Variabel Dependen atau Variabel terikat merupakan variabel yang dapat terpengaruh oleh perubahan variabel lain, dalam hal ini variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah Biaya dan Waktu.

a. Biaya adalah sebuah pengeluaran yang dikeluarkan demi mendapatkan sesuatu yang diinginkan. Biaya dalam hal ini merupakan biaya yang dikeluarkan guna mencapai tujuan proyek termasuk biaya langsung maupun tak langsung.

b. Waktu adalah Kamus Besar Bahasa Indonesia (1997) adalah seluruh rangkaian saat ketika proses, perbuatan, atau keadaan berada atau berlangsung. Dalam hal ini, skala waktu merupakan interval antara dua buah keadaan/kejadian, atau bisa merupakan lama berlangsungnya suatu kejadian.

2. Variabel Independen : Penambahan Tenaga Kerja Variabel Independen atau Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi hasil dari variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini merupakan penambahan tenaga kerja yang dilakukan dalam penelitian. Penambahan tenaga kerja adalah penambahan yang dilakukan pada proyek *Grand Sungkono Lagoon* pekerjaan pembangunan gedung *Caspian* dan *Mall*, penambahan dalam hal ini merupakan penambahan pekerja serta tukang dalam pekerjaan yang dipercepat.

Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan jenis instrument non-test karena salah satu teknik pengumpulan data yang digunakan adalah menggunakan *interview* atau wawancara, observasi, dan dokumentasi untuk mengumpulkan data.

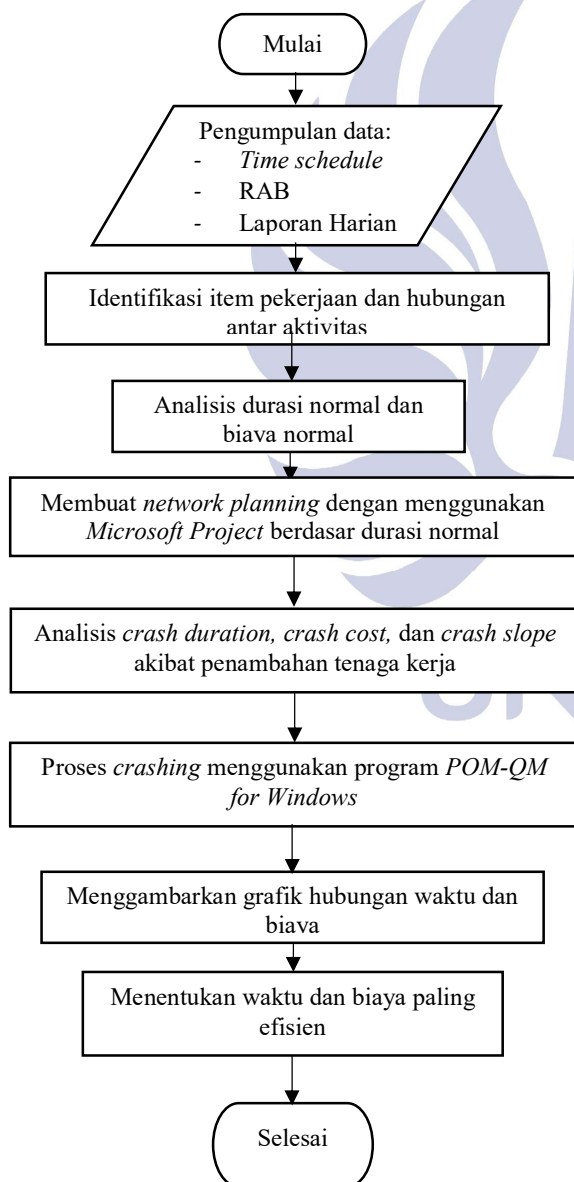
Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data.

Data sekunder diperoleh dari kontraktor pelaksana Proyek *Grand Sungkono Lagoon* pekerjaan pembangunan gedung *Caspian* dan *Mall*. Untuk memperoleh data penelitian tersebut digunakan tiga jenis metode yaitu: Observasi (Pengamatan), Wawancara, Dokumentasi.

Teknik Analisis Data

Dalam Penelitian, analisis data merupakan kegiatan setelah data dari seluruh responden atau sumber data lain terkumpul. Analisis dan pengolahan data juga merupakan bagian penting dalam metodologi ilmiah, karena dengan dianalisis dan diolah, data tersebut dapat diberi arti dan makna yang berguna dalam memecahkan masalah penelitian. Tahapan-tahapan dalam metode analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Alir Analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Proyek

Proyek Pembangunan *Grand Sungkono Lagoon* merupakan sebuah proyek pembangunan sebuah *superblock* yang terletak pada Jl. KH Abdul Wahab Siamin No 10, Surabaya. Pembangunan proyek ini terdiri dari 4 *tower apartement* dan 1 buah *mall*. Sedangkan *Caspian* merupakan *tower* kedua dari sebuah kawasan ini dimana *tower* ini terdiri dari 50 lantai dan 3 *Basement*, yang memiliki luas total proyek sebesar 51.455 m². Proyek pembangunan *tower Caspian* dimulai per tanggal 1 September 2016 dan diharapkan selesai pada tanggal 16 April 2018.

Identifikasi Aktivitas Pekerjaan

Langkah awal dalam penerapan metode *Time-cost trade off* adalah identifikasi aktivitas pekerjaan. Setelah mengidentifikasi item pekerjaan, kemudian akan dilakukan analisis hubungan antar aktivitas berdasarkan logika ketergantungan antar aktivitas yang selanjutnya akan dibuat daftar aktivitas pekerjaan. Daftar aktivitas pekerjaan proyek Pembangunan *Tower Caspian* yang contoh tabelnya dapat dilihat pada Tabel 1 yang didapat berdasarkan data proyek.

Biaya dan Durasi Normal

1. Biaya Normal

Biaya normal merupakan biaya yang dibutuhkan guna menyelesaikan proyek selama kurun waktu/durasi normal. Biaya dalam proyek Pembangunan *Tower Caspian*–Proyek Pembangunan Gedung *Grand Sungkono Lagoon* Surabaya terdiri atas biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*).

a. Biaya Langsung

Dalam Proyek Pembangunan *Tower Caspian*–Proyek Pembangunan Gedung *Grand Sungkono Lagoon* Surabaya yang termasuk dalam perhitungan biaya langsung adalah biaya upah tenaga kerja, upah bahan, serta upah peralatan. Biaya langsung Proyek dalam penelitian ini diambil dari rincian Rencana Anggaran Biaya dalam dokumen proyek Pembangunan *Tower Caspian*–Proyek Pembangunan Gedung *Grand Sungkono Lagoon* Surabaya. Berikut diambil contoh perhitungan biaya langsung untuk item pekerjaan pembesian pelat lantai GF.

Contoh perhitungan pekerjaan pembesian pelat lantai GF (III.1.e.ii):

Volume pekerjaan = 74.525,94 kg

Harga Satuan Pekerjaan = Rp. 8.700,00/kg, yang

dapat diuraikan sebagai berikut:

Koef	Sat.	Uraian	Harga	Harga Sat.
1,030	kg	Besi Beton	Rp 7.290,00	Rp 7.508,70
0,018	kg	Kawat Beendrat	Rp 14.950,00	Rp 269,10

Durasi normal merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan aktivitas pekerjaan dengan cara normal tanpa adanya usaha-usaha percepatan yang dilakukan sehingga mengakibatkan penambahan biaya langsung proyek dari biaya awal yang direncanakan. Durasi normal tiap aktivitas pekerjaan proyek ini diambil dari alokasi durasi setiap aktivitas pekerjaan pada

schedule rencana pelaksanaan proyek Pembangunan *Tower Caspian*–proyek Pembangunan Gedung *Grand Sunkono Lagoon* Surabaya. Durasi Normal tiap aktivitas pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 2 yang didapat dari data input pada *Microsoft Project* pada proyek.

Tabel 2 Durasi Normal Aktivitas Pekerjaan

NO	URAIAN	DURASI	PREDESESOR
595	LT-6	43 days	
596	ZONE-T.1	36 days	
597	PEK. BALOK & SLAB	12 days	
598	Pengecoran	1 day	599FF:600FF
599	Pembesian	8 days	600SS+4 days
600	Bekisting	11 days	566
601	PEK. KOLOM	5 days	
602	Pengecoran	1 day	603FF:604FF
603	Pembesian	4 days	598
604	Bekisting	3 days	603SS+2 days
605	PEK. CORE WALL	4 days	
606	Pengecoran	1 day	607FF:608FF
607	Pembesian	1 day	579SF
608	Bekisting	2 days	607SS+2 days
609	PEK. TANGGA	2 days	
610	Pengecoran	1 day	611FF:612FF
611	Pembesian	1 day	612
612	Bekisting	1 day	633

(sumber:Data Proyek)

3. Pembuatan *Network planning* dan *Barchart* dari Durasi Normal

Setelah mengetahui hubungan antar aktivitas pekerjaan serta durasi normal dari masing-masing aktivitas, maka langkah selanjutnya adalah membuat jaringan kerja (*network planning*) pada kondisi normal dengan menggunakan alat bantu berupa *software Microsoft Project*. Pembuatan *network planning* ini bertujuan untuk mengetahui secara cepat dan tepat perkiraan total durasi/waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek, serta mengetahui lintasan kritis yang mungkin terjadi untuk kemudian dilakukan percepatan guna mempersingkat waktu pekerjaan. Dalam analisis *network planning* ini digunakan beberapa asumsi sebagai berikut:

- 1) Jam kerja yang dipakai adalah 8 jam/hari.
- 2) Dalam 1 minggu dipakai 7 hari kerja.

Dari analisis *network planning* menggunakan *Microsoft Project* didapat bahwa total durasi proyek pada kondisi normal adalah 1157 hari kerja.

Analisis Percepatan Proyek

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis percepatan yang akan dilakukan pada aktivitas pekerjaan

proyek. Analisis percepatan ini akan digunakan untuk menghitung produktivitas tambahan per hari yang selanjutnya akan digunakan sebagai patokan untuk menghitung kompresi maksimal tiap item pekerjaan yang mungkin dapat dipercepat. Pada penelitian ini usaha percepatan yang dilakukan adalah penambahan tenaga kerja. Pemakaian alternatif percepatan dengan penambahan tenaga kerja didasarkan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Jam kerja diasumsikan 8 jam per hari, yaitu dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB

2. Penambahan tenaga kerja yang dilakukan pada pekerjaan pembesian dan bekisting mulai dari Lantai 6 hingga Lantai Roof karena pada pekerjaan ini dianggap lebih baik apabila dilakukan penambahan tenaga kerja.

3. Penambahan tenaga kerja digunakan penambahan 1 hingga 5 tenaga kerja (tukang besi) pada pekerjaan pembesian dan 1 hingga 5 tenaga kerja (tukang kayu) pada pekerjaan bekisting serta simulasi dari kedua penambahan tenaga kerja di atas.

4. Dianggap tidak ada kesulitan dalam mendatangkan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proyek, sehingga tidak ada perhitungan biaya tambah guna mendatangkan tenaga kerja proyek baru.

Perhitungan Produktivitas Normal

Produktivitas normal merupakan kemampuan tenaga kerja untuk menyelesaikan pekerjaan berdasarkan durasi normal tanpa adanya tambahan usaha atau alternatif percepatan lainnya. Produktivitas harian normal ini akan dijadikan patokan untuk menghitung produktivitas *crashing* yang mempengaruhi besarnya kompresi waktu dan biaya pada analisis *Time-cost trade off*. Produktivitas normal dihitung dari persamaan berikut:

$$\text{Produktivitas normal} = (\text{Volume pekerjaan}) / (\text{Durasi normal})$$

Pada perhitungan ini volume dari Tabel 1 diubah untuk dimasukkan pada Tabel 6, dikarenakan pada Tabel 1 volume pekerjaan dibagi per item pekerjaan dan untuk didapat durasi penjadwalan dicari volume pekerjaan per zona area. Berikut merupakan contoh perhitungan produktivitas harian normal contoh perhitungan untuk pekerjaan pembesian balok & slab lantai 6, didapat volume sebagai berikut:

Pekerjaan Pembesian

Pelat lantai	16.821,14	Kg
Balok	25.046,49	Kg
Kolom	22.766,67	Kg
Shearwall	4.423,22	Kg
Tangga	1.579,96	Kg

Untuk mendapat volume pekerjaan pembesian balok & slab didapat dari jumlah volume pekerjaan Pelat lantai dan Balok, sehingga didapat volume total sebagai berikut:

Pembesian 41.867,63 Kg

Volume diatas merupakan volume total, untuk mendapat volume tiap zona area maka volume diatas dibagi menjadi 2 karena untuk pekerjaan lantai 6 terbagi menjadi 2 zona area kerja.

ZONE-T.1

PEK. BALOK & SLAB

Pembesian 20.933,82 Kg

ZONE-T.2

PEK. BALOK & SLAB

Pembesian 20.933,82 Kg

Sehingga didapat Produktivitas normal seperti perhitungan dibawah ini:

Volume pekerjaan = 20.933,82 Kg

Durasi normal= 8 Hari

Produktivitas normal = $(20.933,82) / 8$
= 2.616,73 Kg/Hari

Perhitungan Produktivitas Harian setelah Percepatan

Produktivitas harian setelah percepatan merupakan kemampuan tenaga kerja untuk menyelesaikan pekerjaan setelah adanya usaha mempercepat durasi pekerjaan. Dari alternatif percepatan yang sudah didapat, perhitungan produktivitas harian setelah percepatan dapat dihitung berdasar produktivitas harian normal ditambah dengan pertambahan produktivitas perhari dari hasil percepatan. Pada perhitungan ini dibutuhkan data jumlah tenaga kerja normal yang ada pada proyek, pada proyek ini diketahui bahwa jumlah tenaga kerja tukang besi adalah sebanyak 20 orang, dan jumlah tenaga kerja grup bekisting adalah 7 orang. Berikut merupakan contoh perhitungan produktivitas harian setelah percepatan, contoh perhitungan pada pekerjaan pembesian balok & slab lantai 6 zone-T1 dengan penambahan 3 tenaga kerja tukang besi:

Volume Pekerjaan	= 20.933,82 Kg
Durasi Normal	= 8 Hari
Prod. Harian Normal	= 2.616,73 Kg/Hari
Tenaga Kerja Normal	= 20 Orang
Prod. Tenaga Kerja Normal	= $2.616,73 / 20$ = 130,84 Kg/Orang/Hari
Penambahan Tenaga Kerja	= 3 Orang
Prod. Tambah Tenaga Kerja	= $130,84 \times 3$ = 392,51 Kg/3 Orang/Hari
Prod. Harian Crashing	= $2.616,73 + 392,51$ = 3.009,24 Kg/Hari

Perhitungan Crash Duration dan Crash Cost

Setelah didapat produktivitas harian *crashing*, maka langkah selanjutnya adalah menghitung *crash duration* dan *crash cost*. Perhitungan *crash duration* ini digunakan untuk mendapatkan batasan waktu maksimal suatu aktivitas pekerjaan mampu untuk dilakukan *crashing*

sesuai dengan alternatif percepatan yang dilakukan, sedangkan perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari *slope* biaya masing-masing aktivitas pekerjaan. Berikut merupakan contoh perhitungan *crash duration* dan *crash cost* pada pekerjaan pembesian balok & slab lantai 6 zone-T1 dengan penambahan 3 tenaga kerja tukang besi:

Volume Pekerjaan	= 20.933,82 Kg
Durasi Normal	= 8 Hari
Harga Pekerjaan	= Rp. 182.124.200,39,-
Harga Satuan Pekerjaan	= Rp. 8.700,-/Kg
Harga Satuan Upah	= Rp. 930,-/Kg
Tenaga Kerja Normal	= 20 Orang
Tambah Tenaga Kerja	= 3 Orang
Upah/Pekerja	= $930 / 20$ = Rp. 46,5/Kg/Orang
Upah Tambah Tenaga Kerja	= $46,5 \times 3$ = Rp. 139,5 /Kg/3 Orang
Harga Satuan setelah Crashing	= $8.700 + 139,5$ = Rp. 8.839,5 /Kg
Crash Cost	= $20.933,82 \times 8.839,5$ = Rp. 185.044.467,74
Prod. Crashing	= 3.009,24 Kg/Hari
Crash Duration	= $20.933,82 / 3.009,24$ = 7 Hari

Perhitungan Time-cost trade off

1. Input Data dan Proses Crashing dengan POM-QM

Setelah didapat semua data yang dibutuhkan untuk crashing menggunakan POM-QM yaitu *predesor*, *normal cost*, *normal duration*, *crash cost* dan *crash duration*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *crashing* menggunakan POM-QM. Pada langkah disini dirasa cukup sulit dikarenakan input data pada POM-QM hanya bisa maksimal 90 data, sedangkan data pada proyek ini bisa lebih dari 1000 data, maka dari itu data yang akan dimasukkan ke POM-QM adalah data tiap lantai, untuk mendapatkan *crash duration* tiap lantai maka tiap *trial* datanya dimasukkan ke *Microsoft Project*, dan untuk data *crash cost* di ambil dari jumlah total tiap lantai.

2. Perhitungan Biaya Tak Langsung Akibat Crashing

Adanya pengurangan durasi proyek maka akan mengakibatkan penambahan biaya langsung (*direct cost*), namun biaya tak langsung proyek (*indirect cost*) akan berkurang. Biaya tak langsung proyek menurut sifatnya dibagi menjadi 2, yaitu *fix cost* dan *variable cost*. *Fix cost* merupakan biaya tak langsung yang besar biayanya tidak terpengaruh oleh durasi pelaksanaan proyek. *Fix cost* dapat terdiri dari biaya fasilitas sementara proyek, biaya uji bahan/kontrol kualitas, dan lain-lain. Untuk biaya tak langsung *fix cost* didapat sebesar Rp. 6.729.265.000

dengan Besar biaya pekerjaan persiapan & *site management* sebesar Rp. 460.902.200, yang terdiri dari jalan masuk tempat kerja dan jalan sementara, pekerjaan pembersihan area *external & internal* selama dan sesudah konstruksi, pekerjaan pengukuran dan *bowplank*, akomodasi rapat lapangan, saluran sementara, biaya pengujian bahan, pembuatan dokumen kontrak, gambar kerja (*shop drawing*), gambar terlaksana (*as built drawing*) & *manual*. Dan untuk biaya peralatan didapat sebesar Rp. 6.268.362.800, demobilisasi alat, 2 unit *tower crane* r.50 termasuk *erection, dismantling*, pondasi pancang, *passenger hoist double* termasuk *erection, dismantling*.

Sedangkan, biaya tak langsung *variable cost* merupakan biaya tak langsung yang besar biayanya terpengaruh oleh durasi pelaksanaan proyek. *Variable cost* sendiri dapat terdiri dari biaya konsumsi listrik bulanan, biaya sewa komputer, dan lain-lain. Untuk biaya tak langsung *variable cost* didapat biaya sebesar Rp. 13.435.743.600 atau Rp. 11.612.570 perharinya dengan pekerjaan persiapan & *site management* yang terdiri dari *Project Management* dan Biaya Administrasi Proyek, Pembuatan Laporan Bulanan, Foto kemajuan proyek, Peralatan K3 + jaring pengaman, Keamanan Proyek, Air kerja, Listrik kerja, Sarana komunikasi, didapat sebesar Rp. 6.948.275.800 yang biaya perharinya adalah sebesar Rp. 6.005.424. Biaya peralatan yang terdiri dari Genset *Tower Crane* termasuk BBM (Pakai *Power Listrik*), Genset *Passenger Hoist* termasuk BBM (Pakai *Power Listrik*), Peralatan dan perlengkapan kerja, Peralatan Ringan Operasional (Mobil, *Truck, Pick Up, Sepeda Motor*), didapat sebesar Rp. 5.896.331.500 yang biaya perharinya didapat sebesar Rp. 5.096.224. Untuk biaya bangunan *temporary* yang terdiri dari *Site Office* Kontraktor, *Site Office* MK + *Owner Team*, Gudang material, bahan dan los kerja, didapat sebesar Rp. 429.404.000 dan perharinya sebesar Rp. 371.136. *Project insurance* yang terdiri dari astek / jamsostek *staff & pekerja*, didapat biaya sebesar Rp. 161.732.300 atau Rp. 139.786 perharinya.

berdasarkan uraian di atas, maka total biaya tak langsung selama percepatan dapat dihitung dengan rumus berikut:

Biaya tak langsung = *fix cost* + (*variable cost* x *durasi pelaksanaan*)

Berikut merupakan contoh perhitungan total biaya tak langsung:

Durasi normal	= 1157 hari
Durasi percepatan	= 1074 hari
Fix cost	= Rp. 6.729.265.000,-
Variable cost	= (13.435.743.600,-)/1157
	= Rp. 11.612.570,-/hari
Total biaya tak langsung	= Rp. 6.729.265.000+

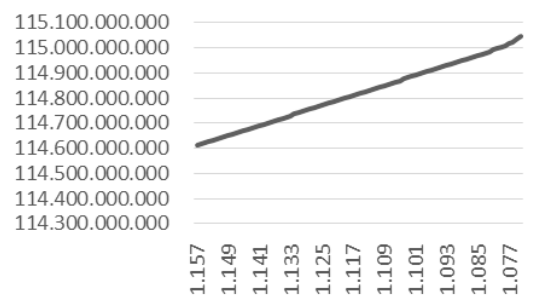
$$\begin{aligned} & (\text{Rp. } 11.612.570 \times 1074) \\ & = \text{Rp. } 19.201.165.282,- \end{aligned}$$

Analisis Penentuan Waktu-Biaya Optimum

Setelah mendapat semua data kompresi waktu serta biaya yang dibutuhkan, maka selanjutnya adalah menghitung waktu dan biaya optimum dari crashing yang dilakukan. Untuk mengetahui lebih dalam dari hasil crashing yang dilakukan salah satu caranya adalah dengan membuat tabel dengan rumusan sebagai berikut:

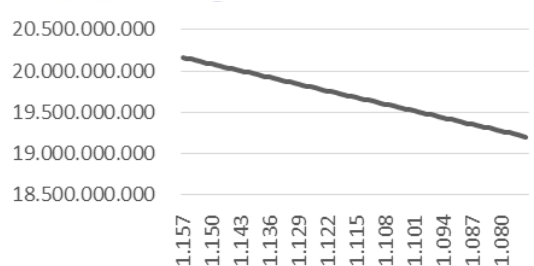
Total Cost = *Direct cost* + *Crash Cost* + *Indirect Crash Cost*

Dari perhitungan menggunakan rumus tersebut didapat biaya total proyek paling efektif/murah dari semua simulasi penambahan tenaga kerja yang ada, adalah pada penambahan 3 tenaga kerja pembesian dan tidak ada penambahan pada pekerjaan bekisting, maka dibuat grafik hubungan waktu dan biaya langsung dan biaya tak langsung proyek serta total biaya proyek, seperti yang terlihat pada Gambar 5 hingga Gambar 7.



Gambar 5 Grafik Hubungan Waktu dan Biaya Langsung

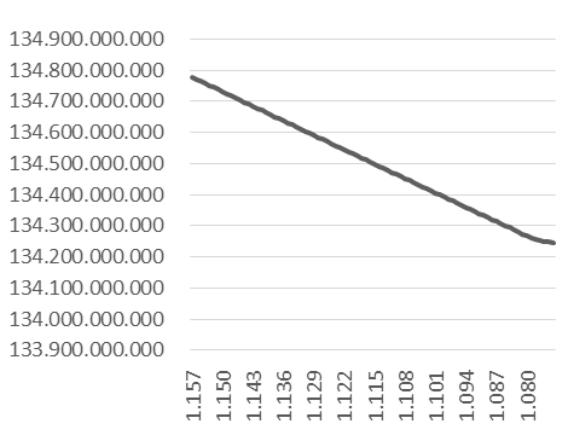
Dari Gambar 5 dapat kita lihat apabila waktu pengerjaan proyek semakin dipersingkat maka biaya langsung pada proyek tersebut akan semakin meningkat/bertambah. Pertambahan perhari pada saat dipersingkat dapat berkisar sekitar Rp. 4.891.392 hingga Rp. 10.302.500 perharinya.



Gambar 6 Grafik Hubungan Waktu dan Biaya Tak Langsung

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa grafik bergerak menurun, hal ini dikarenakan apabila waktu pengerjaan proyek semakin dipersingkat maka biaya tak langsung proyek akan menurun/berkurang. Pengurangan perhari

pada saat dipersingkat dapat berkisar sekitar Rp. 6.729.265.000 perharinya.



Gambar 7 Grafik Hubungan Waktu dan Biaya Total

Dari Gambar 7 didapat grafik lebih cenderung menurun, hal ini dikarenakan penurunan biaya akibat pengurangan biaya tak langsung lebih besar perharinya yaitu berkisar sekitar Rp. 6.729.265.000 perharinya dibanding dengan penambahan biaya langsung yang berkisar sekitar Rp. 4.891.392 hingga Rp. 10.302.500 perharinya, sehingga grafik cenderung turun namun pada akhir grafik dapat dilihat bahwa penurunan grafik menjadi semakin landai, hal ini dikarenakan kumulatif penambahan biaya langsung berimbang atau bahkan semakin besar jika dibanding dengan pengurangan pada biaya tak langsung.

Dari analisis penentuan waktu dan biaya optimum diatas maka dapat diketahui bahwa durasi pelaksanaan Pembangunan *Tower Caspian*–Proyek Pembangunan Gedung *Grand Sungkono Lagoon* Surabaya dapat dipercepat secara optimum menjadi 1074 hari atau berkurang 83 hari dari durasi normal sebesar 1157 hari dengan melakukan penambahan 3 tenaga kerja pembesian dan tidak ada penambahan pada pekerjaan bekisting, akibat adanya penambahan tenaga kerja tersebut maka biaya langsung proyek bertambah dari Rp. 114.612.438.358,- menjadi Rp. 115.045.403.358,- atau bertambah sebesar Rp. 432.965.000,- sedangkan pada biaya tak langsung mengalami pengurangan dari Rp. 20.165.008.600,- menjadi Rp. 19.201.165.282,- atau berkurang sebesar Rp. 963.843.318,- sehingga total biaya proyek untuk percepatan optimum ini adalah sebesar Rp. 134.246.568.640,- dari biaya total proyek normal sebesar Rp. 134.777.446.958,- atau berkurang Rp. 530.878.318,- pada penambahan ini durasi yang didapat merupakan durasi paling maksimal, sehingga pada Gambar 6 grafik tidak kembali keatas dan durasi dan biaya yang didapat merupakan durasi dan biaya paling maksimal.

PENUTUP

Simpulan

Pada kegiatan proyek pelaksanaan Pembangunan *Tower Caspian*–Proyek Pembangunan Gedung *Grand Sungkono Lagoon* Surabaya dari analisis penentuan waktu dan biaya optimum maka dapat diketahui bahwa durasi pelaksanaan Pembangunan *Tower Caspian*–Proyek Pembangunan Gedung *Grand Sungkono Lagoon* Surabaya dapat dipercepat secara optimum menjadi 1074 hari atau berkurang 83 hari dari durasi normal sebesar 1157 hari dengan melakukan penambahan 3 tenaga kerja pembesian dan tidak ada penambahan pada pekerjaan bekisting, akibat adanya penambahan tenaga kerja tersebut maka biaya langsung proyek bertambah dari Rp. 114.612.438.358,- menjadi Rp. 115.045.403.358,- atau bertambah sebesar Rp. 432.965.000,- sedangkan pada biaya tak langsung mengalami pengurangan dari Rp. 20.165.008.600,- menjadi Rp. 19.201.165.282,- atau berkurang sebesar Rp. 963.843.318,- sehingga total biaya proyek untuk percepatan optimum ini adalah sebesar Rp. 134.246.568.640,- dari biaya total proyek normal sebesar Rp. 134.777.446.958,- atau berkurang Rp. 530.878.318,-

Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah:

1. Lakukan analisis lain dari percepatan, misalkan mengkombinasikan antara penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur), menggunakan metode kerja serta alat kerja lain yang lebih efisien, atau melakukan kombinasi antara penambahan tenaga kerja, jam lembur, dan metode kerja atau alat yang lebih efisien.
2. Pada analisis *crashing* yang dilakukan pada *POM-QM* usahakan pekerjaan yang diinput pada *POM-QM* kurang dari 90 macam pekerjaan, karena pada *POM-QM* maksimal macam pekerjaan yang diinput adalah sebanyak 90 pekerjaan.
3. Usahakan pada *input POM-QM predesesor* yang dimasukkan lebih detail, guna mendapatkan hasil *crashing* yang lebih detail, namun juga harus diperhatikan bahwa pekerjaan yang diinput tidak boleh lebih dari 90 macam pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chusairi, Moch. 2015. *Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B Smpn Baru Siwalankerto*, (Online), (<http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/11827.html>), Diakses 2 Januari 2017)

*ANALISIS EFEKTIVITAS JADWAL DAN BIAYA MELALUI PENAMBAHAN TENAGA KERJA PADA PERCEPATAN
PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG GRAND SUNKONO LAGOON SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN
PROGRAM LINIER POM-QM FOR WINDOWS*

Ervianto, Wulfram I. 2004. *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Andi.

Husen, Abrar. 2011. *Manajemen Proyek*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Andi.

Pradikta, Hendrawan Martha dan Purti, Yusroniya Eka. *Analisa Time Cost-Trade Off Pada Pembangunan Perluasan Rumah Sakit Petrokimia Gresik*, (Online), (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-39180-3110100032-Paper.pdf>, Diakses 2 Januari 2017)

Setiawan, Bagus Budi. 2012. *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off(TCTO) pada Proyek Pembangunan Gedung di Jakarta*, (Online), (<https://jurnal.umi.ac.id/index.php/konstruksia/article/download/255/231>, Diakses 2 Januari 2017)

Suharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jilid Pertama. Jakarta: Erlangga.

Suharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*, Jilid Kedua, Jakarta: Erlangga.

—, (<http://grandsungkonolagoon.com>, Diakses 16 Januari 2018)

—, (<http://grandsungkonolagoon.com/tower/caspian>, Diakses 16 January 2018)

