

## Analisa Pengendalian Ulang Penjadwalan Proyek Pembangunan Gudang X dan Y Menggunakan Siklus DMAIC

Dewi Muliyanah<sup>1</sup>, Hadi Setiawan<sup>2</sup>, Sirajuddin<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa<sup>1,2,3</sup>

dewi.muliyanah@yahoo.co.id<sup>1</sup>, hadi\_s@ft-untirta.ac.id<sup>2</sup>, sirajd\_udin@ft-untirta.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAK

*PT. XYZ merupakan industri jasa pelabuhan dengan berbagai macam pelayanan, salah satu jasa pelayanannya yaitu pergudangan. Kebutuhan gudang yang meningkat untuk penyimpanan barang sebelum dikirim ketempat tujuan, membuat PT. XYZ melakukan pembangunan gudang baru yaitu proyek pembangunan gudang x dan y. Proyek pembangunan gudang x dan y dibangun pada akhir tahun 2010. Pada pembangunan gudang x dan y, PT. XYZ menggunakan jasa konsultan dan kontraktor dalam pengerjaan proyeknya. Dalam pengerjaan proyek yang telah dilaksanakan oleh konsultan dan kontraktor didapat pengerjaan proyek yang tidak tepat waktu yang tidak sesuai dengan perencanaan jadwal proyek yang telah disepakati oleh pihak PT. XYZ dan konsultan. Rencana penjadwalan proyek pembangunan yaitu 150 hari kalender dengan waktu tambahan (adendum) 24 hari kalender. Dalam aktual penjadwalan, pengerjaan proyek baru dapat diselesaikan pada ke-167 hari kalender sehingga menggunakan waktu tambahan (adendum) 17 hari kalender dari 24 hari kalender waktu tambahan (adendum). Keterlambatan waktu dalam pengerjaan proyek dikarenakan berbagai permasalahan – permasalahan proyek, karena pentingnya proyek dalam perusahaan, maka akan dilakukan analisa pengendalian ulang penjadwalan proyek pembangunan gudang x dan y pada PT. XYZ. Pengendalian ulang penjadwalan proyek ini akan menggunakan siklus DMAIC dengan metode CPM (Critical Path Methode) dan kurva-S. Tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan tiga usulan alternatif penjadwalan proyek yang di-crashing dengan biaya anggaran proyek yang berbeda dan akan dipilih penjadwalan proyek yang terbaik dengan pertimbangan waktu dan biaya serta kurva-s yang membantu menghitung progress proyek, mengetahui rencana anggaran biaya yang diperlukan setiap kegiatan dan didapat presentase setiap kegiatan sehingga dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan. Hasil pengendalian ulang penjadwalan proyek yang terbaik dari tiga alternatif usulan yang dipilih yaitu usulan alternatif yang kedua yaitu kegiatan A-O-Q-R dengan durasi pekerjaan 136 hari dengan biaya percepatan Rp19.987.485, 00 yang menghasilkan rencana anggaran biaya Rp23.369.838.084,78, hasil usulan penjadwalan yang terbaik diharapkan kedepannya bisa menjadi usulan untuk proyek – proyek yang akan datang.*

**Kata Kunci :** *Proyek, Penjadwalan Proyek, Siklus DMAIC, CPM (Critical Path Methode), Kurva-S*

### PENDAHULUAN

Proyek adalah prioritas utama bagi setiap perusahaan yang berdampak signifikan untuk pencapaian *profit* dalam waktu jangka panjang. Dalam sebuah proyek dibutuhkan sebuah manajemen yang baik agar proyek dapat berjalan dengan baik pula. Dalam kaitan ini, PT. XYZ merupakan industri jasa pelabuhan dengan berbagai macam pelayanan, salah satu jasa pelayanannya yaitu pergudangan. Kebutuhan gudang yang meningkat untuk penyimpanan barang sebelum dikirim ketempat tujuan, membuat PT. XYZ melakukan pembangunan gudang baru yaitu proyek pembangunan gudang x dan y. Proyek pembangunan gudang x dan y dibangun pada akhir tahun 2010. Pada pengerjaan proyek gudang x dan y didapat pengerjaan

proyek yang tidak tepat waktu, sehingga penelitian ini akan melakukan pengendalian ulang penjadwalan proyek dengan mengambil objek proyek yang telah selesai dikerjakan dikarenakan proyek yang telah selesai dikerjakan dapat dianalisa apa yang menjadi penyebab keterlambatan proyek karena sudah didapat data rencana dan aktual proyek sehingga diketahui penyimpangan apa saja yang terjadi pada rencana dan aktual proyek. penyimpangan yang terjadi antara rencana dan aktual dapat dilakukan pengendalian ulang untuk mengoptimalkan sumber daya sehingga dapat dimaksimalkan secara efektif dan efisien. Pengendalian ulang proyek ini dilakukan karena pentingnya proyek perusahaan bagi perusahaan, sehingga dilakukan pengendalian ulang dengan metode yang berbeda dengan menghasilkan tiga usulan alternatif penjadwalan.

Pembangunan gudang x dan y merupakan milik PT. XYZ yang menggunakan jasa konsultan dan kontraktor dalam pengerjaan proyeknya. Rencana penjadwalan pembangunan proyek yaitu 150 hari kalender dengan waktu tambahan (*adendum*) 24 hari kalender. Dalam aktual penjadwalannya, pengerjaan proyek baru dapat diselesaikan pada ke-167 hari kalender sehingga menggunakan waktu tambahan (*adendum*) 17 hari kalender dari 24 hari kalender waktu tambahan (*adendum*). Keterlambatan dalam pengerjaan proyek ini dikarenakan berbagai hambatan dalam pengerjaan proyek. Pengendalian ulang penjadwalan proyek ini akan menggunakan siklus *DMAIC* dengan metode CPM (*Critical Path Methode*) dan kurva-S. Siklus *DMAIC* merupakan sebuah siklus *improvement* yang digunakan untuk meningkatkan, mengoptimasi dan menstabilkan desain dan proses bisnis pada suatu perusahaan. Banyaknya permasalahan dalam proyek ini, maka siklus *DMAIC* dapat digunakan untuk melakukan analisa mengenai usulan penjadwalan proyek dengan memperhatikan permasalahan – permasalahan proyek, karena siklus *DMAIC* memiliki tahapan dalam melakukan perbaikan. Tahapan siklus *DMAIC* yaitu menentukan masalah (*Define*), pengukuran atau perhitungan (*Measure*), menganalisa masalah (*Analyze*), perbaikan (*Improve*) dan pengendalian (*Control*). Pada tahap pengendalian (*Control*) tidak dilakukan karena pengendalian adalah hak perusahaan yang menentukan. Dalam tahap pengukuran atau perhitungan (*Measure*) menggunakan metode CPM (*Critical Path Methode*) dan kurva-S. Dalam manajemen proyek terdapat dua metode dalam pengendalian proyek yaitu metode CPM (*Critical Path Methode*) dan metode PERT (*Evaluation and Review Technique*). Metode CPM dan PERT memiliki perbedaan. Perbedaan pertama, CPM menggunakan satu jenis waktu untuk taksiran waktu kegiatan sedangkan PERT menggunakan tiga jenis waktu yaitu prakiraan waktu teroptimis, termungkin, dan terpesimis. Perbedaan kedua, CPM digunakan taksiran waktu pengerjaan setiap aktifitas diketahui dengan jelas dan pasti waktu pengerjaannya sedangkan PERT digunakan saat taksiran waktu aktifitas tidak dapat dipastikan seperti aktifitas tersebut belum pernah dilakukan atau bervariasi waktu yang besar. Perbedaan ketiga, CPM menganggap proyek terdiri dari peristiwa susul menyusul. Perbedaan terakhir yang mampu diidentifikasi adalah PERT dengan berbasiskan statistik memberikan peluang hadirnya ketidakpastian. Karena proyek yang diteliti merupakan proyek konstruksi yang dapat diketahui taksiran penyelesaian pengerjaannya secara pasti sehingga metode CPM ini dapat digunakan untuk pengendalian ulang penjadwalan proyek karena data setiap kegiatan dapat diketahui secara pasti.

*Input*-an data yang digunakan yaitu data rencana anggaran biaya proyek, waktu rencana penjadwalan, kurva-s rencana proyek, aktualisasi proyek, gambar proyek dan permasalahan dalam proyek. Dengan metode CPM (*Critical Path Methode*) ini akan menggunakan perhitungan manual dan *software Microsoft Project* yang menghasilkan jalur kritis. Jalur

kritis yang didapatkan akan di *Crashing* sehingga menghasilkan *output* tiga usulan alternatif penjadwalan proyek dengan biaya anggaran proyek yang berbeda dan akan dipilih penjadwalan proyek yang terbaik dengan pertimbangan waktu dan biaya serta kurva-s yang membantu menghitung *progress* proyek, mengetahui rencana anggaran biaya yang diperlukan setiap kegiatan dan didapat *presentase* setiap kegiatan sehingga dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan. Hasil perencanaan penjadwalan dan pengendalian ulang proyek yang terbaik, diharapkan kedepannya bisa menjadi usulan untuk proyek – proyek yang akan datang.

## METODE PENELITIAN

Penelitian membutuhkan tahapan atau alur yang jelas, terarah dan terencana dengan baik agar dicapai hasil penelitian dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini yaitu tahap persiapan (Identifikasi) merupakan langkah paling awal dalam melakukan penelitian. Dalam tahap ini kegiatannya lebih kepada kegiatan administratif dan konsultasi kepada pihak-pihak yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan serta ditentukan pula metode yang akan digunakan. Metode pengumpulan data yaitu *Interview* disebut juga dengan metode wawancara, yaitu suatu metode pengumpulan data yang dilakukan melalui tanya jawab secara langsung dengan sumber data. Hasil wawancara didapat data variabel tetap yang dibutuhkan meliputi kurva-S proyek perusahaan, data rencana anggaran biaya (RAB) proyek dan data rencana penjadwalan.

Data variabel atribut yang dibutuhkan meliputi gambar proyek, foto dokumentasi proyek dan permasalahan-permasalahan proyek. Kemudian metode dokumentasi yaitu salah satu bentuk pengumpulan data yang paling mudah, karena peneliti hanya mengamati benda mati dan apabila mengalami kekeliruan mudah untuk merevisinya karena sumber datanya tetap. Selanjutnya tahap perhitungan dan analisis. Setelah semua persiapan dan data yang diperlukan terpenuhi maka selanjutnya yaitu melakukan pengendalian ulang penjadwalan proyek menggunakan siklus *DMAIC*.

Tahap pertama yaitu menentukan masalah (*Define*), Tahap kedua yaitu perhitungan (*Measure*) membuat jaringan kerja atau *network* proyek menggunakan metode CPM (*Critical Path Methode*) dan kurva-s. metode CPM (*Critical Path Methode*) merupakan metode yang menggunakan satu angka estimasi durasi kegiatan tertentu (deterministik) atau perkiraan waktu (durasi) tunggal untuk setiap aktivitas (*Single Duration Estimate*). Metode ini digunakan apabila durasi pekerjaan dapat diketahui dengan akurat. Metode CPM menggunakan pola jaringan terpadu (*Network Planning*) yang terdiri dari serangkaian kegiatan satu dengan lainnya yang dimaksudkan untuk mendapatkan efisiensi kerja yang maksimal. Kurva-s pada proyek digunakan untuk dapat menghitung *progress* proyek, mengetahui biaya yang diperlukan setiap kegiatan dan didapat

*presentase* setiap kegiatan. Kurva-S adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Kemajuan kegiatan biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan. Pembuatan kurva-s menggunakan *software microsoft excel*. Dari kurva-s didapat anggaran biaya proyek yang dibutuhkan. Pada perhitungan jaringan *network CPM (Critical Path Methode)* akan didapatkan jalur kritis. Jalur kritis tersebut di *Crashing* dengan tiga alternatif penjadwalan proyek dengan menggunakan kembali metode CPM (*Critical Path Methode*) dengan perhitungan biaya *crashing* yang menghasilkan rencana anggaran biaya yang berbeda. Dari tiga alternatif *crashing* akan dipilih penjadwalan proyek yang terbaik yang mempertimbangkan waktu dan biaya. Setelah didapat hasil dari pengolahan data yaitu melakukan analisa dan pembahasan dengan tahap selanjutnya yaitu tahap analisa (*Analyze*), perbaikan (*Improve*) dan pengendalian (*Control*) yang akan dilaporkan kepada pihak perusahaan penelitian. Tahap terakhir penarikan kesimpulan dan saran. Penarikan kesimpulan dan saran diambil setelah diketahui hasil dari analisa penjadwalan dan rencana anggaran biaya. Maka dapat disimpulkan pengendalian ulang penjadwalan proyek yang baik dengan waktu yang optimal, kualitas yang maksimal dan biaya yang minimal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan hasil dari pengolahan data akan menggunakan siklus *DMAIC* yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*.

### *Define* (Menentukan Masalah)

#### Proses Pelaksanaan Proyek

Proyek pembangunan gudang X dan Y ini merupakan milik PT. XYZ selaku pemberi tugas atau *Owner* proyek. PT. XYZ menggunakan jasa konsultan yaitu PT. X dan Jasa Kontraktor PT. Y. Luas Pembangunan gudang X yaitu  $60 \times 168 \text{ m}^2$  dan luas gudang Y yaitu  $42 \times 162 \text{ m}^2$ . Jadi, luas total pembangunan gudang yaitu  $16.884 \text{ m}^2$ . Mulai pekerjaan proyek yaitu tanggal 21 Juli 2010, waktu pelaksanaan dibatasi 150 hari kalender dengan *addendum* 24 hari kalender. Nilai kontrak proyek sebesar Rp. 23.500.000.000.

#### Hambatan Proyek

Hambatan dalam melaksanakan proyek pembangunan gudang tertutup PT. XYZ terdapat beberapa hambatan dari tahap perencanaan sampai dengan pelaksanaan fisik adalah sebagai berikut:

1. Tahap perencanaan
  - a. Kondisi tanah tanah dilokasi yang akan direncanakan adalah tanah reklamasi. Kondisi tanah semacam ini mempunyai

- potensi terjadinya penurunan pada lapisan 1 meter sampai dengan 6 meter
    - b. Perubahan tapak dan masa bangunan Dalam KAK (Kerangka Acuan Kerja) tapak dan masa bangunan gudang tertutup adalah satu unit, namun dalam pelaksanaannya dirubah menjadi dua masa bangunan gudang. Hal ini menyesuaikan dengan kondisi lahan yang ada.
    - c. Masalah anggaran proyek Perencanaan sesuai KAK ternyata dari estimasi biaya yang dihitung anggarannya cukup besar.

#### 2. Tahap pelelangan (*Procurement*)

Dalam tahap ini permasalahan yang ada sebagai berikut:

- a. Sistem pelelangan yang diambil adalah dua tahap yaitu memakai sistem prakualifikasi untuk menjangkau calon rekanan (daftar pendek) yang benar – benar mampu dan berkompeten dalam bidangnya.
  - b. Lahan belum siap pakai karena masih banyak tumpukan material dan kendaraan truk angkutan antri untuk *loading* dan *unloading* (bongkar muat) disekitar gudang *existing*.

#### 3. Tahap pelaksanaan

Dalam tahap pelaksanaan ini beberapa masalah yang timbul antara lain:

- a. Adanya komplain dari PT. ABC (yang lokasinya bersebelahan dengan proyek) mengenai penggunaan alat pancang. PT. ABC bahwa hasil produksinya akan mengalami retak – retak dan jatuh dari tumpukan saat pelaksanaan pemancangan berlangsung.
  - b. Amblasnya tiang pancang untuk gudang X pada daerah sisi PT. ABC rata 2-3 meter dari muka tanah
  - c. Adanya bekas *block* beton dibawah tanah yang menghalangi tiang pancang saat pemancangan. Blok beton tersebut berukuran lebih kurang  $10 \times 15 \text{ m}$  dengan tebal +5
  - d. Peralatan *crane* untuk *erection* kontruksi baja yang terbatas dan sering rusak
  - e. Cuaca ekstrim yang terjadi antara bulan september 2010 sampai dengan nopember 2010

#### Pendefinisian Permasalahan Proyek

Berdasarkan hambatan proyek didapatkan permasalahan proyek yaitu ketidaktepatan waktu dalam pelaksanaan proyek yang tidak sesuai rencana proyek 150 hari kalender dengan *addendum* 24 hari. Dalam pelaksanaan proyek melewati masa 150 hari kalender sehingga konsultan menggunakan *addendum* yang telah disepakati yaitu sebanyak 17 hari sehingga waktu aktual proyek yaitu 167 hari dengan masa pemeliharaan 90 hari kalender. Oleh karena itu, Permasalahan proyek akan dianalisa dan dilakukan pengendalian ulang penjadwalan proyek pembangunan gudang X dan Y menggunakan siklus *DMAIC*. Pengendalian ulang penjadwalan proyek menggunakan metode *Critical Part Network* untuk mencari jalur kritis. Jalur kritis yang didapatkan akan di *Crashing* dengan tiga alternatif dan anggaran rencana biaya yang berbeda yang akan

didapatkan hasil penjadwalan proyek terbaik dengan mempertimbangkan waktu dan biaya dengan penjadwalan proyek perusahaan.

**Measure (Pengukuran)**

**Perhitungan CPM (Critical Path Methode) dan Kurva-s Rencana Penjadwalan Proyek**

Pada tahap pengukuran diselesaikan dengan menggunakan metode CPM (Critical Path Network). Dalam memecah proyek untuk menentukan jalur kritis, maka digunakan dua perhitungan untuk masing-masing kegiatan, yaitu *forward pass* dan *backward pass*. Hitungan maju ES (*earlist start*) mencari waktu mulai tercepat sedangkan hitungan mundur digunakan untuk mencari nilai waktu selesaiterlama LF (*latest finish*). Di bawah ini dapat menjelaskan hasil dari perhitungan mundur yang telah diperoleh.

**Tabel 1. Nama Kegiatan, Waktu dan Kegiatan yang mendahului**

No	Nama kegiatan	Waktu (Hari)	Kegiatan yang mendahului
A	Pekerjaan Persiapan	14	
B	Pekerjaan pondasi gudang 1 dan 2	14	A
C	Pekerjaan struktur beton dan baja gudang 1 dan 2	105	B
D	Pekerjaan angkur dan balok pinggir gudang 1 dan 2	46	B
E	Pekerjaan elektrik	20	D
F	Pekerjaan kusen, jendela, pintu masuk utama, pintu dorong gudang 1	9	D
G	Pekerjaan kuda-kuda gudang 1	21	D
H	Pekerjaan kusen, jendela, pintu masuk utama, pintu dorong gudang 2	7	D
I	Pekerjaan kuda-kuda gudang 2	19	D
J	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 1	9	F
K	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 2	7	H
L	Pekerjaan atap, gording, saluran	14	E
M	Pekerjaan elektrik dan mekanikal	14	G,J,I,K
N	Pekerjaan rabat saluran	10	L,M
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1	7	C,N
P	Pekerjaan plester, aci dinding bata, dan pengecatan gudang 2	8	C,N
Q	Pekerjaan pengecatan gudang 1	7	O
R	Pembersihan tahap akhir	3	P,Q

Jalur kritis dapat ditentukan dari simpul kejadian yang mempunyai waktu mulai tercepat ES(*earlist start*) yang sama dengan waktu selesai terlama LF(*latest finish*) dan ditunjukkan pada garis sama dengan yaitu:

- ES1 = LF1      ES5   LF5      ES9   LF9
- ES2 = LF2      ES6   LF6      ES10 = LF10
- ES3 = LF3      ES7   LF7      ES11 = LF11
- ES4   LF4      ES8   LF8      ES12 = LF12
- ES13 = LF13

Maka yang merupakan jalur kritis adalah :  
**A-B-C-O-Q-R**

Selanjutnya adalah membuat Kurva-s. Data yang diperoleh merupakan data biaya proyek keseluruhan dari volume total yang pada akhirnya menghasilkan pembobotan pada tiap-tiap kegiatan.

**Tabel 2. Rencana Anggaran Biaya Penjadwalan Proyek**

No	KEGIATAN	BIAYA	BOBOT (%)
<b>1</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>		
A	Pekerjaan Persiapan	Rp266.042.951	1,13306
R	Pembersihan tahap akhir	Rp25.000.000	0,10647
<b>2</b>	<b>GUDANG 1</b>		
	<b>PEKERJAAN PONDASI</b>		
B	Pekerjaan pondasi	Rp799.133.002	3,40347
C	Pekerjaan struktur beton	Rp4.795.307.557	20,423
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata dan kolom beton	Rp194.727.942	0,82934
Q	Pekerjaan pengecatan dinding bata dan kolom beton	Rp91.044.000	0,38775
	<b>PEKERJAAN STRUKTUR BAJA</b>		
D	Pekerjaan angkur dan balok pinggir	Rp663.600.396	2,82624
G	Pekerjaan kuda-kuda	Rp2.977.367.788	12,6805
L	Pekerjaan atap dan gording	Rp3.049.330.646	12,987
	<b>PEKERJAAN KUSEN</b>		
F	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong	Rp232.042.608	0,98826
J	Pekerjaan tralis bovenlich	Rp104.400.000	0,44463
<b>3</b>	<b>GUDANG 2</b>		
	<b>PEKERJAAN PONDASI</b>		
B	Pekerjaan pondasi	Rp399.043.119	1,69951
C	Pekerjaan struktur beton	Rp3.458.645.781	14,7302
P	Pekerjaan plester dan pengecatan	Rp245.431.656	1,04528
	<b>PEKERJAAN STRUKTUR BAJA</b>		
I	Pekerjaan kuda-kuda	Rp2.423.759.142	10,3227
L	Pekerjaan atap dan gording	Rp2.260.939.599	9,62924
	<b>PEKERJAAN KUSEN</b>		
H	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong	Rp232.042.608	0,98826
K	Pekerjaan tralis bovenlich	Rp100.800.000	0,4293
<b>4</b>	<b>PEKERJAAN SALURAN DAN RABAT</b>		
L	Pekerjaan saluran		
N	Pekerjaan rabat	Rp245.858.142	1,0471
<b>5</b>	<b>PEKERJAAN ELEKTRIKAL</b>		
E	Pekerjaan elektrik	Rp214.180.565	0,91219
M	Pekerjaan elektrik dan mekanikal	Rp214.500.000	0,91355
<b>Total</b>		<b>Rp23.479.937.463</b>	<b>100</b>

Berikut ini contoh perhitung bobot dari pekerjaan A. Bobot pada Pekerjaan A

$$= \frac{Rp266.042.951}{Rp23.479.937.463} \times 100$$

$$= 1,13306\%$$

**Perhitungan Aktivitas Crashing**

Crash program adalah salah satu cara untuk mempercepat durasi proyek, yaitu dengan mereduksi durasi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek (Erviyanto, 2004). Berdasarkan data dan perhitungan dengan menggunakan metode CPM, maka didapatkan jalur kritis **A-B-C-O-Q-R**, pekerjaan ini yang dapat di *Crashing*. Pada penelitian ini peneliti akan mempercepat durasi proyek 2 minggu (14 hari) lebih awal dari rencana, dengan metode *Crashing* yang akan dibagi menjadi 3 alternatif dengan susunan kegiatan yang di *Crashing* sebagai berikut:

A. *Crashing* alternatif 1 kegiatan **A-B-C-O-Q-R**

*Crashing* alternatif yang pertama yaitu mempercepat semua jalur kritis yang didapatkan yaitu kegiatan **A-B-C-O-Q-R** dan mendapatkan hasil yang optimal. Jika kegiatan jalur kritis ini dipercepat maka kegiatan selanjutnya akan lebih cepat pula diselesaikannya.

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Crashing* Alternatif 1

S	Kegiatan	Normal Durations	Crash Duration	Normal Cost	Crash Cost	Cost Slope
		(Day)	(Day)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
A	Pekerjaan Persiapan	14	10	Rp266.042.951	Rp281.626.211,00	Rp3.895.815,00
B	Pekerjaan pondasi gudang 1 dan 2	14	11	Rp1.198.176.121	Rp1.203.846.121,00	Rp1.890.000,00
C	Pekerjaan struktur beton gudang 1 dan 2	105	104	Rp8.253.953.338	Rp8.420.868.338,00	Rp166.915,00
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1	7	4	Rp194.727.942	Rp197.487.942,00	Rp920.000,00
Q	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 2	7	5	Rp91.044.000	Rp96.478.225,00	Rp2.717.112,50
R	Pemberihan tahap akhir	3	2	Rp25.000,00	Rp25.250.000,00	Rp250.000,00
<b>TOTAL</b>				<b>Rp10.28.944.352</b>	Rp10.225.556.837,00	Rp10.028.944.352,00

Contoh Perhitungan:

*Crash Cost* didapatkan dari penambahan sumber daya. *Cost Slope* merupakan pertambahan biaya untuk mempercepat suatu aktifitas per satuan waktu dengan rumus :

Perhitungan *costSlope*

$$= \frac{(CrashCost - Normal Cost)}{(Normal Duration - Crash Duration)}$$

$$= \frac{(Rp281.626.211,00 - Rp266.042.951,00)}{(14-10)}$$

$$= Rp3.895.815,00$$

Total pertambahan biaya

$$= \text{total } Crash Cost - \text{total } Normal Cost$$

$$= Rp10.225.556.837,00 - Rp10.028.944.352,$$

$$= Rp196.612.485,00$$

Tabel 4. Hasil Rencana Anggaran Biaya *Crashing* Alternatif 1

Simbol	Kegiatan	Biaya	Bobot
A	Pekerjaan Persiapan	Rp276.216.211,00	1,181
B	Pekerjaan pondasi gudang 1 dan 2	Rp1.198.176.121,00	5,125
C	Pekerjaan struktur beton gudang 1 dan 2	Rp8.253.953.338,00	35,303
D	Pekerjaan angkur dan balok pinggir gudang 1 dan 2	Rp1.150.340.356,00	4,920
E	Pekerjaan elektrikal	Rp214.180.565,00	0,916
F	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong gudang 1	Rp232.042.608,00	0,992
G	Pekerjaan kuda-kuda gudang 1	Rp2.977.367.788,00	12,735
H	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong 2	Rp232.042.608,00	0,992
I	Pekerjaan kuda-kuda gudang 2	Rp2.423.759.142,00	10,367
J	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 1	Rp104.400.000,00	0,447
K	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 2	Rp100.800.000,00	0,431
L	Pekerjaan atap, gording, saluran	Rp5.310.270.245,78	22,713
M	Pekerjaan elektrikal dan mekanikal	Rp214.500.000,00	0,917
N	Pekerjaan rabat	Rp126.194.539,00	0,540
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1	Rp200.887.942,00	0,859
P	Pekerjaan pengecatan gudang 1 dan 2	Rp245.431.656,00	1,050
Q	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 2	Rp94.448.225,00	0,404
R	Pembersihan tahap akhir	Rp25.250.000,00	0,108
<b>Total</b>		<b>Rp23.380.261.344,78</b>	<b>100,000</b>

Contoh Perhitungan:

Bobot pada Pekerjaan A

$$= \frac{Rp276.216.211,00}{Rp23.380.261.344,78} \times 100\% = 1,181\%$$

B. *Crashing* alternatif 2 kegiatan **A-O-Q-R**

*Crashing* alternatif yang kedua yaitu mempercepat jalur kritis dengan menghilangkan dua jalur kritis yang memiliki waktu penyelesaian terlama dan biaya terbanyak untuk mendapatkan biaya proyek yang lebih ekonomis. Didapatkan kegiatan **A-O-Q-R**, karena pada kegiatan ini waktu dan biaya lebih rendah.

**Tabel 5. Hasil Perhitungan Crashing Alternatif 2**

S	Kegiatan	Normal	Crash	Normal	Crash	Cost
		Duration	Duration			
		(Day)	(Day)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
A	Pekerjaan Persiapan	14	7	Rp266.042.951	Rp276.216.211,00	Rp1.453.323,00
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1	7	3	Rp194.727.942	Rp200.887.942,00	Rp1.540.000,00
Q	Pengecatan gudang 1	7	3	Rp91.044.000	Rp94.448.225,00	Rp851.056,00
R	Pembersihan tahap akhir	3	2	Rp25.000.000	Rp25.250.000,00	Rp250.000,00
Total				Rp576.814.893	Rp596.802.378,00	

Contoh Perhitungan:

Perhitungan *costSlope*

$$= \frac{(CrashCost - Normal Cost)}{(Normal Duration - Crash Duration)}$$

$$= \frac{(Rp276.216.211,00 - Rp266.042.951,00)}{(14-7)}$$

$$= Rp1.453.323,00$$

Total pertambahan biaya

$$= \text{total } Crash Cost - \text{total } Normal Cost$$

$$= Rp596.802.378,00 - Rp576.814.893 = Rp19.987.485,00$$

**Tabel 6. Hasil Rencana Anggaran Biaya Crashing Alternatif 2**

Simbol	Pekerjaan Persiapan	Biaya	Bobot (%)
A	Pekerjaan Persiapan	Rp266.042.951,00	1,138
B	Pekerjaan pondasi gudang 1 dan 2	Rp1.198.176.121,00	5,127
C	Pekerjaan struktur beton gudang 1 dan 2	Rp8.253.953.338,00	35,319
D	Pekerjaan angkur dan balok pinggir gudang 1 dan 2	Rp1.150.340.356,00	4,922
E	Pekerjaan elektrikal	Rp214.180.565,00	0,916
F	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong gudang 1	Rp232.042.608,00	0,993
G	Pekerjaan kuda-kuda gudang 1	Rp2.977.367.788,00	12,740
H	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong 2	Rp232.042.608,00	0,993
I	Pekerjaan kuda-kuda gudang 2	Rp2.423.759.142,00	10,371
J	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 1	Rp104.400.000,00	0,447
K	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 2	Rp100.800.000,00	0,431
L	Pekerjaan atap ,gording, saluran	Rp5.310.270.245,78	22,723
M	Pekerjaan elektrikal dan mekanikal	Rp214.500.000,00	0,918
N	Pekerjaan rabat	Rp126.194.539,00	0,540
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1	Rp200.887.942,00	0,860
P	Pekerjaan pengecatan gudang 1 dan 2	Rp245.431.656,00	1,050
Q	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 2	Rp94.448.225,00	0,404
R	Pembersihan tahap akhir	Rp25.000.000,00	0,107
		Rp23.369.838.084,78	100,000

Contoh Perhitungan:

Bobot pada Pekerjaan A

$$= \frac{Rp266.042.951,00}{Rp23.369.838.084,78} \times 100 \% = 1,138 \%$$

C. *Crashing* alternatif 3 kegiatan A-O-Q

*Crashing* alternatif yang ketiga yaitu mempercepat jalur kritis yang memiliki kegiatan yang waktu pengerjaannya cepat dan biaya yang rendah, dengan waktu tercepat dan biaya terendah akan menghasilkan pula pertambahan biaya yang lebih ekonomis.

**Tabel 7. Hasil Perhitungan Crashing Alternatif 3**

Simbol	Kegiatan	Normal	Crash	Normal	Crash	Cost
		Duration	Duration	Cost	Cost	Slope
		(Day)	(Day)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
A	Pekerjaan Persiapan	14	6	Rp266.042.951	Rp277.576.211,00	Rp1.441.658,00
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1	7	3	Rp194.727.942	Rp200.887.942,00	Rp1.540.000,00
Q	Pekerjaan pengecatan gudang 1	7	3	Rp91.044.000	Rp94.448.225,00	Rp851.056,00
Total				Rp551.814.893	Rp572.912.378,00	

Contoh Perhitungan:

Perhitungan *Cost Slope*

$$= \frac{(CrashCost - Normal Cost)}{(Normal Duration - Crash Duration)}$$

$$= \frac{(Rp277.576.211,00 - Rp266.042.951,00)}{(14-6)}$$

$$= Rp1.441.658,00$$

Total pertambahan biaya

$$= \text{total } Crash Cost - \text{total } Normal Cost$$

$$= Rp572.912.378,00 - Rp551.814.893,00$$

$$= Rp21.097.485,00$$

**Tabel 8. Hasil Rencana Anggaran Biaya Crashing Alternatif 3**

Simbol	Kegiatan	Biaya	Bobot
A	Pekerjaan Persiapan	Rp266.042.951,00	1,14
B	Pekerjaan pondasi gudang 1 dan 2	Rp1.198.176.121,00	5,13
C	Pekerjaan struktur beton gudang 1 dan 2	Rp8.253.953.338,00	35,32
D	Pekerjaan angkur dan balok pinggir gudang 1 dan 2	Rp1.150.340.356,00	4,92
E	Pekerjaan elektrikal	Rp214.180.565,00	0,92
F	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong gudang 1	Rp232.042.608,00	0,99
G	Pekerjaan kuda-kuda gudang 1	Rp2.977.367.788,00	12,74
H	Pekerjaan pintu masuk utama, pintu dorong 2	Rp232.042.608,00	0,99
I	Pekerjaan kuda-kuda gudang 2	Rp2.423.759.142,00	10,37
J	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 1	Rp104.400.000,00	0,45
K	Pekerjaan tralis bovenlich gudang 2	Rp100.800.000,00	0,43
L	Pekerjaan atap ,gording, saluran	Rp5.310.270.245,78	22,72
M	Pekerjaan elektrikal dan mekanikal	Rp214.500.000,00	0,92
N	Pekerjaan rabat	Rp126.194.539,00	0,54
O	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1	Rp200.887.942,00	0,86
P	Pekerjaan pengecatan gudang 1 dan 2	Rp245.431.656,00	1,05
Q	Pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 2	Rp94.448.225,00	0,40
R	Pembersihan tahap akhir	Rp25.000.000,00	0,11
Total		Rp23.369.838.084,78	100,00

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} &\text{Bobot pada Pekerjaan A} \\ &= \frac{\text{Rp}266.042.951,00 \times 100 \%}{\text{Rp}23.369.838.084,78} \\ &= 1,14\% \end{aligned}$$

Dari tiga alternatif usulan pengendalian ulang penjadwalan proyek didapat tabel perbandingan dengan penjadwalan rencana dan aktual proyek, yaitu sebagai berikut:

**Tabel 8. Perbandingan Penjadwalan Rencana, Aktual dan Usulan Penjadwalan Proyek**

Penjadwalan Proyek	Waktu Proyek	Rencana Anggaran Proyek
Penjadwalan Rencana Proyek	150 hari	Rp23.479.937.463,06
Penjadwalan Aktual Proyek	167 hari	Rp23.479.937.463,06
Penjadwalan alternatif 1 kegiatan A-B-C-O-Q-R	136 hari	Rp23.676.549.948,18
Penjadwalan alternatif 2 kegiatan A-O-Q-R	136 hari	Rp23.380.261.344,78
Penjadwalan alternatif 3 kegiatan A-O-Q	136 hari	Rp23.369.838.084,78

Penjadwalan rencana proyek perjanjian yaitu 150 hari dengan rencana anggaran biaya Rp23.479.937.463,06, tetapi penjadwalan aktual proyek didapat pengerjaan waktu proyek 167 hari proyek dapat diselesaikan. Oleh karena adanya keterlambatan waktu pengerjaan proyek, peneliti mengusulkan tiga alternatif usulan pengendalian ulang penjadwalan proyek dengan waktu pengerjaan proyek yang sama yaitu dipercepat selama 14 hari dengan mempercepat kegiatan jalur kritis. Dari tiga usulan penjadwalan proyek didapat alternatif kedua kegiatan A-O-Q-R yang memiliki pertambahan biaya percepatan waktu proyek yang lebih ekonomis yaitu Rp19.987.485,00 sehingga biaya proyek menjadi Rp23.380.261.344,78 dengan percepatan waktu yang sama yaitu 136 hari.

#### Analyze (Analisa Masalah)

Pada tahap analisa ini akan membahas mengenai permasalahan – permasalahan proyek. Setiap proyek pasti akan menghadapi permasalahan – permasalahan karena proyek begitu kompleks. Banyak masalah yang ada di dalamnya. Setiap harinya bisa terjadi beberapa masalah sekaligus. Ada tantangan agar beberapa masalah tersebut dapat diselesaikan dengan baik. Begitu pula dengan proyek pembangunan gudang X dan Y pada PT. XYZ. Hambatan – hambatan yang terjadi dalam proyek dapat dianalisa bahwa hambatan tersebut yang menjadi penyebab terjadinya keterlambatan waktu proyek dari tahap perencanaan kondisi tanah yang mengalami penurunan menjadi penyebab lamanya pekerjaan struktur karena pekerjaan struktur merupakan pekerjaan dengan waktu yang lama yaitu 105 hari kalender dan pekerjaan struktur menjadi pekerjaan yang berpengaruh

untuk pekerjaan lainnya. Perubahan tapak dan masa bangunan juga menjadi penyebab pembangunan gudang yang lebih besar dari rencana karena ingin mengoptimalkan lahan yang ada sehingga konsultan, kontraktor dan tim teknis PT. XYZ berusaha semaksimal agar waktu pengerjaan proyek tetap sesuai perencanaan dengan luas pembangunan yang bertambah.

Tahap Pelelangan (*procurement*) yang panjang menjadi salah satu keterlambatan proyek karena dengan demikian terjadi waktu yang berlebihan. Tahap pelaksanaan ini beberapa penyelesaian masalah yang dilakukan oleh konsultan adalah kolom dan *pile cup* yaitu dengan menambah penebalan *pile cup* untuk gudang X pada daerah sisi PT. ABC. Dengan sistem ini pekerjaan mudah dilaksanakan dan cepat waktu pelaksanaannya. Gangguan cuaca Ekstrim yang terjadi bulan september 2010 sampai dengan nopember 2010 mengganggu jalannya pelaksanaan pekerjaan, terutama saat *erection* untuk kolom dan girder baja. Pelaksanaan *erection* konstruksi baja tidak dapat dilaksanakan saat turun hujan atau gerimis karena konstruksi dalam keadaan licin dan membahayakan pekerja. Gangguan cuaca juga menjadi permasalahan proyek yang berpengaruh terhadap keterlambatan waktu proyek, karena dengan cuaca hujan yang ekstrim membuat pekerja tidak dapat menjalankan proyeknya karena adanya kesepakatan K3 untuk keselamatan pekerja. Banyaknya permasalahan proyek yang dihadapi berdampak pada keterlambatan waktu proyek, sedangkan proyek tidak hanya memperhatikan dari ketepatan waktu pengerjaan proyek tetapi juga memperhatikan lingkup, biaya, mutu dan keamanan yang memiliki dampak terhadap semuanya jika salah satu tidak diperhatikan.

Dalam pekerjaan proyek konstruksi juga dipengaruhi oleh banyak variabel dan faktor – faktor yang tidak terduga seperti keahlian, material, alat dan sumber daya. Apabila semua variabel berpengaruh tersebut lebih direncanakan dapat mencegah permasalahan-permasalahan yang sering timbul dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Analisa Hasil Metode CPM (*Critical Path Methode*) Perhitungan metode CPM yaitu dilakukan perhitungan maju dan mundur yang sesuai dengan waktu proyek sehingga menghasilkan jalur kritis. Pada rencana proyek didapatkan jalur kritis pada kegiatan A – B – C – O – Q – R yaitu pekerjaan persiapan dengan waktu 14 hari, pekerjaan pondasi gudang 1 dan 2 dengan waktu 14 hari, pekerjaan struktur beton dan baja gudang 1 dan 2 dengan waktu 105 hari, pekerjaan plester dan aci dinding bata gudang 1 dengan waktu 7 hari, pekerjaan pengecatan gudang 1 dengan waktu 7 hari dan pembersihan tahap akhir dengan waktu 3 hari. Kegiatan A – B – C – O – Q – R yang harus diperhatikan lebih karena pekerjaan ini berpengaruh terhadap pekerjaan selanjutnya. Apabila pekerjaan A – B – C – O – Q – R terlambat, maka pekerjaan selanjutnya akan terlambat. Sehingga kegiatan A – B – C – O – Q – R ini dijadikan kegiatan yang akan dipercepat waktu pengerjaannya dengan begitu pekerjaan selanjutnya akan cepat pula.

Analisa Hasil Kurva-s. Kurva-s ini berkaitan dengan rencana anggaran biaya karena kurva-s dihasilkan dari rencana anggaran biaya. Kurva-s yang pertama yaitu kurva-s perbandingan kurva-s rencana dengan kurva-s aktual. Pada kurva-s rencana dan aktual dapat diperhatikan bahwa kurva-s aktual mengalami keterlambatan proyek selama 17 hari. Kurva-s aktual mengalami keterlambatan dari awal pengerjaan yaitu pekerjaan proyek sehingga pekerjaan lainnya menjadi terlambat, serta pekerjaan struktur yang memiliki waktu pengerjaan yang lama juga terlambat dalam pengerjaannya hingga akhir pekerjaan mengalami keterlambatan. Analisa *Crashing*, jalur kritis adalah kegiatan pekerjaan yang berpengaruh terhadap kegiatan pekerjaan selanjutnya. *Crashing* kegiatan jalur kritis A-B-C-O-Q-R ini berdasarkan sumber daya yang diperoleh dari kegiatan pekerjaan A-B-C-O-Q-R. Dari sumber daya akan didapatkan *crash cost*.

Dalam mempercepat kegiatan pekerjaan proyek, peneliti mempercepat waktu proyek menjadi 136 hari dengan menambah pekerja dan menambah jam kerja yaitu lembur. Pekerja dan lembur disesuaikan dengan percepatan kegiatan pekerjaan sehingga akan menghasilkan *crash cost*. Setelah *crash cost* didapatkan, maka akan dihitung *cost slope*. Pada alternatif 1 kegiatan A-B-C-O-Q-R didapat pertambahan biaya percepatan waktu proyek termahal dikarenakan kegiatan A-B-C-O-Q-R terdapat kegiatan pekerjaan yang memiliki waktu pengerjaan yang lebih lama dan biaya yang tinggi sebesar Rp196.612.485,00 sehingga biaya proyek menjadi Rp23.676.549.948,18. *Crashing* alternatif 2 kegiatan A-O-Q-R dengan menghilangkan dua jalur kritis yang memiliki waktu penyelesaian terlama dan biaya terbanyak untuk mendapatkan biaya proyek yang lebih ekonomis. Didapatkan kegiatan A-O-Q-R, karena pada kegiatan ini waktu dan biaya lebih rendah. Pada kegiatan A-O-Q-R didapat pertambahan biaya percepatan waktu proyek yang lebih ekonomis yaitu Rp19.987.485,00 sehingga biaya proyek menjadi Rp23.380.261.344,78 dengan percepatan waktu yang sama yaitu 136 hari.

*Crashing* alternatif yang ketiga yaitu mempercepat jalur kritis yang memiliki kegiatan yang waktu pengerjaannya cepat dan biaya yang rendah, dengan waktu tercepat dan biaya terendah akan menghasilkan pula pertambahan biaya yang lebih ekonomis. Pada alternatif 3 kegiatan A-O-Q-R mendapatkan peringkat kedua lebih ekonomis dengan pertambahan biaya percepatan waktu proyek sebesar Rp21.097.485,00 sehingga biaya proyek menjadi Rp23.369.838.084,78. Alternatif ketiga lebih ekonomis dibandingkan alternatif pertama dikarenakan alternatif 3 kegiatan A-O-Q-R menghilangkan pekerjaan pembersihan tahap akhir, karena pekerjaan pembersihan tahap akhir memiliki waktu pengerjaan yang tercepat dan biaya terendah. Sedangkan penjadwalan rencana proyek waktu lama perjanjian yaitu 150 hari dengan rencana anggaran biaya Rp23.479.937.463,06, tetapi penjadwalan aktual sedangkan proyek didapat pengerjaan waktu proyek 167 hari proyek dapat diselesaikan karena kan berbagai

hambatan dari awal pengerjaan proyek. Pekerjaan yang utama yang menjadi penghambat yaitu pekerjaan struktur dan cuaca yang ekstrim.

#### **Improve (Perbaikan)**

Tujuan tahap *Improve* adalah menemukan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah, masalah yang terjadi terjadi dalam proyek ini adalah keterlambatan dalam penyelesaian proyek yang melebihi dari rencana penjadwalan proyek. Permasalahan proyek sering terjadi karena proyek konstruksi harus mengelola begitu banyak item pekerjaan, tingkat kesulitan tinggi, banyak hal-hal yang tidak terprediksi, risiko yang tinggi, jalur komunikasi yang banyak, dan keterbatasan sumber daya. Penyebab dari keterlambatan proyek ini mengalami berbagai hambatan dari pelaksanaan, pelelangan dan pengerjaan. Penyebab utama proyek adalah pada pekerjaan struktur yang terhambat sehingga pekerjaan lain selanjutnya menjadi terhambat dan cuaca yang ekstrim pada musim hujan sehingga pekerja harus berhenti bekerja untuk keselamatan pekerja. Perbaikan yang dapat dilakukan peneliti yaitu melakukan pengendalian ulang penjadwalan proyek menjadi 136 hari kalender lebih cepat dari jadwal rencana proyek yaitu 150 hari kalender. Usulan penjadwalan yang terbaik yaitu kegiatan A-O-Q-R didapat pertambahan biaya percepatan waktu proyek yang lebih ekonomis yaitu Rp19.987.485,00 sehingga biaya proyek menjadi Rp23.380.261.344,78 dengan percepatan waktu yang sama yaitu 136 hari. Dengan waktu percepatan 136 hari bisa mempunyai waktu yang lebih banyak jika terjadi keterlambatan sehingga tidak melebihi 150 hari kalender.

#### **Control (Pengendalian)**

Tujuan tahap *Control* adalah untuk melengkapi semua kerja proyek dan menyampaikan hasil proses perbaikan kepada *up management*. Maka tahap control adalah hak perusahaan yang akan mengendalikan yaitu PT.XYZ

#### **KESIMPULAN**

Pada dasarnya pemilihan metode pelaksanaan dan jadwal yang tepat sangat mempengaruhi keberhasilan suatu pelaksanaan pembangunan proyek. Dari pengendalian ulang penjadwalan proyek pembangunan gudang X dan Y yang mencakup waktu rencana penjadwalan proyek dengan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dan kurva-s dapat diambil kesimpulan, hasil dari tiga alternatif *crashing* penjadwalan proyek didapat hasil yang terbaik yaitu *Crashing* A-O-Q-R dengan waktu *crashing* yang sama yaitu 136 hari dengan biaya yang lebih ekonomis yaitu dengan biaya *crashing* Rp19.987.485,00 sehingga anggaran biaya proyek jika dipercepat 136 hari menjadi Rp23.380.261.344,78. Penjadwalan proyek yang terbaik dari tiga *crashing* ini diharapkan dapat menjadi usulan di proyek – proyek yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrar,H.2011.*Manajemen Proyek (Edisi Revisi)*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Callahan, M.T.1992.*Construction Project Scheduling*. Mc Graw-Hill. New York
- Gaspersz,Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000,MBNQA, dan HACCP*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- George, Jones. 2005. *Understanding and Managing Organizational behaviour 4th edition*. Pearson. Prentice Hall
- Harry, Mikel dan Richard, S.2000. *The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations 1st edition*. Currency. New York
- Maharesi, R. 2002. *Penjadwalan Proyek dengan Menggabungkan Metode PERT dan CPM*. Paper Fakultas Ilmu Komputer Universitas Gunadarma
- Pande, Holpp. 2005. *What is Six Sigma*. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Peter, P, Neuman, Cavanagh. 2002. *The Six Sigma Way: Bagaimana GE, Motorola dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka. Edisi 1*. Penerbit ANDI. Yogyakarta
- Sigit, T, Hendra, D. 2003. *Analisa Perencanaan Penjadwalan Dan Pengendalian Proyek Bangunan Gedung Dengan Work Breakdown Structure (Wbs) Dan Kurva-S. Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang*
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek*. Erlangga. Jakarta
- Soeharto, I. 1995.*Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*.Erlangga. Jakarta
- Taufiqurahman. 2012. *Manajemen Proyek* (bagian 1).Esa Unggul. Jakarta
- Universitas Padjajaran (2012, November) *Undang-undang Republik Indonesia no 20 tahun 2003 bab 1 pasal 1* , Unpad, Bandung.
- Wulfram, Ervianto. 2005.*Manajamen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi)*.Penerbit Andi, Yogyakarta