

Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Rehabilitasi / Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekan Dolok)

Sri Setiawati¹, Syahrizal² dan Rezky Ariessa Dewi³

¹*Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara (USU)*

Jl. Perpustakaan, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

E-mail: srisetiawati30@gmail.com

²*Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara (USU)*

Jl. Perpustakaan, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

E-mail: rizal_ar@ymail.com

³*Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara (USU)*

Jl. Perpustakaan, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

E-mail: rezky.ariessa@gmail.com

Abstrak

Dalam suatu proyek konstruksi, proses penjadwalan adalah salah satu faktor penting penentu berhasil atau tidaknya proyek konstruksi tersebut. Apabila penjadwalan dilakukan dengan cermat dan teliti maka kemungkinan proyek tersebut berhasil akan semakin besar. Dimana penjadwalan itu sendiri memiliki pengertian yaitu merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, di mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimanakah penerapan metode CPM dan PERT pada penjadwalan proyek konstruksi yang awalnya menggunakan metode *Bar Chart* dalam penjadwalannya sehingga menghasilkan *time schedule* dengan durasi kerja yang tepat dan memiliki probabilitas keberhasilan yang tinggi. Dalam penjadwalan diperlukan *diagram network* untuk menentukan urutan keseluruhan kegiatan. Untuk menyusun *diagram network* perlu diketahui kegiatan apa yang menjadi *predecessor*, *successor*, dan *concurrent*. Untuk menyusun *diagram network* pada metode CPM dan PERT digunakan pendekatan AOA atau *Activity On Arrow*.

Tujuan dari perencanaan jadwal adalah untuk mempermudah perumusan masalah proyek, menentukan metode atau cara yang sesuai, agar kelancaran kegiatan lebih terorganisir, sehingga mendapatkan hasil akhir yang optimum. Sedangkan manfaat perencanaan tersebut bagi proyek adalah untuk mengetahui keterkaitan antar kegiatan, mengetahui kegiatan yang diperlukan menjadi perhatian (kegiatan kritis), mengetahui dengan jelas kapan memulai kegiatan dan kapan harus menyelesaikannya.

Dari hasil perhitungan perencanaan dengan menggunakan metode *Bar Chart* dan dengan metode CPM yang digunakan peneliti didapatkan durasi keseluruhan kegiatan proyek adalah 150 hari kerja. Sedangkan dengan menggunakan metode PERT didapatkan hasil bahwa probabilitas keberhasilan selesainya proyek dengan durasi 150 hari hanya 25%. Dengan menggunakan metode PERT didapat bahwa dengan durasi penyelesaian proyek selama 164 - 187 hari memiliki probabilitas 80% - 99,97%.

Kata Kunci : CPM, PERT, diagram network.

Abstract

In a construction project, the process of scheduling is one important factor determining the success or failure of the construction project. If the scheduling is done carefully and accurately then it is likely the project will be even greater success. Where scheduling itself has a sense that is a device for determining the activities required to complete a project in the order as well as the specific time frame, in which each activity should be carried out so that the project is completed on time at an economical cost.

The purpose of this final project is to determine how the application of methods CPM and PERT scheduling construction projects that initially using *Bar Chart* in scheduling resulting

in a time schedule with exact duration and have a high probability of success. In scheduling the necessary network diagram to determine the overall sequence of events. To construct the network diagram you need to know what activities would be the predecessor, successor, and concurrent. To construct the network diagram CPM and PERT methods used approach AOA or Activity On Arrow.

The purpose of the planning schedule is to facilitate the formulation of project problems, determine the appropriate method or manner, so that the smoothness of better organized, so as to get the end result is optimum. While the benefits of such planning for the project is to investigate the linkages between activities, knowing the activities necessary to the attention (critical activities), a clear idea of when to start and when to finish activities.

From the calculation planners by using methods of Bar Chart and the CPM method used researchers obtained the overall duration of project activities is 150 working days. While using the PERT method showed that the probability of the successful completion of the project with a duration of 150 days only 25%. By using the PERT method is found that the duration of the project completion for 164-187 days has a probability of 80% - 99.97%.

Keywords: CPM, PERT, network diagram.

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang bertujuan untuk membangun sarana maupun prasarana yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber dana tertentu dan dimaksudkan untuk mencapai tugas yang sarannya telah digariskan secara jelas. Dalam suatu proyek, tahap perencanaan merupakan kunci keberhasilan karena menentukan alokasi dana, waktu dan kualitas yang akan dicapai. Agar efisiensi dan efektivitas kerja terpenuhi dengan baik, maka di dalam pelaksanaan proyek diperlukan manajemen proyek yang baik, Efektifitas dan efisiensi dalam pelaksanaan proyek dipengaruhi oleh faktor *Planning* dan *schedulling*. Hal ini berarti keduanya merupakan suatu langkah awal yang sangat penting dalam merencanakan keperluan tenaga kerja, material, peralatan dan metode pelaksanaan pekerjaan. Keperluan tenaga kerja sering kali tidak mudah diperoleh, mahal dan menimbulkan banyak persoalan. Adapun perencanaan material dan peralatan erat hubungannya dengan ketepatan jadwal penyerahan di lokasi. Untuk mengatasi persoalan tersebut maka perlu direncanakan hubungan yang tepat antara waktu, biaya dan ketersediaan sumber daya. Ada beberapa metode yang digunakan dalam penjadwalan suatu proyek antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Project Evaluation and Review Technique*), PDM (*Precedence Diagram Method*), LoB (*Line of Balance*), kurva S, Bar Chart dan lain-lain.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Penjadwalan dan Perencanaan Proyek

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, di mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (Callahan, 1992). Sedangkan perencanaan adalah suatu proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Perencanaan memberikan pegangan bagi pelaksanaan mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan (Imam Soeharto, 1997).

2.2 CPM (Critical Path Method)

Critical Path Method (CPM) merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Kegiatan yang digambarkan sebagai titik pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan sebagai busur atau garis antara titik.

Komponen-komponen dalam metode CPM adalah:

- a) *Diagram Network*
- b) Hubungan antar symbol dan urutan kegiatan
- c) Jalur kritis
- d) Tenggang waktu kegiatan
- e) Limit jadwal kegiatan

Menurut Badri (1997:24) manfaat yang diperoleh jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

- a) Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh proyek tertunda penyelesaiannya.
- b) Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya bila pekerjaan-pekerjaan yang ada dilintasan kritis dapat dipercepat.
- c) Pengawasan atau kontrol hanya diperketat pada lintasan kritis saja, sehingga pekerjaan-pekerjaan dilintasan kritis perlu pengawasan ketat agar tidak tertunda dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya atau lembur.

2.3 PERT (Program Evaluation and Review Technique)

Teknik PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek (Levin, 1972). Metode PERT tidak hanya memungkinkan pengguna untuk menghitung durasi proyek yang paling mungkin terjadi, namun juga memungkinkan pengguna untuk menghitung kemungkinan (probabilitas) proyek, atau sebagian proyek yang akan diselesaikan dalam jangka waktu tertentu.

Komponen-komponen PERT adalah:

- a) Kegiatan (*Activity*)
- b) Peristiwa (*Event*)
- c) Waktu Kegiatan (*Activity Time*)
- d) Taksiran Waktu Penyelesaian
- e) Penjadwalan Proyek

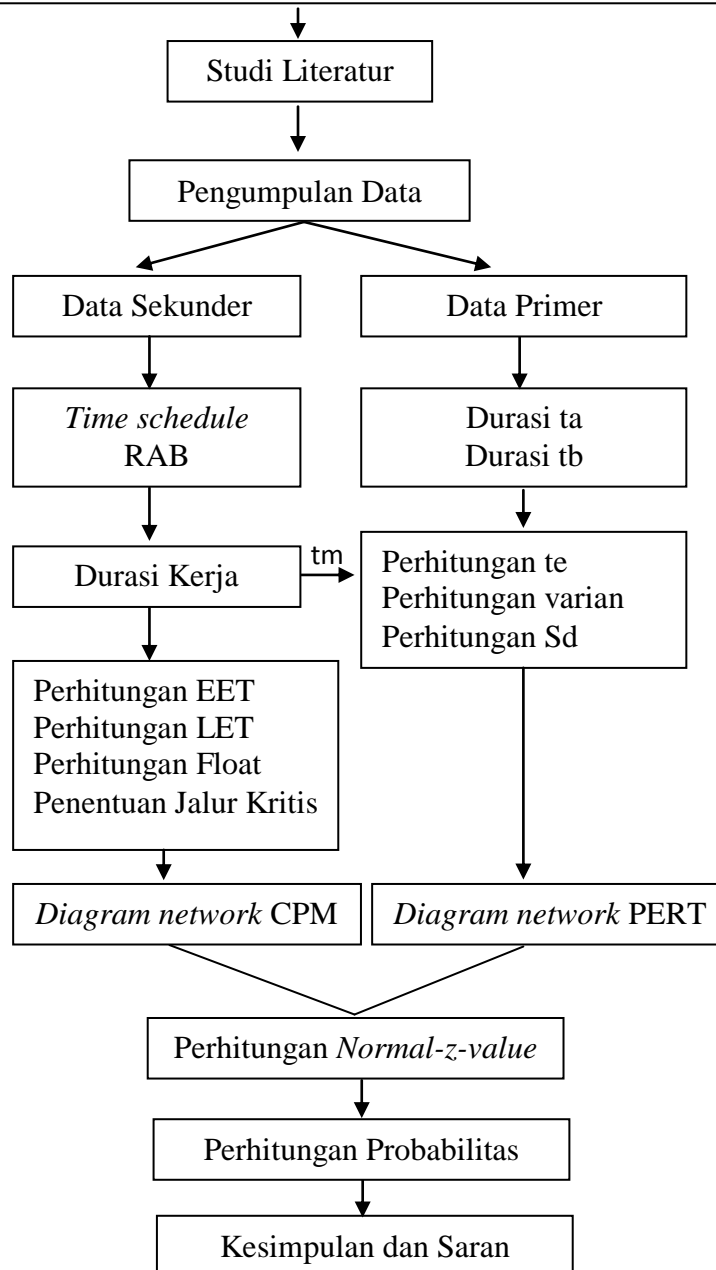
Adapun manfaat penerapan metode PERT adalah:

- a) Mengetahui ketergantungan dan keterhubungan tiap pekerjaan dalam suatu proyek.
- b) Dapat mengetahui implikasi dan waktu jika terjadi keterlambatan suatu pekerjaan.
- c) Dapat mengetahui kemungkinan untuk mencari jalur alternatif lain yang lebih baik untuk kelancaran proyek.
- d) Dapat mengetahui kemungkinan percepatan dari salah satu atau beberapa jalur kegiatan.
- e) Dapat mengetahui batas waktu penyelesaian proyek.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Data sekunder yang digunakan adalah RAB dan *Time Schedule* dari proyek REHABILITASIPERBAIKAN DAN PENINGKATAN INFRASTRUKTUR IRIGASI DAERAH LINTAS KABUPATEN/KOTA D.I PEKAN DOLOK pada tahun 2016, dan data primer didapat dari wawancara terhadap narasumber yaitu staff pelaksana proyek tersebut. Secara keseluruhan, flowchart penelitiannya adalah:

Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Konstruksi
(Studi Kasus: Rehabilitasi / Perbaikan Dan Peningkatan Infrastruktur Irigasi
Daerah Lintas Kabupaten/Kota D.I Pekan Dolok)



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penjadwalan Dengan Metode Cpm

Pada proyek konstruksi Rehabilitasi / Perbaikan dan Peningkatan infrastruktur Irigasi Daerah lintas Kabupaten / kota D.I Pekan Dolok yang berada di D.I Pekan Dolok Kecamatan Dolok Masihul Kabupaten Serdang Berdagai Provinsi Sumatera Utara terdapat 4 jenis kegiatan utama, yaitu pembuatan bronjong sepanjang 75 m, peninggian tanggul banjir sepanjang 1400 m, pembuatan bangunan penguras, dan pembuatan shelter / terali pengaman bendung. Waktu penyelesaian seluruh kegiatan tersebut berdasarkan *time schedule* perencanaan dengan menggunakan metode Bar Chart adalah 150 hari.

4.1.1 Penyusunan *Diagram Network*

Untuk penyusunan *diagram network* dengan metode CPM, digunakan durasi baru untuk seluruh jenis kegiatan yang berbeda dengan durasi kegiatan yang dimiliki oleh perencana. Durasi kegiatan tersebut dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 1.Uraian Kegiatan

Simbol Kegiatan	Jenis Kegiatan	Predecessor	Successor	Durasi Baru CPM (Hari)	Durasi Perencana Bar Chart (Hari)
- Pembuatan Bronjong Sepj. 75 m'					
A	Galian tanah manual	G	B,C	10	70
B	Bronjong pabrikan Uk. 3,0 x 1,5 x 0,5 Ø 2,7 mm	A	-	30	98
C	Bronjong pabrikan Uk. 3,0 x 1 x 0,5 Ø 2,7 mm	A	-	34	98
- Peninggian Tanggul Banjir Sepj. 1,400 m'					
D	Menimbun tanggul dengan tanah setempat	-	E	43	98
E	Menimbun tanggul dengan tanah didatangkan	D	-	38	98
- Pembuatan Bangunan Penguras					
F	Galian tanah manual	G	H,I,N	15	70
G	Membongkar pasangan lama	-	A,F	12	7
H	Pasangan batu kali MORTAR TIPE N camp. 1 : 4	F	J,L	37	70
I	Pasangan batu kali MORTAR TIPE N camp. 1 : 4 (Batu Bekas)	F	J,L	16	70
J	Cetakan Beton / Bekisting	H,I	K,P	1	84
K	Beton cor K175	J,L	M	5	70
L	Besi Tulangan	H,I	K,P	55	84
M	Plesteran camp. 1 : 3	K	-	26	84
N	Timbunan tanah	F	-	7	70
O	Pintu air uk. B. 1,10 m	K	-	3	7
P	Test Uji Beton	J,L	-	28	7
- Pembuatan Shelter / Terali Pengaman Bendung					
Q	Pembuatan Shelter	T1	T2	28	84
R	Pembuatan Terali Pengaman Bendung	T1	S	21	84
S	Tangga besi	R	T2	7	84
T	Mobilisasi	-	Q,R	7	7
U	Demobilisasi	Q,S	-	7	7

4.1.2 Perhitungan *Earliest Event Time* (EET)

Untuk menghitung besarnya nilai EET, digunakan perhitungan kedepan (*forward analysis*), dimulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya.

Rumus : $EET_j = L + EET_i$

Apabila ada beberapa kegiatan yang menuju pada satu peristiwa yang sama, maka diambil nilai EET_j yang terbesar. Perhitungan dilakukan seperti pada tabel dibawah ini:

4.1.3 Perhitungan *Latest Event Time* (LET)

Untuk menghitung besarnya nilai LET, digunakan perhitungan kebelakang (*backward analysis*), dimulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan-kegiatan sebelumnya.

Rumus: $LET_i = LET_j - L$

Apabila ada beberapa kegiatan yang keluar dari satu kegiatan yang sama, maka diambil nilai LET_i yang terkecil. Perhitungan dilakukan seperti pada tabel dibawah ini:

4.1.4 Perhitungan FLOAT

Float dapat didefinisikan sebagai sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan tersebut secara sengaja atau tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya. *Float* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *total float* dan *free float*.

Total float adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa memengaruhi proyek secara keseluruhan.

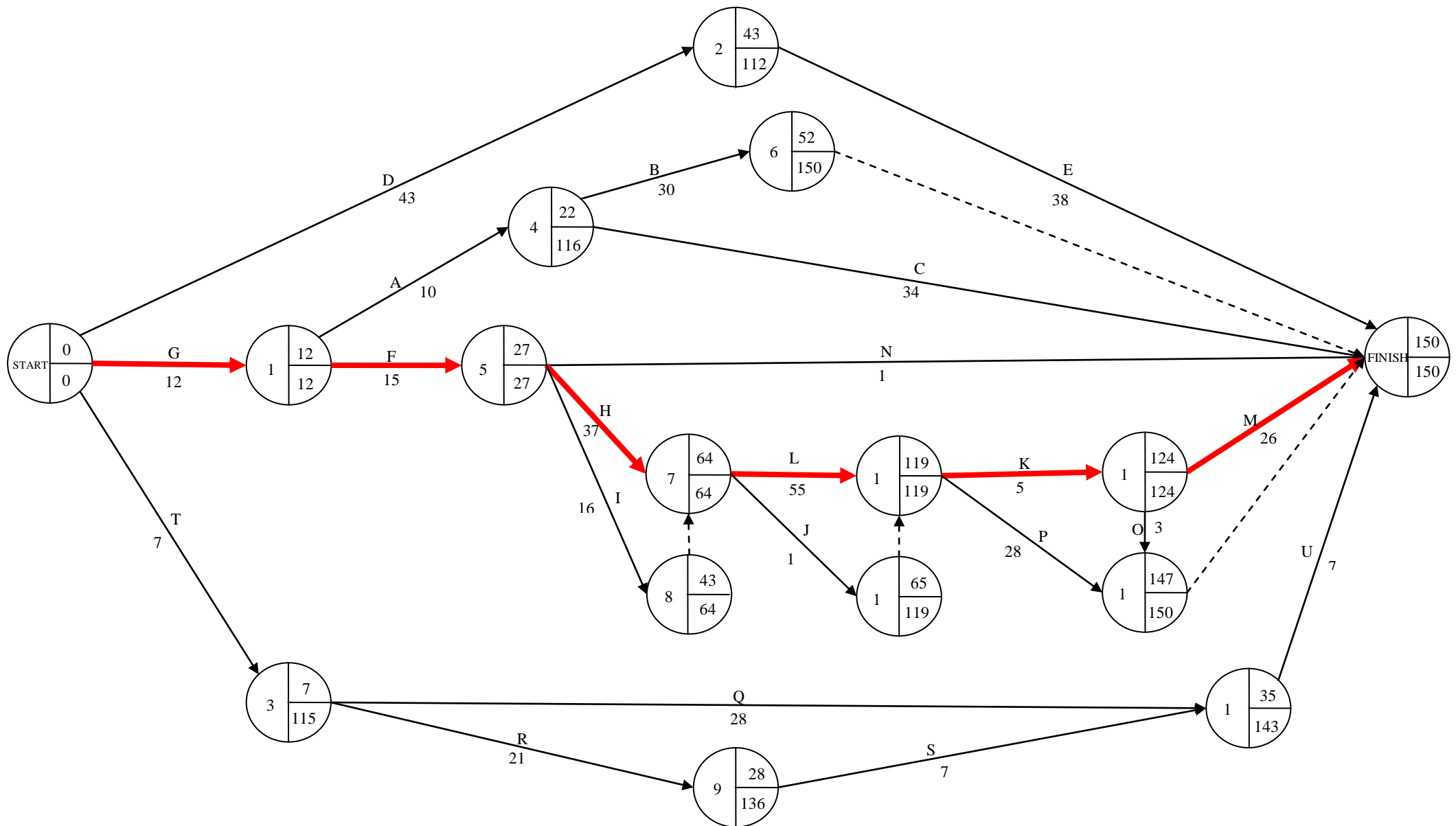
Free float adalah sejumlah waktu yang tersedia untuk keterlambatan atau perlambatan pelaksanaan kegiatan tanpa memengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

Perhitungan *float* dapat dilakukan sebagai berikut:

- TOTAL FLOAT $= LET_j - DURASI A - EET_i$
- FREE FLOAT $= EET_j - DURASI A - EET_i$

4.1.5 Lintasan Kritis

Dari hasil perhitungan *free float* dan *total float* diatas, terlihat bahwa FF dan TF yang nilainya = 0 adalah kegiatan F, G, H, K, L dan M. hal ini menandakan bahwa keenam kegiatan tersebut tidak mempunyai waktu tenggang untuk terlambat sehingga keenamnya disebut kegiatan kritis. Lintasan yang menghubungkan antar kegiatan kritis disebut **lintasan kritis**. Dalam penjadwalan diatas lintasan kritisnya adalah G – F – H – L – K – M.



Gambar 4.1 Diagram network dengan metode CPM

4.2. Penjadwalan Dengan Metode PERT

4.2.1 Nilai t_a t_b dan t_m

Dari hasil wawancara dengan beberapa sumber didapatkan nilai waktu optimis (t_a) dan waktu pesimis (t_b). Sedangkan nilai t_m yang digunakan adalah durasi kegiatan yang digunakan pada penjadwalan dengan metode CPM sebelumnya.

Tabel 2. Nilai t_a t_b dan t_m

Kegiatan	Waktu Optimis (t_a)	Waktu Most Likely (t_m)	Waktu Pesimis (t_b)
A	7	10	16
B	27	30	45
C	28	34	60
D	35	43	50
E	28	38	52
F	10	15	21
G	8	12	30
H	21	37	49
I	12	16	25
J	1	1	7
K	3	5	31
L	42	55	65
M	21	26	35
N	5	7	14
O	2	3	7
P	21	28	42
Q	21	28	42
R	15	21	30
S	5	7	14
T	5	7	14
U	5	7	14

4.2.2 Perhitungan t_e dan varians

- Nilai t_e didapat dengan menggunakan rumus:

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

- Nilai varians dari setiap kegiatan didapat dengan menggunakan rumus, yaitu:

$$\text{variance} = \frac{(t_b - t_a)^2}{36}$$

4.2.3 Perhitungan probabilitas dengan tabel *normal-Z-value*

Untuk menghitung probabilitas yang mungkin terjadi dari durasi pekerjaan secara keseluruhan, diperlukan nilai *expected time* (te), varians dan standar deviasi dari kegiatan yang berada dilintasan kritis.

Telah diketahui bahwa pekerjaan yang berada dilintasan kritis adalah G – F – H – L – K – M.

Expected time (te) kegiatan kritis:

$$\begin{aligned} te &= 14.333 + 15.167 + 36.333 + 54.500 + 9.000 + 26.667 \\ &= 156 \text{ hari} \end{aligned}$$

Varians kegiatan kritis proyek:

$$\begin{aligned} Var &= 13.444 + 3.361 + 21.778 + 14.694 + 21.778 + 5.444 \\ &= 80.5 \end{aligned}$$

Standar deviasi:

$$\begin{aligned} Sd &= \sqrt{var} \\ &= \sqrt{80.5} \\ &= 8.97218 \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai *normal-Z-value* diperlukan waktu penyelesaian yang diinginkan (Tx) dan *expected time* (te) kegiatan kritis.

Rumus untuk menghitung *normal-Z-value* adalah:

$$Normal\ z - value = \frac{Tx - te}{Sd}$$

Misalkan waktu penyelesaian yang diinginkan adalah 140 hari, maka

$$\begin{aligned} normal-Z-value &= \frac{140 - 156}{8.97218} \\ &= -1.78 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan tabel *normal-Z-value* didapatkan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 140 hari adalah 0,0375 atau sama dengan hanya 3.75%.

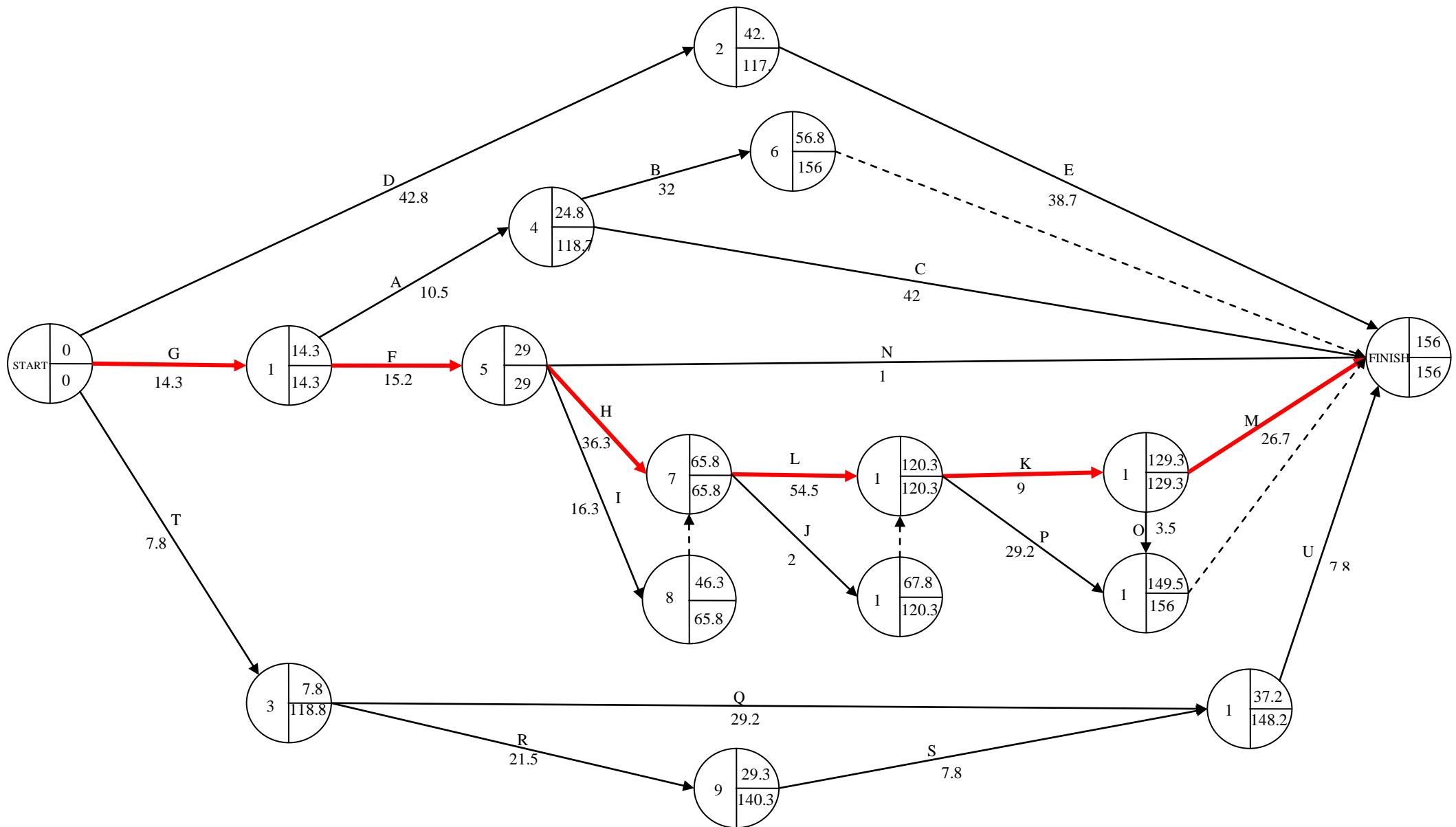
Tabel 3. Probabilitas durasi kerja yang diinginkan

No.	Tx (Hari)	<i>normal-Z-value</i>	Probabilitas (%)
1.	150	-0.67	25
2.	160	0.45	67
3.	161	0.53	70
4.	164	0.85	80
5.	165	1.0	84
6.	170	1.56	94
7.	175	2.12	98
8.	187	3.46	99.97
9.	188	3.57	-

Dengan menggunakan rumus yang sama dapat diketahui juga berapa lama durasi hari kerja yang dibutuhkan dengan probabilitas keberhasilan yang diinginkan.

Tabel 4. Durasi kerja dengan probabilitas yang diinginkan

No.	Probabilitas (%)	<i>normal-Z-value</i>	Tx (Hari)
1.	80	0.85	164
2.	90	1.29	168
3.	97	1.89	173



Gambar 4.2 Diagram network dengan metode PERT

4.3. ANALISA HASIL PERHITUNGAN

Setelah dilakukan perhitungan dengan dua metode yaitu metode CPM dan metode PERT, didapatkan hasil berupa durasi kerja dan probabilitas dan durasi kerja tersebut.

Analisa perhitungan dari dua metode tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 8. Analisa hasil perhitungan

No.	CPM	PERT
1.	Pembuatan <i>diagram network</i> dengan metode CPM hanya menggunakan satu estimasi waktu rencana yang bersifat pasti (Deterministik).	Pembuatan <i>diagram network</i> dengan metode PERT menggunakan tiga estimasi waktu rencana (Probabilistik).
2.	Satu durasi rencana dalam metode CPM digunakan dengan asumsi proyek akan berjalan sesuai rencana awal tanpa memperhitungkan cuaca, keadaan dilapangan yang tidak sesuai, dll.	Tiga estimasi waktu pada metode PERT memperhitungkan kemungkinan terjadinya perubahan cuaca misalnya hujan, keadaan dilapangan yang tidak sesuai dengan rencana, terjadinya kecelakaan kerja, dll.
3.	Metode CPM baik jika digunakan pada proyek yang sudah sering dilaksanakan, sehingga durasi kerja dari setiap kegiatan dapat diperkirakan dengan jelas. Namun, metode ini tidak cukup baik jika digunakan pada proyek yang baru, karena durasi kerja tidak dapat diperkirakan dengan baik	Metode PERT lebih baik untuk digunakan pada proyek yang baru dilaksanakan dibandingkan dengan metode CPM, karena penggunaan probabilitas pada perhitungan durasi kerja sehingga keakuratan perhitungan lebih tinggi
4.	Metode CPM menekankan pada guna tepat biaya.	Metode PERT menekankan pada guna tepat waktu sehingga bisa menekan biaya pengeluaran seoptimal mungkin.
5.	Dengan menggunakan metode CPM didapat durasi kerja sama dengan durasi perencanaan yang menggunakan metode Bar Chart yaitu 150 hari.	Setelah diterapkan metode PERT pada penjadwalan proyek ini didapatkan bahwa kemungkinan penyelesaian proyek dengan durasi kerja selama 150 yang didapat dengan metode CPM dan PERT hanya 25%.
6.	Durasi kerja 150 hari hanya dapat dicapai jika tidak terjadi hambatan yang berarti atau proyek berjalan sesuai dengan rencana awal.	Dengan menggunakan metode PERT dapat diketahui durasi penyelesaian proyek dengan probabilitas yang lebih baik sehingga bisa meminimalisir kemungkinan terjadinya keterlambatan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan metode CPM didapatkan waktu untuk penyelesaian keseluruhan proyek sama dengan durasi kerja perencanaan dengan menggunakan metode Bar Chart yaitu 150 hari.
2. Penerapan metode PERT pada penjadwalan durasi proyek yang awalnya menggunakan Bar Chart maupun metode CPM didapat bahwa probabilitas

keberhasilan proyek dapat selesai dengan durasi kerja 150 hari hanya sebesar 25%.

3. Untuk mendapatkan probabilitas penyelesaian proyek sebesar 80%-99,97% dibutuhkan durasi pelaksanaan proyek sebesar 164-187 hari.

5.2 SARAN

1. Berdasarkan hasil kesimpulan diatas maka disarankan untuk melakukan penjadwalan ulang dengan menggunakan metode PERT.
2. Urutan setiap kegiatan haruslah direncanakan dengan sangat baik. Apabila terdapat pekerjaan yang dapat dimulai secara bersamaan dengan pekerjaan lainnya, maka hendaknya pekerjaan tersebut diparalelkan.
3. Untuk pelaksanaan kegiatan proyek yang memiliki kemungkinan terjadinya hal-hal yang tidak bisa diprediksi dengan pasti, sebaiknya digunakan metode PERT sebagai metode penjadwalannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badri, S. (1997). *Dasar-Dasar Network Planing*, PT Rika Cipta, Jakarta.
- Santosa, Budi. (2009). *Manajemen Proyek: Konsep dan Implementasi*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I. 2003. *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ervianto, Wulfram I. 2015. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Andi, Yogyakarta.
- Haedar Ali, Tubagus. 1989. *Prinsip-Prinsip Network Planning*. Gramedia, Jakarta.
- Putri, L & Syafriandi. 2005. *Aplikasi Microsoft project*. Andi, Yogyakarta.
- Raharja,Irwan. 2014. *Analisa Penjadwalan Proyek dengan Metode PERT di PT.HASANA DAMAI PUTRA Yogyakarta Pada Proyek Perumahan Tirta Sana*, Jurnal BENTANG vol.2 2014.
- Soeharto, Imam. 1999. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Christian, Cefiro, dan Sentosa. 2013. *Studi Kasus Penerapan Metode PERT pada Proyek Gudang X*.
- Supriyadi dan Idris Ali. *Analisis Penjadwalan perakitan Panel Listrik dengan metode Critical Path method*. Jurnal Intech teknik Industri ISSN: 2407-7819. Universitas Serang Raya.
- Taurusyanti Dewi dan Lesmana Muh. Fikri . 2015. *Optimalisasi Penjadwalan Proyek Jembatan Girder Guna Mencapai Efektifitas Penyelesaian dengan Metode PERT dan CPM pada PT Buana Masa Metalindo*. JIMFE (Jurnal Ilmiah Fakultas Ekonomi) Volume 1 No.1 Tahun 2015 E-ISSN 2502-5678.
- Dannyanti, Eka. 2010. *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode PERT dan CPM* .
- Pratasik, Failen,dkk. 2013. *Menganalisis Sensitivitas Keterlambatan Durasi Proyek dengan Metode CPM (Studi Kasus : Perumahan Puri Kelapa Gading)*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.9,Agustus2013 (603-607) ISSN : 2337-6732.
- Sugiyarto, dkk. 2013. *Analisis Network Planning dengan CPM (Critical Path Method) dalam Rangka Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek*. E-jurnal MATRIKS Teknik Sipil Vol.1 No.4/Desember 2013/408 ISSN 2354-8630.
- Rizkhon, M F . 2009. *Managemen Penjadwalan Proyek Pembangunan Rusunawa Unnes Dengan Metode PERT Dan Mathcad*.

- Maranresy, Sompie Bonny F, Pratas Pingkan..2015. *Sistem Pengendalian Waktu Pada Pekerjaan Konstruksi Jalan Raya dengan Menggunakan Metode CPM*. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.1, Januari 2015 (8-15) ISSN 2337-6732.
- Wiratmani Elfitria, Prawitasari Galih. 2013. *Penerapan Metode Jalur Kritis dalam Penyusunan Jadwal Pelaksanaan Proyek Pembangunan Fasilitas Rumah Karyawan*. Factor Exacta 6(3):210-217,2013 ISSN: 1979-276x.
- Harahap , Eri Ahmad dan Arianto Basuki. *Evaluasi Penjadwalan Proyek Jaringan ALMS (Automated Logistic Management System) dengan metode PERT di pangkalan TNI AU Atang Sendjaja Bogor*. Jakarta. Universitas Suryadarma.
- Susilo Yayuk Sundari. *Analisis Pelaksanaan Proyek dengan metode CPM dan PERT (studi Kasus Proyek Pelaksanaan Main Stadium University Of Riau (Multiyears))*. Riau. Universitas Riau.

