

---

## Perancangan Manajemen Proyek Sistem Informasi Akademik Dengan *Critical Path Method* Dan *Program Evaluation And Review Technique*

Daniel Alexander Octavianus Turang<sup>1</sup>, Zaini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Bontang, Bontang 75311, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Bontang, Bontang 75311, Indonesia

### Abstrak

Manajemen proyek merupakan penerapan manajemen pada suatu proyek untuk mengelola dan mencapai suatu hasil tertentu. Manajemen proyek diperlukan untuk mencapai efisiensi dan efektivitas suatu perusahaan. Pada penelitian dilakukan perancangan manajemen proyek menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Manajemen proyek dapat digunakan untuk memperkirakan percepatan proyek (*crashing*). Manajemen proyek yang baik mampu mengoptimalkan waktu dan biaya, sehingga mampu mengurangi kerugian proyek yang diakibatkan keterlambatan proyek. Hasil penelitian diperoleh penjadwalan proyek sistem informasi akademik (SIA) dengan metode CPM dan PERT didapatkan waktu untuk penyelesaian keseluruhan proyek yaitu 48 minggu dan *slack time* 8 minggu dengan keberhasilan proyek sebesar 72,57% dan biaya yang dianggarkan Rp 21.063.000. Dari hasil perhitungan *crashing*, masa pengerjaan proyek dari 48 minggu menjadi 27 minggu. Total biaya aktivitas pada *crashing* sebesar Rp 24.164.000. Jika dihitung biaya berdasarkan besaran selisih biaya *crashing* dan normal, maka terdapat peningkatan biaya yaitu sebesar Rp 3.101.000.

**Kata kunci:** Manajemen Proyek, CPM, PERT, Crashing.

### Abstract

*Project management is an implementation of the management in a project to manage and achieve a certain result. Project management is required for to achieve the efficiency and effectiveness of an enterprise. Research on design of project management using the Critical Path Method (CPM) and Program Evaluation and Review Technique (PERT). Project management can be used to estimate the acceleration of the project (crashing). Good project management is able to optimise time and cost, so it is able to reduce losses due to the delay of the project. The research results obtained the academic information system project scheduling with CPM and PERT obtained time for completion of the whole project that is 48 weeks and slack time 8 weeks with the success of the project of 72.57% and cost budgeted IDR 21,063,000. From the results of the calculation of the crashing, the project implementation of 48 weeks to 27 weeks. The total cost of the activity on the crashing of IDR 24,164,000. If the calculated costs based on the magnitude of the difference in the cost of crashing and normal, then there is an increased cost that is amounting to IDR 3,101,000.*

**Keywords:** Project Management, CPM, PERT, Crashing.

## 1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi informasi era kini terus dikembangkan hingga bertujuan untuk meningkatkan *opportunity* sebuah perusahaan. Perkembangan teknologi informasi sejalan dengan berkembangnya perusahaan yang bergerak di bidang pengembangan teknologi yang berperan sebagai konsultan dan jasa penyedia perangkat lunak. Permintaan proyek yang meningkat memberikan peluang perusahaan untuk dapat meningkatkan keuntungan perusahaan, tetapi di sisi lain peningkatan atas permintaan proyek tersebut dapat menjadi masalah dalam perusahaan apabila tidak memiliki manajemen perusahaan yang baik. Adanya permasalahan tersebut, dibutuhkan perencanaan proyek dalam mengelola proyek agar dapat diselesaikan tepat waktu dan sesuai dengan biaya yang dianggarkan. Manajemen proyek yang baik turut menentukan keberhasilan perusahaan dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengakhiri proyek. Manajemen proyek yang baik juga harus dapat mengenali apakah suatu proyek dapat memberikan keuntungan atau tidak. Keuntungan tidak hanya diukur dari jumlah uang yang diterima dikurangi jumlah uang yang harus dikeluarkan (biaya) tetapi juga diukur dari jumlah usaha dan waktu yang harus dikeluarkan serta tingkat kepuasan pelanggan dalam menggunakan sistem tersebut. Tiga kriteria sukses yang digunakan sebagai penilaian terhadap level keberhasilan atau kegagalan manajemen proyek, yaitu waktu, biaya dan kualitas (Davies, 2002). Penjadwalan diatur berdasarkan dari kegiatan-kegiatan yang terlibat didalamnya dimaksudkan agar suatu proyek dapat berjalan dengan lancar serta efektif. Pihak pelaksana dari suatu proyek biasanya membuat suatu jadwal waktu kegiatan atau *time schedule*.

Critical Path Method (CPM) merupakan sebuah metode yang digunakan dalam menganalisa jaringan kegiatan/aktivitas-aktivitas dari sebuah proyek yang tidak bisa ditunda waktu pelaksanaannya dan memprediksi durasi total pengerjaan proyek serta menentukan jalur kritis yang saling berkaitan pada suatu proyek (Heizer dan Render, 2006). CPM efektif digunakan dalam menghitung jalur kritis (Goryachev dkk, 2016). Keunggulan CPM yaitu menampilkan dependensi untuk membantu penjadwalan serta menentukan slack dan float, serta menunjukkan hubungan antara kegiatan dan memantau kemajuan proyek (Zareei, 2018). Metode PERT

merupakan 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

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan konsep perhitungan dengan menggunakan CPM dan PERT mengenai optimalisasi kinerja proyek terutama waktu dan biaya yang membantu proses perencanaan proyek. Perhitungan CPM dan PERT dapat menghasilkan konsep perhitungan mengenai optimalisasi kinerja proyek yang membantu proses perencanaan proyek, meminimalisir terjadinya ketidaksesuaian pada rencana dan realisasi proyek, mengoptimalkan proses perhitungan masa proyek, mengoptimalkan proses perhitungan biaya, dan digunakan untuk pengambilan keputusan mengenai penanganan langkah-langkah yang harus diambil untuk kelanjutan proyek dan mengurangi resiko kerugian proyek. Selain itu, dilakukan perhitungan nilai crash proyek baik waktu maupun biaya saat laju pengerjaan proyek dipercepat.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1. Manajemen Proyek

Proyek merupakan kegiatan atau usaha bersifat sementara yang dilakukan untuk menciptakan produk, jasa atau hasil yang unik (PMBOK, 2017). Contoh cakupan dari suatu proyek adalah sebagai berikut serta tidak terbatas pada:

1. Membangun suatu jenis produk atau jasa baru
2. Mempengaruhi perubahan dalam struktur, sumber daya manusia atau gaya dari suatu organisasi
3. Mengembangkan atau memperoleh suatu sistem informasi baru atau dimodifikasi
4. Membangun sebuah bangunan atau infrastruktur, atau
5. Implementasi proses bisnis baru atau prosedur.

Manajemen proyek adalah penerapan dari pengetahuan, keahlian, peralatan dan teknik dari aktifitas proyek untuk memenuhi persyaratan-persyaratan yang ada pada suatu proyek (PMBOK, 2017). Mengelola proyek meliputi:

1. Mengidentifikasi persyaratan

2. Mengatasi berbagai kebutuhan, keprihatinan, dan harapan para pemangku kepentingan sebagai proyek direncanakan dan dilaksanakan
3. Menyeimbangkan kendala-kendala yang termasuk namun tidak terbatas di dalam proyek yaitu (6 constraint) :
  - a. *Scope* (lingkup pekerjaan)
  - b. *Quality* (Kualitas)
  - c. *Schedule* (jadwal)
  - d. *Budget* (anggaran)
  - e. *Resources* (sumber daya)
  - f. *Risk* (resiko)

**2.2. Critical Path Method dan PERT**

Critical Method Path (CPM) merupakan teknik yang paling umum digunakan untuk penjadwalan dan pemantauan proyek (Ahuja dan Thiruvengadam, 2004).

Beberapa istilah yang digunakan dalam metode CPM ini adalah:

- a. *Earliest Start Time* (ES)  
ES merupakan waktu tercepat suatu kegiatan/ aktivitas dapat dimulai, dengan memperhatikan waktu kegiatan dan persyaratan pada urutan pengerjaan kegiatan.
- b. *Latest Start Time* (LS)  
LS merupakan waktu paling lambat untuk memulai suatu kegiatan.
- c. *Earliest Finish Time* (EF)  
EF merupakan waktu tercepat kegiatan dapat diselesaikan.
- d. *Latest Finish Time* (LF)  
LF merupakan waktu paling lambat dalam menyelesaikan suatu kegiatan.

Pada CPM dikenal istilah *critical path* atau jalur kritis yang bertujuan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan yang memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga dapat menentukan tingkat prioritas kebijakan dalam penyelenggaraan proyek. Pada CPM dikenal pula istilah *slact time*, yaitu waktu penundaan suatu kegiatan tanpa mengubah jangka waktu proyek secara keseluruhan. *Slack time* didapatkan dengan menggunakan rumus pada persamaan (1).

$$S_{ij} = LS - ES \text{ atau } S = LF - EF \dots\dots\dots (1)$$

PERT dirancang untuk membantu dalam perencanaan dan pengendalian sehingga tidak langsung terlibat dalam optimasi. Dalam PERT

digunakan *expected time*, yang merupakan kombinasi dari ketiga waktu sebagai berikut :

- a. Waktu optimistik : adalah waktu kegiatan apabila semua berjalan dengan lancar tanpa hambatan atau penundaan
- b. Waktu realistik : waktu kegiatan yang akan terjadi apabila suatu kegiatan berjalan dengan normal, dengan hambatan atau penundaan yang wajar dan dapat diterima.
- c. Waktu pesimistik : waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, apabila terjadi hambatan atau penundaan yang melebihi semestinya.

Setelah menentukan ketiga perkiraan waktu tersebut, maka menentukan waktu kegiatan yang diharapkan (*expected timed*) dengan rumus pada persamaan (2) dan varians waktu penyelesaian dengan rumus pada persamaan (3).

$$t = \frac{a+4m+b}{6} \dots\dots\dots (2)$$

$$var = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \dots\dots\dots (3)$$

Notasi a merupakan *optimistic time* / waktu optimistik, m merupakan *most probable time* / waktu realistik, dan b merupakan *pessimistic time* / waktu pesimistik Satuan waktu yang digunakan dalam perhitungan *expected timed* adalah minggu.

Dalam menentukan perkiraan waktu proyek dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan probabilitas dan diselesaikan dengan tabel normalitas. Menghitung standar deviasi proyek dengan rumus pada persamaan (4) dan perhitungan kemungkinan penyelesaian proyek dengan rumus pada persamaan (5)

$$sdp = \sqrt{Varian \text{ Proyek}} \dots\dots\dots (4)$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan keterangan bahwa x merupakan jumlah waktu pelaksanaan proyek yang diharapkan, μ merupakan rata-rata proyek dapat terselesaikan, dan σ merupakan standar deviasi.

**2.3. Crashing**

Mempercepat waktu penyelesaian proyek merupakan suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dalam suatu keadaan tertentu antara umur perkiraan proyek dengan umur rencana proyek terdapat perbedaan. Umur rencana proyek biasanya lebih pendek dari pada

umur perkiraan proyek. Umur perkiraan proyek ditentukan oleh lintasan kritis yang terlama waktu pelaksanaannya, dan waktu pelaksanaan tersebut merupakan jumlah lama kegiatan perkiraan dan kegiatan-kegiatan kritis yang membentuk lintasan tersebut. Sedang umur rencana proyek ditentukan berdasarkan kebutuhan manajemen atau sebab-sebab lain. Ada kalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut *crash program*.

Durasi crashing maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan. Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan kerja lembur, penggunaan peralatan berat dan perubahan metode konstruksi di lapangan. Di dalam menganalisis proses tersebut digunakan asumsi sebagai berikut:

1. Jumlah sumber daya yang tersedia tidak merupakan kendala. Ini berarti dalam menganalisis program mempersingkat waktu, alternatif yang akan dipilih tidak dibatasi oleh tersedianya sumber daya.
2. Bila diinginkan waktu penyelesaian kegiatan lebih cepat dengan lingkup yang sama, maka keperluan sumber daya akan bertambah. Sumber daya inidapat berupa tenaga kerja, material, peralatan atau bentuk lain yang dapat dinyatakan dalam sejumlah dana.

Jadi tujuan utama dari program mempercepat waktu adalah memperpendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang minimal. Untuk mempercepat umur suatu proyek diperlukan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Telah ada diagram jaringan kerja yang tepat.
2. Lama kegiatan perkiraan masing-masing kegiatan telah ditentukan.
3. Berdasarkan ketentuan diatas, dihitung saat paling awal (*Earliest Event Time*) dan saat paling lambat (*Latest Event Time*) semua peristiwa.
4. Ditentukan pada umur rencana proyek (UREN)

Dalam mempersingkat waktu, dimulai dengan menentukan titik awal, yaitu titik yang menunjukkan waktu dan biaya normal proyek. Titik ini dihasilkan dari menjumlahkan biaya normal masing-masing kegiatan komponen proyek, sedangkan waktu penyelesaian proyek normal dihitung dengan metode CPM. Dari titik awal tersebut kemudian dilakukan langkah-langkah mempersingkat waktu dengan pertama-tama terhadap kegiatan kritis. Pada setiap langkah, tambahan biaya untuk memperpendek waktu terlihat pada slope biaya kegiatan yang dipercepat. Dengan menambahkan biaya tersebut, maka pada setiap langkah akan dihasilkan jumlah biaya proyek yang baru sesuai dengan kurun waktunya. Menghitung biaya *crash per week* dengan persamaan (6) dan total biaya *crashing* dengan persamaan (7).

$$cc \text{ per week} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal time} - \text{crash time}} \quad \dots (6)$$

$$\text{total crashing cost} = \sum \text{crash cost per week} \quad \dots (7)$$

### 3. METODE

Metode yang dilakukan yaitu mulai dari penemuan masalah, penentuan tujuan penelitian, pengumpulan dan pengolahan data. Tahap yang dilakukan untuk pengolahan data adalah:

1. Identifikasi aktivitas proyek dengan.
2. Pembuatan alur aktivitas dengan *precedence diagram*. Untuk menentukan waktu dan biaya pelaksanaan proyek yang efisien menggunakan metode CPM, PERT, dan *Crashing*.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Deskripsi Proyek dan Task

Proyek Sistem Informasi Akademik (SIA) pada yang akan dibangun ini mempunyai ruang lingkup (*Scope*), artinya seberapa besar sistem yang harus dikerjakan serta apa saja batasan-batasannya. Untuk itu ruang lingkup proyek SIA adalah sebagai berikut ini:

1. Meneliti prosedur-prosedur, data-data dan laporan yang berhubungan dengan akademik.
2. Menganalisis operasional, perencanaan dan data-data yang berhubungan dengan akademik.

3. Merancang sistem informasi yang dapat mendukung semua operasional SIA.
4. Membuat program komputer untuk sistem informasi akademik universitas.
5. Menerapkan/mengimplementasikan serta melakukan pengujian terhadap kemampuan sistem informasi akademik tersebut sampai bisa dioperasikan dengan memuaskan serta dapat menjawab permasalahan permasalahan yang ditemukan sebelumnya.
6. Melaksanakan pelatihan terhadap civitas akademik yang terlibat.

Dari ruang lingkup tersebut, terdapat beberapa aktivitas/task yang akan dikerjakan selama proyek. Task dalam proyek SIA yang akan dibangun ini secara lebih spesifik dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Deskripsi Task**

ID	Task Name	Deskripsi
A	User requirement	Meneliti dan mengumpulkan data kebutuhan pengguna pada sistem
B	Identifikasi fungsi dan tujuan sistem	Menentukan fungsi dan tujuan sistem dibuat
C	Identifikasi anggota pengembang	Menentukan anggota dalam pengembangan sistem dan deskripsi dari masing-masing anggota tim
D	Identifikasi waktu pengembangan	Menentukan lamanya pengerjaan proyek dan target yang akan dicapai
E	Proses persetujuan surat pengajuan	Mengajukan surat kepada pihak universitas
F	Pembuatan Software Requirements Specification (SRS)	Membuat kebutuhan selama membangun aplikasi dan spesifikasinya
G	Analisis kebutuhan sistem	Meneliti prosedur-prosedur, data-data dan laporan yang berhubungan dengan sistem
H	Identifikasi alur sistem	Melakukan identifikasi alur kerja sistem
I	Perancangan DBMS	Merancang basisdata yang dapat mendukung semua operasional SIA
J	Perancangan antar muka	Merancang antarmuka pengguna sistem SIA

ID	Task Name	Deskripsi
K	Perancangan logic	Merancang logika kerja program
L	Pemrograman tahap I	Membuat aplikasi SIA
M	Ujicoba sistem tahap I	Menguji fungsionalitas sistem
N	Ujicoba sistem dengan pengguna tahap I	Melakukan pengujian oleh pengguna sistem
O	Pemrograman tahap II	Melanjutkan pembuatan program berdasarkan masukan dari pengguna saat uji coba sistem
P	Ujicoba sistem dengan pengguna tahap akhir	Melakukan pengujian oleh pengguna sistem terhadap sistem yang telah diperiki
Q	Install sistem ke pengguna	Aplikasi SIA yang telah selesai dibuat diintegrasikan dengan sistem yang ada di Universitas
R	Serah terima sistem ke user	Aplikasi diserahkan kepada pihak Universitas
S	Pelatihan system	Melakukan pelatihan terhadap civitas akademik untuk menggunakan SIA

## 4.2. Perhitungan Waktu Proyek

### 4.2.1. Menentukan Predecessors, Waktu Optimistisk, Waktu Realistik dan Waktu Pesimistik

Perhitungan waktu proyek dimulai dengan menentukan *predecessors*, waktu optimistisk, waktu realistik dan waktu pesimistik. Selanjutnya menghitung waktu aktivitas yang diharapkan (*expected timed*) dan varians waktu penyelesaian aktivitas. Hasil penentuan dan perhitungan waktu proyek dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2. Perhitungan Waktu Proyek**

ID	Predecessors	a	m	b	Duration (exp. time)	Var
A		1	2	3	2,0	0,11
B	A	2	3	4	3,0	0,11
C	B	1	2	3	2,0	0,11
D	B	2	3	4	3,0	0,11
E	C D	1	2	3	2,0	0,11
F	B E	3	4	5	4,0	0,11
G	F	1	3	5	3,0	0,44
H	G	2	3	4	3,0	0,11
I	G	2	4	6	4,0	0,44
J	G	1	3	5	3,0	0,44

ID	Predecessors	a	m	b	Duration (exp. time)	Var
K	G H	3	4	5	4,0	0,11
L	H I J K	4	5	6	5,0	0,11
M	L	1	2	3	2,0	0,11
N	F M	1	2	3	2,0	0,11
O	N	3	5	7	5,0	0,44
P	O	1	2	3	2,0	0,11
Q	P	2	3	4	3,0	0,11
R	P Q	1	2	3	2,0	0,11
S	R	1	3	5	3,0	0,44
<b>Total</b>					57,0	

**4.2.2. Menghitung waktu proyek mulai dan proyek selesai dengan Critical Path Method**

Waktu paling awal mulai (ES) di mana aktivitas dapat dimulai, dimana Aktivitas inisial proyek diasumsikan terjadi pada waktu  $t = 0$  ( $ES = 0$ ). *Early finish time* dari suatu aktivitas adalah jumlah dari *early start time* dengan durasi aktivitas estimasi. Penetapan *earliest start* untuk aktivitas selanjutnya dari EF terbesar untuk kegiatan presedensi dari aktivitas tersebut:

$ES = \text{Nilai EF maks dari preceding activities}$

Awal waktu selesai (EF) adalah paling awal waktu di mana suatu kegiatan dapat

menyelesaikan jika tidak ada keterlambatan terjadi pada proyek. *Early finish time* (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah dari *early start time* (EF) dengan durasi aktivitas estimasi dimana:

$$EF = ES + t$$

Menentukan LS, LF dan kurun waktu *float*, dan bila lebih dari satu kegiatan bergabung maka diambil angka LS terkecil. Nilai  $LF = EF$  agar dapat diketahuinya kegiatan kritis proyek. Perhitungan waktu pelaksanaan terakhir (LS) untuk setiap aktivitas. Didefinisikan:

$$LS = LF - t$$

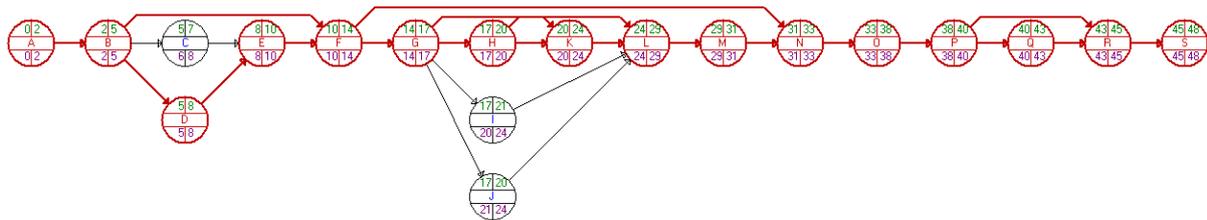
Menghitung LF, waktu selesai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau, yang merupakan angka terkecil dari jumlah kegiatan LS dan LF plus *Constrain* yang bersangkutan. Didefinisikan sebagai:

$LF = \text{Nilai LS Minimum dari aktivitas suksesor}$

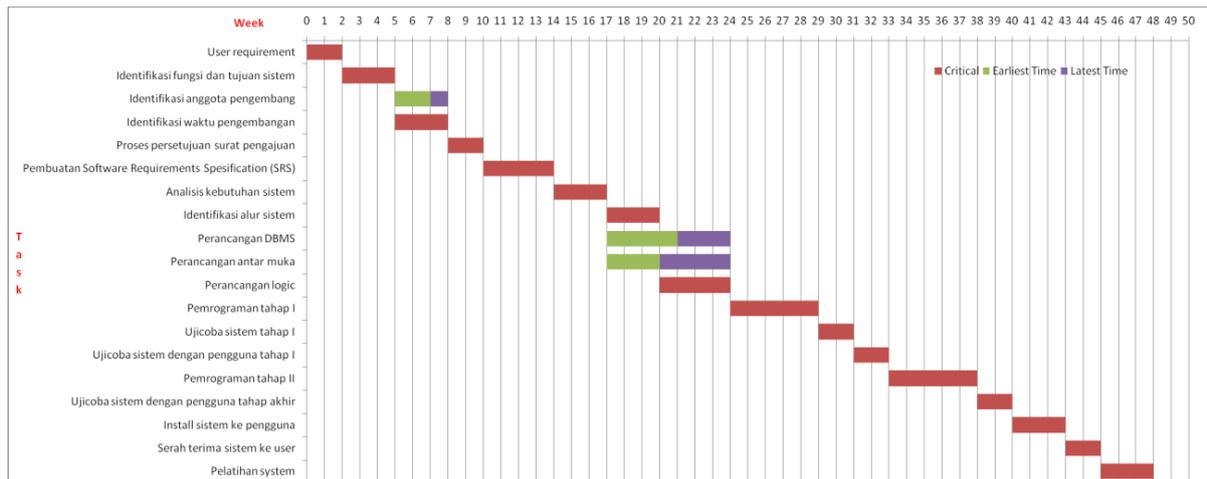
Hasil perhitungan waktu proyek dengan CPM dapat dilihat pada tabel 3. *Diagram network* berdasarkan hasil perhitungan waktu proyek dengan CPM dapat dilihat pada gambar 1. Gantt chart berdasarkan hasil perhitungan waktu proyek dengan CPM dapat dilihat pada gambar 2.

**Tabel 3. Perhitungan Waktu Proyek Dengan CPM**

ID	Predecessors	a	m	b	Duration (exp. time)	Var	ES	EF	LS	LF
A		1	2	3	2,0	0,11	0,0	2,0	0,0	2,0
B	A	2	3	4	3,0	0,11	2,0	5,0	2,0	5,0
C	B	1	2	3	2,0	0,11	5,0	7,0	6,0	8,0
D	B	2	3	4	3,0	0,11	5,0	8,0	5,0	8,0
E	C D	1	2	3	2,0	0,11	8,0	10,0	8,0	10,0
F	B E	3	4	5	4,0	0,11	10,0	14,0	10,0	14,0
G	F	1	3	5	3,0	0,44	14,0	17,0	14,0	17,0
H	G	2	3	4	3,0	0,11	17,0	20,0	17,0	20,0
I	G	2	4	6	4,0	0,44	17,0	21,0	20,0	24,0
J	G	1	3	5	3,0	0,44	17,0	20,0	21,0	24,0
K	G H	3	4	5	4,0	0,11	20,0	24,0	20,0	24,0
L	H I J K	4	5	6	5,0	0,11	24,0	29,0	24,0	29,0
M	L	1	2	3	2,0	0,11	29,0	31,0	29,0	31,0
N	F M	1	2	3	2,0	0,11	31,0	33,0	31,0	33,0
O	N	3	5	7	5,0	0,44	33,0	38,0	33,0	38,0
P	O	1	2	3	2,0	0,11	38,0	40,0	38,0	40,0
Q	P	2	3	4	3,0	0,11	40,0	43,0	40,0	43,0
R	P Q	1	2	3	2,0	0,11	43,0	45,0	43,0	45,0
S	R	1	3	5	3,0	0,44	45,0	48,0	45,0	48,0
<b>Total</b>					57,0					



Gambar 1. Diagram network dengan metode CPM



Gambar 2. Gantt Chart dengan metode CPM

Hasil diatas menunjukkan bahwa proyek selesai dalam waktu 48 minggu dari total waktu (tanpa perhitungan menggunakan CPM) 57 minggu. Durasi 48 minggu didapatkan dari nilai EF dan nilai LS pada task terakhir.

**4.2.3. Perhitungan kelonggaran waktu (slack time)**

Slack memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja, ini dapat dipakai pada waktu penggunaan jaringan kerja dalam praktek dan memungkinkan digunakan pada waktu mengerjakan penentuan jumlah material, peralatan dan tenaga kerja. Total Slack (TS) yaitu tenggang total atau keterlambatan yang diperkenankan untuk suatu aktivitas tanpa akan mengakibatkan keterlambatan bagi penyelesaian proyek. Hasil perhitungan slack dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Slack

ID	ES	EF	LS	LF	Slack
A	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0
B	2,0	5,0	2,0	5,0	0,0
C	5,0	7,0	6,0	8,0	1,0
D	5,0	8,0	5,0	8,0	0,0
E	8,0	10,0	8,0	10,0	0,0
F	10,0	14,0	10,0	14,0	0,0

ID	ES	EF	LS	LF	Slack
G	14,0	17,0	14,0	17,0	0,0
H	17,0	20,0	17,0	20,0	0,0
I	17,0	21,0	20,0	24,0	3,0
J	17,0	20,0	21,0	24,0	4,0
K	20,0	24,0	20,0	24,0	0,0
L	24,0	29,0	24,0	29,0	0,0
M	29,0	31,0	29,0	31,0	0,0
N	31,0	33,0	31,0	33,0	0,0
O	33,0	38,0	33,0	38,0	0,0
P	38,0	40,0	38,0	40,0	0,0
Q	40,0	43,0	40,0	43,0	0,0
R	43,0	45,0	43,0	45,0	0,0
S	45,0	48,0	45,0	48,0	0,0
<b>Total</b>					<b>8,0</b>

Hasil perhitungan slack menunjukkan bahwa nilai slack 1 pada task C, 3 pada task I, dan 4 pada task J. Total nilai slack adalah 8 minggu.

**4.2.4. Menentukan aktivitas pada Critical Path dan Varian Proyek**

Menentukan aktivitas pada Critical Path dengan cara melihat task. Apabila task tidak memiliki slack time, maka task tersebut merupakan aktivitas pada crritical path. Hasil penentuan aktivitas pada critical path dan varian proyek dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5. Penentuan aktivitas pada Critical Path dan Varian Proyek**

ID	Slack	ON Critical Path	Var Critical Path
A	0,0	YES	0,11
B	0,0	YES	0,11
C	1,0	NO	0,00
D	0,0	YES	0,11
E	0,0	YES	0,11
F	0,0	YES	0,11
G	0,0	YES	0,44
H	0,0	YES	0,11
I	3,0	NO	0,00
J	4,0	NO	0,00
K	0,0	YES	0,11
L	0,0	YES	0,11
M	0,0	YES	0,11
N	0,0	YES	0,11
O	0,0	YES	0,44
P	0,0	YES	0,11
Q	0,0	YES	0,11
R	0,0	YES	0,11
S	0,0	YES	0,44
<b>Total</b>	<b>8,0</b>		<b>2,78</b>

Aktivitas atau task yang berada pada *critical path*, yaitu A, B, D, E, F, G, H, K, L, M, N, O, P, Q, R, dan S. Varian proyek didapatkan dari total varian kegiatan pada *critical path*, yaitu 2,78.

**4.2.5. Standar Deviasi Proyek**

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi Proyek} &= \sqrt{\text{Varian Proyek}} \\ &= \sqrt{2,78} \\ &= 1,67 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka nilai standar deviasi proyek adalah 1,67 minggu.

**4.2.6. Perhitungan Kemungkinan Penyelesaian Proyek**

Untuk menghitung kemungkinan penyelesaian proyek menggunakan tabel *normal-Z-value*. Menghitung nilai *normal-Z-value* diperlukan waktu penyelesaian yang diinginkan (*due date*) dan waktu proyek selesai yang diharapkan (*expected time*). Misalkan waktu penyelesaian yang diinginkan adalah 49 minggu, maka:

$$Z = \frac{49 - 48}{1,67} = 0,60$$

Dengan menggunakan tabel *normal-Z-value* didapatkan probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 49 minggu adalah 0,7257 atau sama dengan hanya 72,57%.

**4.3. Perhitungan Biaya Proyek**

Perhitungan biaya proyek dilakukan berdasarkan anggaran yang telah direncanakan. Perencanaan anggaran merupakan perkiraan anggaran yang akan digunakan pada setiap aktivitas proyek. Perencanaan anggaran dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Perencanaan Anggaran**

ID	Duration (exp. time)	Total Budget Cost (Rp)	Budget Cost per Week (Rp)
A	2,0	550000	275000
B	3,0	1278000	426000
C	2,0	500000	250000
D	3,0	510000	170000
E	2,0	800000	400000
F	4,0	1680000	420000
G	3,0	933000	311000
H	3,0	810000	270000
I	4,0	1384000	346000
J	3,0	576000	192000
K	4,0	1152000	288000
L	5,0	3800000	760000
M	2,0	2000000	1000000
N	2,0	924000	462000
O	5,0	2500000	500000
P	2,0	462000	231000
Q	3,0	288000	96000
R	2,0	346000	173000
S	3,0	570000	190000
<b>Total</b>		<b>21063000</b>	

**4.4. Crashing**

*Crashing* merupakan pengestimasiian waktu proyek yang lebih cepat dari waktu normalnya. Pada tabel 7 menunjukkan jumlah hari dan biaya untuk aktivitas dengan *crash time*.

**Tabel 7. Waktu dan Biaya Crashing**

ID	Time (Week)		Cost (Rp)	
	Normal	Crash	Normal	Crash
A	2	1	550000	700000
B	3	2	1278000	1550000
C	2	1	500000	860000
D	3	1	510000	800000
E	2	1	800000	1000000
F	4	2	1680000	1980000
G	3	1	933000	1020000
H	3	1	810000	910000
I	4	2	1384000	1425000
J	3	2	576000	600000
K	4	2	1152000	1200000
L	5	2	3800000	4150000
M	2	1	2000000	2100000
N	2	1	924000	955000

ID	Time (Week)		Cost (Rp)	
	Normal	Crash	Normal	Crash
O	5	3	2500000	2785000
P	2	1	462000	480000
Q	3	1	288000	299000
R	2	1	346000	350000
S	3	1	570000	1000000
<b>Total</b>			21063000	24164000

Metode *crashing* mempersingkat masa pengerjaan proyek dari 48 minggu menjadi 27 minggu. Total biaya aktivitas pada *crashing* sebesar Rp 24.164.000,-. Jika dihitung biaya berdasarkan besaran selisih biaya *crashing* dan normal, maka terdapat peningkatan biaya yaitu sebesar Rp 3.101.000,-.

## 5. KESIMPULAN

CPM atau disebut metode jalur kritis merupakan salah satu metode penjadwalan proyek yang dikembangkan oleh E.I. du Pont de Nemours & Company dan kemudian diperluas oleh Mauchly Associates. Jalur (lintasan) kritis suatu proyek adalah jalur dalam suatu jaringan kerja sedemikian sehingga kegiatan pada lintasan ini memiliki kelambanan nol. Pada penjadwalan CPM dan PERT, kegiatan-kegiatan dalam proyek diklasifikasikan menjadi kegiatan kritis dan kegiatan nonkritis. Sebuah kegiatan dikatakan kritis jika penundaan saat awalnya akan menyebabkan penundaan waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Sebuah kegiatan nonkritis adalah kegiatan-kegiatan dengan jumlah waktu di antara waktu awal yang paling cepat dengan waktu penyelesaian yang paling akhir (sebagaimana diijinkan oleh proyek yang bersangkutan) adalah lebih panjang dari durasi aktualnya.

Penjadwalan proyek sistem informasi akademik (SIA) dengan metode CPM dan PERT didapatkan waktu untuk penyelesaian keseluruhan proyek yaitu 48 Minggu dan *slack time* 8 minggu. Terdapat 16 aktivitas dari 19 aktivitas yang berada pada *critical path*. Penerapan metode

CPM pada penjadwalan durasi proyek keberhasilan proyek dapat selesai sebesar 72,57% dengan nilai *due date* 49 minggu. Biaya yang dianggarkan Rp 21.063.000,-. Dari hasil perhitungan metode *crashing*, masa pengerjaan proyek dari 48 minggu menjadi 27 minggu. Total biaya aktivitas pada *crashing* sebesar Rp 24.164.000,-. Jika dihitung biaya berdasarkan besaran selisih biaya *crashing* dan normal, maka terdapat peningkatan biaya yaitu sebesar Rp 3.101.000,-.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, V., dan Thiruvengadam, V., 2004, *Project Scheduling and Monitoring: Current Research Status*, Construction Innovation, Vol. 48, pp. 19-31.
- Davies, T. C., 2002, *The "Real" Success Factors on Projects*, International Journal of Project Management, Vol. 20, pp. 185–190.
- Goryachev, A.A., Goryachev, A. V., Monakhov, A. V., dan Novakova, N. E., 2016, *Calculating Critical Path: Comparison of Heuristic Methods*, International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), pp. 10-13.
- Heyzer, J. dan Render, B., 2006, *Operations Management*, 8<sup>th</sup> Edition.
- Project Management Institute, 2017, *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)® Guide, Sixth Edition*.
- Zareei, S., 2018, *Project scheduling for constructing biogas plant using critical path method*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 81, pp 756-759.