

ANALISIS PERCEPATAN PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE “WHAT IF”

(Studi Kasus: Pembangunan Biara Susteran Ursulin-Onolimbu, Nias Barat)

**Micheline Agatha Sugitan
Jermias Tjakra, Tisano Tj. Arsjad**
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado
E-mail: msugitan04@gmail.com

ABSTRAK

Dalam pembangunan suatu proyek konstruksi, perlu dilakukan perencanaan yang matang agar pelaksanaan pembangunan proyek tersebut dapat berjalan dengan baik. Pembatasan atau kendala ini menghambat kemajuan proyek konstruksi. Diharapkan tidak ada kendala yang mempengaruhi waktu konstruksi selama proses pelaksanaan. Salah satu metode crash yang akan digunakan adalah analisis “what if”, yang digunakan untuk mensimulasikan keterlambatan dalam model CPM atau jalur kritis. Analisis ini digunakan untuk memprediksi adanya keterlambatan dalam proses implementasi. Oleh karena itu, jika terjadi keterlambatan kerja, pekerjaan sebelumnya atau pekerjaan berikutnya yang terkena jalur kritis harus dipercepat, yaitu dengan meningkatkan total waktu kerja yang dapat dilakukan untuk memenuhi rencana awal. Untuk mempercepat waktu penyelesaian pekerjaan maka perlu dilakukan penambahan jam kerja (lembur) atau penambahan tenaga, peralatan dan biaya. Adapun durasi total proyek berdasarkan time schedule adalah 230 hari. Sedangkan, durasi total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek setelah dilakukan peninjauan terhadap salah satu waktu aktivitas yakni pada aktivitas A yang mengalami asumsi keterlambatan sebesar 10% adalah 221,6 hari, 20% adalah 210,3 hari, 30% adalah 209,5 hari, 40% adalah 199,2 hari, dan 50% adalah 232,5 hari.

Kata Kunci: *Time Schedule, Crashing, Analisis “What If”, Metode CPM, Penambahan Jam Kerja*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proyek mengacu pada setiap pekerjaan yang direncanakan sebelumnya yang membutuhkan sejumlah dana dan penggunaan input lain untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu. Urutan dan waktu pelaksanaan pekerjaan konstruksi adalah jumlah hari yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tersebut.

Saat melaksanakan proyek konstruksi, terkadang menemui kendala. Pembatasan atau kendala tersebut menghambat pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan proyek yang matang untuk mengantisipasi keterlambatan proyek.

Salah satu cara untuk mempercepat proyek tersebut adalah dengan mempercepat aktivitas. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk mempercepat proses tersebut adalah metode “what if”. Jika tidak sesuai dengan jadwal yang direncanakan, metode “what if” ini dapat digunakan sebagai acuan pengambilan keputusan yang tepat dan efektif. Metode “what if” diterapkan pada teknologi CPM (Critical Path

Method). CPM adalah metode untuk memperpendek atau tidak memperluas jalur kritis dengan menyertakan biaya.

Berdasarkan uraian ini, pengendalian dapat digunakan dalam rencana proyek untuk mengantisipasi hambatan yang akan memperlambat kecepatan konstruksi. Pengendalian yang dilakukan dapat berupa penambahan jam kerja (lembur). Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, maka judul penulis adalah “Analisis Percepatan Proyek Dengan Menggunakan Metode “What If” (Studi Kasus : Pembangunan Biara Susteran Ursulin-Onolimbu, Nias Barat)”.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana langkah percepatan waktu pelaksanaan suatu proyek yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan metode analisa “what if”?
2. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dengan penambahan jam kerja setelah dilakukan metode analisa “what if”?

Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang ada dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pengambilan data lapangan dilakukan pada perencanaan Pembangunan Biara Susteran Ursulin-Onolimbu, Nias Barat.
2. Percepatan pekerjaan yang dilakukan pada analisis ini hanya menggunakan penambahan jam kerja.
3. Hari yang digunakan untuk pekerjaan adalah Senin-Jumat.
4. Jam kerja perhari adalah pukul 08.00-12.00 dan 13.00-17.00 (8 jam kerja).
5. Penambahan waktu kerja maksimal selama 4 jam.

Tujuan Penelitian

1. Menentukan langkah percepatan waktu pelaksanaan suatu proyek yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan metode analisa "what if".
2. Menganalisis lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dengan penambahan jam kerja setelah dilakukan metode analisa "what if".

Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan diperoleh dari penelitian ini diantaranya :

1. Dapat memberi pengetahuan dan informasi dalam hal percepatan waktu apabila proyek mengalami keterlambatan.
2. Dapat menambah wawasan serta pengalaman bagi penulis.
3. Dapat menambah informasi bagi penulis selanjutnya yang akan melakukan penelitian lanjutan.

LANDASAN TEORI

Perencanaan dan Pengendalian Proyek

Perencanaan mengacu pada proses yang bertujuan untuk meletakkan dasar bagi tujuan dan sasaran, termasuk penyiapan sumber daya untuk mencapai tujuan tersebut. Ini berarti memilih dan menentukan langkah-langkah kegiatan di masa depan yang diperlukan untuk mencapai tujuan ini. Rencana yang tepat terstruktur secara sistematis dan mempertimbangkan faktor-faktor obyektif akan dapat menjalankan fungsi-fungsi berikut :

- a. Sarana komunikasi bagi semua pihak penyelenggara proyek.
- b. Dasar pengaturan alokasi sumber daya.

c. Alat untuk mendorong perencana dan pelaksana melihat ke depan dan menyadari pentingnya unsur waktu.

- d. Pegangan dan tolok ukur fungsi pengendalian.

Dengan mengacu pada area ilmu manajemen proyek, perencanaan operasional proyek terdiri dari:

- a. Perencanaan Lingkup Proyek
- b. Perencanaan Mutu
- c. Perencanaan Waktu Dan Penyusunan Jadwal
- d. Perencanaan Biaya
- e. Perencanaan Sumber Daya dibagi menjadi dua kategori, yaitu rencana sumber daya non-manusia dan rencana sumber daya manusia (SDM).
- f. Program Pengelolaan Risiko
- g. Perencanaan Kontrak Dan Pembelian
- h. Perencanaan Komunikasi.
- i. Overall Project Plan

Sedangkan fungsi lain yang tidak dapat dipisahkan dari rencana adalah pengendalian, yang tujuannya adalah untuk memantau dan meninjau, sehingga pelaksanaan rencana dapat bergerak ke arah tujuan yang telah ditetapkan. Menurut R. J. Mockler (1972), pengendalian adalah pekerjaan yang sistematis, yang bertujuan untuk menentukan standar berdasarkan tujuan perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan implementasi dengan standar, menganalisis kemungkinan penyimpangan antara implementasi dan standar, kemudian mengambil tindakan yang diperlukan, memanfaatkan sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai tujuan. proses pengendalian proyek dapat dibagi menjadi langkah-langkah berikut:

1. Menentukan sasaran.
2. Menentukan standar dan kriteria sebagai patokan dalam rangka mencapai sasaran.
3. Merancang/menyusun sistem informasi, pemantauan, dan pelaporan hasil pelaksanaan pekerjaan.
4. Mengumpulkan data info hasil implementasi.
5. Mengkaji dan menganalisis hasil pekerjaan terhadap standar, kriteria, dan sasaran yang telah ditentukan.
6. Mengadakan tindakan pembetulan.

Untuk proyek E-MK, elemen kontrol yang juga menjadi tujuan pengendalian proyek adalah ruang lingkup, biaya, jadwal, dan kualitas.

Rencana Anggaran Biaya

Penyusunan anggaran biaya bangunan memiliki maksud dan tujuan yakni untuk menghitung biaya-biaya yang diperlukan dari suatu bangunan dan dengan biaya ini bangunan

tersebut dapat terwujud sesuai dengan yang direncanakan. Faktor yang mempengaruhi penyusunan anggaran biaya suatu bangunan terdiri atas faktor teknis yang meliputi ketentuan-ketentuan dan persyaratan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan pembangunan serta gambar-gambar konstruksi bangunan, dan faktor non-teknis yang meliputi harga bahan-bahan bangunan dan upah tenaga kerja. Secara garis besar, anggaran biaya terbagi atas 2 jenis, yaitu anggaran biaya perkiraan/raba (*cost estimate*) yang dalam penyusunannya dihasilkan anggaran biaya kasar yang diusahakan, hasilnya tidak terpaut jauh dengan anggaran biaya yang sebenarnya/pasti. Dan anggaran biaya definitif/pasti yang dalam penyusunannya perlu dilakukan dengan sangat teliti, rinci dan selengkap-lengkapnya sehingga dihasilkan harga bangunan yang sebenarnya. Berikut dijelaskan langkah-langkah dalam menghitung RAB volume antara lain :

- a. Pekerjaan awal
- b. Pekerjaan galian dan urugan
- c. Pekerjaan pondasi
- d. Pekerjaan beton
- e. Pekerjaan dinding
- f. Pekerjaan kusen, pintu dan jendela
- g. Pekerjaan rangka atap
- h. Pekerjaan penggantung dan pengunci
- i. Pekerjaan lantai dan keramik
- j. Pekerjaan sanitasi

Jadwal Aktivitas (*Time Schedule*)

Jadwal waktu aktivitas (*Time Schedule*) merupakan urutan kerja yang berisi tentang jenis pekerjaan yang akan diselesaikan dan waktu suatu pekerjaan dimulai dan diakhiri. Secara umum, manfaat dari jadwal kegiatan antara lain sebagai pedoman terhadap unit pekerjaan mengenai batas-batas waktu dimulai dan diakhiri suatu pekerjaan, sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistik dalam menentukan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu, sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan, menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan, memberi kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan, dan sarana dalam pengendalian proyek. Rencana kerja terbagi atas beberapa jenis, yaitu :

1. *Gantt chart*
2. *Coordinate Graph*
3. *Hannum Curve*
4. *Network Schedule*

Beberapa pertimbangan dalam menyusun jadwal aktivitas, antara lain:

1. Situasi dan kondisi lapangan, untuk mengetahui hambatan dan kemudahan yang terdapat di lapangan.
2. Faktor cuaca, yang mempengaruhi prestasi kerja.
3. Sumber daya yang dimiliki oleh pelaksana, dapat berupa tenaga kerja, kemampuan dan keterampilan tenaga kerja, dan kapasitas alat-alat kerja.
4. Jenis dan volume pekerjaan yang dilaksanakan.
5. Batasan waktu yang diberikan oleh pemberi tugas
6. Spesifikasi pekerjaan dilihat dari bestek direncanakan, yakni pekerjaan yang didahulukan dan diprioritaskan kualitas tertentu disusun berdasarkan bestek.

Pelaksanaan penyusunan rencana kerja dapat dilakukan dengan cara :

1. Daftar bagian-bagian pekerjaan berisi semua bagian pekerjaan pokok yang ada dari pembangunan yang akan dilaksanakan termasuk perincian jenis-jenis perkerjaan.
2. Urutan pekerjaan ditentukan berdasarkan macam bangunan yang dilaksanakan dan disusun berdasarkan urutan pelaksanaan pekerjaan yakni berupa penentuan bagian pekerjaan yang dapat dilaksanakan kemudian dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pada waktu yang bersamaan bagian-bagian pekerjaan tertentu.
3. Waktu pelaksanaan pekerjaan merupakan jangka waktu pelaksanaan dari seluruh pekerjaan yang dihitung dari permulaan hingga seluruh pekerjaan selesai. Pada sebuah konstruksi biasanya tersedia catatan perkiraan jam-orang untuk menyelesaikan suatu aktivitas. Sehingga, angka kurun waktu dapat dihitung dari perkiraan jam-orang untuk menyelesaikan suatu aktivitas dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan menggunakan rumus:

$$\text{waktu pelaksanaan} = \frac{a+4m+b}{6} \dots (1)$$

Keterangan :

a = waktu paling optimis

m = waktu normal

b = waktu paling pesimis

$$\text{waktu pelaksanaan} =$$

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{jumlah tenaga kerja} \times \text{produksi tiap orang/hari}} \quad (2)$$

Metode CPM (*Critical Path Method*)

CPM merupakan upaya untuk mempersingkat atau tidak memperpanjang jalur

kritis dengan memasukkan elemen pembiayaan. Pada metode CPM diketahui bahwa terdapat jalur kritis yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen aktif, dan komponen aktif tersebut memiliki total waktu terlama dan menunjukkan waktu penyelesaian proyek tercepat. Oleh karena itu, jalur kritis mencakup serangkaian aktivitas utama, dari aktivitas pertama hingga aktivitas proyek terakhir. Menurut Mahendra, langkah-langkah pembuatan *Critical Path Method* (CPM), yaitu :

- a. Pahami urutan dari masing-masing aktivitas dan ketergantungan antara masing-masing aktivitas yang bersangkutan.
- b. Rangkai satu jaringan sesuai dengan persyaratan, kegiatan mana yang harus mendahului kegiatan lain dan kegiatan yang merupakan kegiatan lanjutan dari kegiatan sebelumnya.
- c. Apabila jumlah macam aktivitas (*work items*) banyak hingga mencapai ratusan, untuk memudahkan penyusunan CPM dikerjakan dengan mengikuti urutan dari masing-masing kelompok pekerjaannya (*work items group*).
- d. CPM dari *work items group* yang telah dibuat, digabungkan dengan CPM *detail work items* yang dibuat sendiri. CPM gabungan merupakan CPM lengkap atas seluruh aktivitas.

Tiga kondisi yang harus dipenuhi setiap aktivitas kritis adalah :

1. Waktu awal dan akhir dimulainya aktivitas harus sama
2. Waktu awal dan akhir selesaiannya aktivitas harus sama.
3. Perbedaan antara ES (*Early Start*) dan LF (*Late Finish*) harus sama durasinya.

Percepatan Waktu Penyelesaian Pekerjaan (*Crash Program*)

Tujuan utama dari memperpendek rencana waktu adalah untuk mempersingkat jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang paling sedikit. Untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan (*crash program*), faktor-faktor berikut perlu diperhatikan:

- Areal kerja mencukupi untuk lancarnya pekerjaan,
- Peralatan mencukupi,
- Tenaga mencukupi,
- Dana yang tersedia mencukupi,
- Pekerjaan yang dilaksanakan memungkinkan
- Hari-hari libur.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat pelaksanaan proyek, antara lain :

1. Penambahan jam kerja (lembur) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja setiap hari, menambah jumlah tenaga kerja dan peralatan. Dengan penambahan jam kerja (lembur), perlu dievaluasi dampak dari jadwal terhadap pembiayaan. Berikut ini rencana kerja yang akan dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan menggunakan metode jam kerja lembur :

- Waktu kerja normal adalah 8 jam, sedangkan lembur dilakukan setelah waktu kerja normal.
- Harga upah tenaga kerja untuk penambahan jam kerja (lembur) menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 11 dihitung :
 - Untuk jam kerja lembur pertama, harus dibayar upah lembur sebesar 1,5 kali upah satu jam.
 - Untuk jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah lembur sebesar 2 kali upah satu jam.

Melakukan percepatan pada aktivitas dengan cara menambah jam kerja pada aktivitas pengikut dengan rumus :

$$\Delta H = H' - H = \frac{\Sigma \text{manhour}}{d_s \times n} - H \dots (3)$$

Dimana :

- n = jumlah pekerja rencana
 $\Sigma \text{manhour}$ = jumlah jam-orang untuk menyelesaikan aktivitas
 d_s = durasi percepatan
 ΔH = jam kerja tambahan
 H = jam kerja normal (8 jam per hari)
 H' = jam kerja untuk percepatan aktivitas

Memeriksa jam kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas percepatan dengan batasan jam kerja optimum/maksimum dalam satu hari kerja sebanyak 12 jam.

2. Pembagian giliran kerja dilakukan apabila tenaga kerja yang tersedia mencukupi untuk memenuhi kebutuhan mungkin dapat diatur dengan cara bergantian, yaitu unit pekerja giliran sore hingga malam. Untuk menjaga produktivitas yang tetap, giliran kerja diprioritaskan dan diusahakan agar seorang pekerja dapat bekerja sama dengan timnya.
3. Penambahan tenaga kerja yang optimum dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tanpa menambah jam kerja dapat meningkatkan produktivitas kerja,

- namun apabila penambahan tenaga kerja terlalu berlebihan, dapat menurunkan produktivitas kerja.
4. Penambahan atau pergantian peralatan dimaksudkan untuk menambah produktivitas kerja, mencegah kelebihan kerja yang lebih, dan jumlah tenaga kerja manusia.
 5. Penggantian atau perbaikan metode kerja dilakukan jika metode yang telah dilakukan selalu terlambat dan tidak efisien.
 6. Konsentrasi pada aktivitas tertentu berarti penambahan / pemindahan tenaga kerja atau peralatan pada suatu aktivitas tertentu.
 7. Kombinasi dari alternatif yang ada dapat dilakukan dengan mengombinasikan alternatif - alternatif yang ada sehingga menghasilkan suatu cara yang sesuai dengan proyek tersebut, terutama proyek berskala besar dan mempunyai banyak aktivitas.
 8. Perencanaan Penjadwalan dengan Menggunakan Program *Primavera 6.0* merupakan program untuk perencanaan dan pengawasan tingkat tinggi, memberikan perencanaan proyek, sumber daya, dan daftar kontrol biaya proyek secara luas.

Analisa "What If"

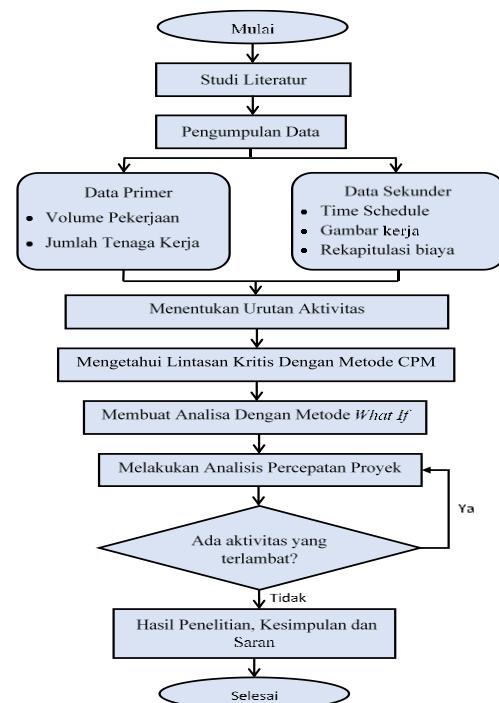
Studi kelayakan proyek dilakukan berdasarkan banyak asumsi. Hal ini disebabkan banyaknya faktor ketidakpastian kondisi dan kondisi masa depan. Berdasarkan data dan prakiraan untuk periode tersebut, hipotesis yang diperkirakan dipilih dari alternatif yang dianggap terbaik. Tidak sulit untuk memahami bahwa jika asumsi yang digunakan berbeda atau berubah maka keputusan yang diambil juga akan berbeda. analisis sensitivitas bertujuan untuk menguji tingkat pengaruh perubahan faktor finansial-ekonomi terhadap keputusan yang dipilih. Di sini, akan terlihat apakah keputusan yang dibuat sensitif terhadap perubahan elemen tertentu. Jika nilai suatu elemen berubah dengan perubahan yang relatif besar, tetapi tidak ada keputusan yang diambil, keputusan tersebut dianggap tidak sensitif terhadap elemen yang dimaksud. Sebaliknya, jika terjadi perubahan kecil yang mengarah pada perubahan keputusan, maka disebut keputusan yang peka terhadap faktor-faktor yang terlibat.

Analisis "What If" adalah metode yang sensitivitas yang sering digunakan dalam proses pengambilan keputusan karena ketidakpastian dan keraguan di dunia nyata. Proyek konstruksi yang sangat fleksibel dan kompleks merupakan pekerjaan yang berisiko sangat tinggi karena

dilakukan secara eksternal dan bergantung pada banyak aspek terkait, sehingga diyakini bahwa analisis "What If" harus diterapkan pada perencanaan model CPM. Di sini, akan terlihat peran *floating* dalam aktivitas non-kritis, lalu melakukan aktivitas langkah durasi yang dipercepat pada pengikut, agar durasi proyek tidak tertunda dan efektif. Langkah untuk mempercepat durasi aktivitas dapat dilakukan dengan menambah jam kerja dan jumlah pekerja per hari.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan diawali dengan peneliti melakukan studi literatur dari buku dan jurnal. Kemudian, peneliti akan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Peneliti kemudian akan mengolah data dengan menyusun urutan aktivitas untuk mengetahui lintasan kritis sehingga dapat dibuat diagram *activity of arrow* dengan metode CPM. Selanjutnya, akan dilakukan analisis dengan metode "what if" apabila mengalami keterlambatan, maka akan dilakukan percepatan pada proyek. Jika sudah tidak terjadi keterlambatan, maka akan dilanjutkan pada tahap terakhir, yaitu peneliti akan memberikan hasil penelitian, kesimpulan dan saran dari penelitian ini.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data-data yang diperlukan pada penelitian ini terdiri dari:

Data Primer

Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya ataupun berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, dengan demikian pengambilan data tersebut bisa dilakukan dengan observasi ataupun pengujian untuk mendapatkan data yang real. Adapun data - data tersebut adalah:

- Volume Pekerjaan,
- Jumlah Tenaga Kerja.

Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa arsip atau catatan, dan seringkali juga pengambilan data sekunder ini bisa di dapat pada pihak instansi tertentu atau hasil wawancara dari pihak-pihak yang terkait. Adapun data-data tersebut adalah:

- *Time Schedule*,
- Gambar kerja,
- Rekapitulasi biaya.

HASIL DAN ANALISIS

Analisa Jaringan Kerja Metode CPM

Langkah awal dalam pengolahan data ini adalah membuat diagram jaringan kerja. Model

CPM yang dipakai adalah *time schedule* dari proyek Pembangunan Rumah Biara Susteran Ursulin - Onolimbu di Nias Barat, yang mempresentasikan aktivitas, nama pekerjaan, pendahulu, durasi pelaksanaan. Yang dapat dilihat pada tabel berikut :

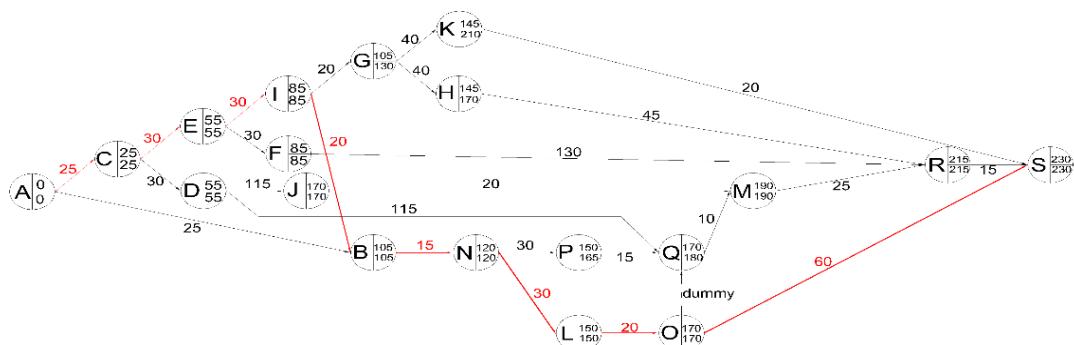
Tabel 1 Urutan Aktivitas Dari Proyek Pembangunan Rumah Biara Susteran Ursulin - Onolimbu, Nias Barat

AKTIVITAS	JENIS PEKERJAAN	PENDAHULU	DURASI (HARI)
A	Pekerjaan Persiapan 1	-	25
B	Pekerjaan Persiapan 2	A, I	15
C	Pekerjaan Struktur 1	A	30
D	Pekerjaan Struktur 2	C	115
E	Pekerjaan Arsitektur 1	C	30
F	Pekerjaan Arsitektur 2	E	130
G	Pekerjaan Atap 1	I + 5 wks*	40
H	Pekerjaan Atap 2	G	45
I	Pekerjaan MEP 1	E	20
J	Pekerjaan MEP 2	D	20
K	Pekerjaan MEP 3	G + 8 wks**	20
L	Pekerjaan Peralatan Utama 1	N	20
M	Pekerjaan Peralatan Utama 2	J, Q	25
N	Pekerjaan Garasi 1	B	30
O	Pekerjaan Garasi 2	L, P	60
P	Pekerjaan Additional Biara 1	N	15
Q	Pekerjaan Additional Biara 2	P, L, D	10

Keterangan :

5 wks* =durasi waktu untuk pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, dan pekerjaan arsitektur (minggu).

8wks** =durasi waktu untuk pekerjaan atap (minggu).



KETERANGAN :

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|
| Ⓐ = Pekerjaan Persiapan 1 | Ⓑ = Pekerjaan Persiapan 2 | Ⓒ = Pekerjaan Struktur 1 | Ⓓ = Pekerjaan Struktur 2 | Ⓔ = Pekerjaan Arsitektur 1 | Ⓕ = Pekerjaan Arsitektur 2 | Ⓖ = Pekerjaan Atap 1 | Ⓗ = Pekerjaan Atap 2 | Ⓘ = Pekerjaan MEP 1 | Ⓛ = Pekerjaan MEP 2 | Ⓜ = Pekerjaan MEP 3 | Ⓛ = Pekerjaan Peralatan Utama 1 | Ⓜ = Pekerjaan Peralatan Utama 2 | Ⓝ = Pekerjaan Garasi 1 | Ⓞ = Pekerjaan Garasi 2 | Ⓟ = Pekerjaan Additional Biara 1 | Ⓡ = Pekerjaan Additional Biara 2 | Ⓢ = Pekerjaan Additional Biara 3 | Ⓣ = Selesai |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|

Gambar 2 Diagram Activity On Arrow (AOA) Keadaan Normal

Berdasarkan urutan aktivitas pekerjaan yang telah disusun, dapat dibuat diagram *activity on arrow* (AOA) dengan metode CPM untuk menghasilkan lintasan kritis dari pekerjaan. Panah warna merah pada diagram *activity on arrow* (AOA) merupakan lintasan kritis dari aktivitas pekerjaan, sedangkan panah warna hitam merupakan aktivitas non-kritis. Pada kondisi normal, total durasi yang dibutuhkan proyek adalah 230 hari. Lintasan kritis ditampilkan dalam diagram *activity on arrow* (AOA) pada gambar 2.

Perhitungan Volume Pekerjaan dan Jumlah Tenaga Kerja Setiap Aktivitas

Untuk menentukan jumlah tenaga kerja, diperlukan volume setiap aktivitas pekerjaan. Uraian volume setiap aktivitas dihitung berdasarkan gambar kerja/denah yang menjelaskan detail ukuran-ukuran secara rinci. Setelah menghitung volume pekerjaan, dilakukan perhitungan jumlah tenaga kerja. Menurut Iman Soeharto, rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung waktu pelaksanaan rencana dan jumlah pekerja :

$$N = \frac{k \times V}{T} \quad \dots \dots (4)$$

Dimana :

N = Jumlah Tenaga Kerja

k = Koefisien Tenaga Kerja dalam Analisa Harga Satuan

V = Kuantitas Pekerjaan

T = Lama Pekerjaan

Volume pekerjaan dan jumlah tenaga kerja yang dihitung pada suatu pekerjaan (aktivitas A dan aktivitas C), akan diuraikan sebagai berikut :

Aktivitas A

➤ Pembersihan Lokasi :

- Volume pekerjaan biara :

$$Vol = Panjang Lahan \times Lebar Lahan \\ = 34,5 \text{ m} \times 18,5 \text{ m} = 638,25 \text{ m}^2$$

- Jumlah tenaga kerja :

$$P = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,1000 \times 638,25 \text{ m}^2}{15} \\ = 5 \text{ orang}$$

$$M = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,0500 \times 638,25 \text{ m}^2}{15} \\ = 3 \text{ orang}$$

Total tenaga kerja untuk pekerjaan pembersihan lokasi biara = P + M = 5 orang + 3 orang = **8 orang**.

➤ Pemasangan Bouwplank :

- Volume pekerjaan biara :

Vol

= Panjang Total Pekerjaan Pondasi

= Panjang Vertikal

+ Panjang Horizontal

= 151 m + 215,75 m = **366,75 m**

- Jumlah tenaga kerja :

$$P = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,1000 \times 366,75 \text{ m}}{10} \\ = 4 \text{ orang}$$

$$T = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,1000 \times 366,75 \text{ m}}{10} \\ = 4 \text{ orang}$$

$$KT = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,0100 \times 366,75 \text{ m}}{10} \\ = 1 \text{ orang}$$

$$M = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,0045 \times 366,75 \text{ m}}{10} \\ = 1 \text{ orang}$$

Total tenaga kerja untuk pekerjaan pemasangan bouwplank = P + T + KT +

M = 4 orang + 4 orang + 1 orang + 1 orang = **10 orang**.

Total tenaga kerja Aktivitas A = Total tenaga kerja untuk pekerjaan pembersihan lokasi biara + Total tenaga kerja untuk pekerjaan pemasangan bouwplank = **8 orang + 10 orang = 18 orang**.

Aktivitas C

➤ Pekerjaan Galian Tanah Biasa 1,5 M :

- Volume pekerjaan biara :

Vol

= Panjang Total Galian Pondasi

× Lebar Galian × Tinggi Galian

= 366,75 m × 1 m × 1,5 m

= **550,125 m³**

- Jumlah tenaga kerja :

$$P = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,8230 \times 550,125 \text{ m}^2}{25} \\ = 19 \text{ orang}$$

$$M = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,0830 \times 550,125 \text{ m}^2}{25} \\ = 2 \text{ orang}$$

Total tenaga kerja untuk pekerjaan galian tanah gambut biara 1,5 m = P + M = 19 orang + 2 orang = **21 orang**.

➤ Urugan Pasir Bawah Pondasi :

- Volume pekerjaan biara :

Vol

$$\begin{aligned}
 &= \text{Panjang Total Pasir Bawah Pondasi} \\
 &\times \text{Lebar Pasir Bawah Pondasi} \\
 &\times \text{Tinggi Pasir Bawah Pondasi} \\
 &= 366,75 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 36,675 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Jumlah tenaga kerja :

$$P = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,3000 \times 36,675 \text{ m}^2}{5} = 3 \text{ orang}$$

$$M = \frac{k \times V}{T} = \frac{0,0100 \times 36,675 \text{ m}^2}{5} = 1 \text{ orang}$$

Total tenaga kerja untuk pekerjaan urugan pasir bawah pondasi = $P + M = 3 \text{ orang} + 1 \text{ orang} = 4 \text{ orang}$.

Total tenaga kerja Aktivitas C = Total tenaga kerja untuk pekerjaan galian tanah gambut biara 1,5 m + Total tenaga kerja untuk pekerjaan urugan pasir bawah pondasi = **21 orang + 4 orang = 25 orang**.

Perhitungan Analisis "What If"

Perhitungan analisis "what if" dalam model CPM yang meninjau salah satu kegiatan yaitu, aktivitas "A" yang diasumsikan memiliki total keterlambatan sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%.

Tinjauan Apabila Terjadi Keterlambatan Pada Aktivitas A Sebesar 10%

➤ Data - data dari aktivitas A :

- Hari kerja untuk menyelesaikan pekerjaan, yaitu Senin sampai Sabtu atau 5 hari seminggu. Durasi rencana aktivitas A (d_s) adalah 5 minggu. Oleh karena itu, total durasi aktivitas rencana A adalah 25 hari.
- *Float* (masa tenggang) adalah 0 hari, menandakan bahwa aktivitas A merupakan aktivitas kritis.
- Jumlah pekerja rencana untuk menyelesaikan aktivitas A (n) adalah 18 orang.
- Jam kerja harian yang direncanakan untuk aktivitas A (H) adalah 8 jam sehari.
- Total jam kerja (Σmh) yang diperlukan untuk menyelesaikan Aktivitas A adalah 3600 jam-orang.
- Jika aktivitas A mengalami keterlambatan 10% dari durasi aktivitas, keterlambatan ($delay$) pada aktivitas A adalah

$$delay = 10\% \times durasi \dots (3)$$

$$delay = 10\% \times 25 = 2,5 \text{ hari.}$$

- Keterlambatan proyek ($delay_p$)

$$delay_p = delay + float \dots (4)$$

$$delay_p = 2,5 + 0 = 2,5 \text{ hari}$$

Kemudian cek nilai $delay_p > 0 \Leftrightarrow 2,5 > 0$ artinya proyek mengalami keterlambatan karena 10% keterlambatan aktivitas A.

- Selanjutnya cek aktivitas pengikut aktivitas A yaitu aktivitas C. Hal ini memungkinkan percepatan alternatif aktivitas pengikut sehingga durasi proyek total tetap sama.

➤ Data - data dari aktivitas C dipercepat :

- Hari kerja untuk menyelesaikan pekerjaan, yaitu Senin sampai Sabtu atau 5 hari seminggu. Durasi rencana aktivitas C (d_s) yakni 3 minggu. Oleh karena itu, total durasi aktivitas C yang direncanakan adalah 15 hari.
- *Float* (masa tenggang) adalah 0 hari, menandakan bahwa aktivitas C merupakan aktivitas kritis.
- Jumlah pekerja rencana untuk menyelesaikan aktivitas C (n) adalah 78 orang.
- Jam kerja harian yang direncanakan untuk aktivitas C (H) adalah 8 jam sehari.
- Total jam kerja (Σmh) yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas C adalah 9360 jam-orang.
- Jika aktivitas A terlambat 10% selama 2,5 hari. Oleh karena itu, keterlambatan ($delay$) aktivitas C adalah 2,5 hari. Keterlambatan proyek ($delay_p$) = $delay + float = 2,5 + 0 = 2,5 \text{ hari}$. Kemudian dilakukan pengecekan nilai $delay_p > 0 \Leftrightarrow 2,5 > 0$ artinya proyek telah mengalami keterlambatan karena keterlambatan 10% aktivitas A.
- Kemudian hitung durasi percepatan yang dibutuhkan untuk aktivitas C (d'_s)

$$d'_s = d_s + float - delay_p \dots (5)$$

$$d'_s = 15 + 0 - 2,5 \text{ hari} = 12,5 \text{ hari}$$

- Selanjutnya cek aktivitas pengikut aktivitas A yaitu aktivitas C, dengan cara berikut :

$$d'_s < d_s \Leftrightarrow 12,5 < 15 \rightarrow \text{memenuhi}$$

,(6)

$$d_s \geq 2 \cdot delay_p \Leftrightarrow 15 \geq 2 \cdot 2,5 \Leftrightarrow 15 \geq 5 \rightarrow \text{memenuhi} \dots (7)$$

Karena kedua persamaan di atas terpenuhi, percepatan aktivitas C dapat dilakukan.

- Untuk memperlancar aktivitas C, dapat ditempuh cara lain untuk memperlancar aktivitas pengikut, yaitu dengan menambah jam kerja ekstra, namun syaratnya jam kerja tambahan dalam sehari tidak boleh melebihi 4 jam. Oleh karena itu, gunakan rumus berikut untuk menghitung penambahan jam kerja :

$$\Delta H = H' - H = \frac{\Sigma manhour}{d's \times n} - H \dots (8)$$

$$\Delta H = \frac{9360}{12,5 \times 78} - 8 = 9,6 - 8$$

$$= 1,6 \text{ jam}$$

Kemudian, periksa total waktu kerja setelah aktivitas dipercepat yaitu tidak lebih dari 12 jam per hari.

$$H' = H + \Delta H \leq H_{opt} \dots (9)$$

$$8 + 1,6 = 9,6 \leq 12 \text{ jam}$$

→ memenuhi

Oleh karena itu, pada aktivitas C, aktivitas A dapat ditunda sebesar 10% dengan menambahkan **1,6 jam** untuk mempercepat waktu.

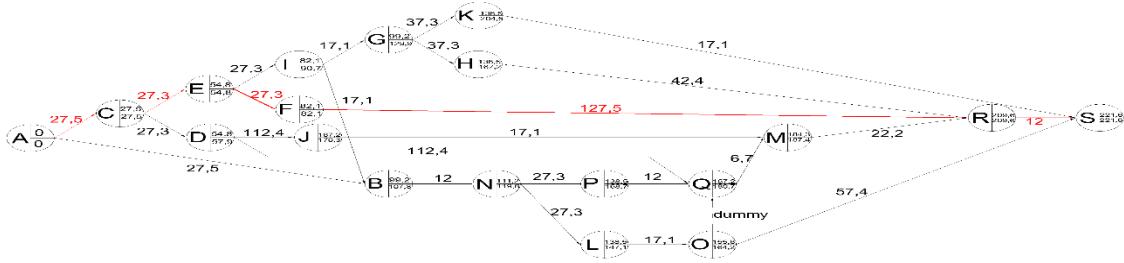
- Jika aktivitas C mengalami *float*, menyebabkan durasi percepatan (d'_s)

yang dibutuhkan lebih besar dari durasi aktivitas, maka akselerasi aktivitas tidak akan memengaruhi durasi keseluruhan proyek.

- Langkah-langkah dalam aktivitas C dapat diulangi pada aktivitas pengikut lainnya yaitu aktivitas E, I, B, N, L, O, S, G, H, R, K, F, D, J, M, P, dan Q ditunjukkan pada tabel 4.2.
- Lintasan kritis yang dihasilkan setelah penambahan jam kerja akibat aktivitas A mengalami keterlambatan sebesar 10% digambarkan dalam Diagram *Activity On Arrow* (AOA) dengan total durasi yang dibutuhkan 221,6 hari yang ditampilkan pada gambar 4.2.
- Perhitungan analisis “*What If*” pada keterlambatan 10% pada aktivitas A, dapat diterapkan untuk perhitungan pada keterlambatan 20%, 30%, 40%, dan 50%, yang akan ditampilkan dalam bentuk tabel 4.3, tabel 4.4, tabel 4.5 dan tabel 4.6.
- Lintasan kritis yang dihasilkan setelah penambahan jam kerja akibat aktivitas A mengalami keterlambatan sebesar 20%, 30%, 40%, dan 50%, yang akan ditampilkan dalam bentuk gambar 4.3, gambar 4.4, gambar 4.5 dan gambar 4.6.
- Rangkuman dari penambahan jam kerja dengan keterlambatan pada aktivitas A sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 2 Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 10%

1 Kegiatan	2 Jenis Pekerjaan	3 Durasi (Hari)	4 Float	5 n	6 H	7 Σmh	8 Successor												9 Delay	10 Delay	11 Delay	12 Sucessor	13 d's	14 d's < d's	15 $ds \geq 2$ Delay	16 ΔH	17 $H' \leq H_{opt}$				
A	Pekerjaan Persiapan 1	25	0	18	8	3600	C	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F	D	J	M	P	Q	2,5	2,5	yes				
B	Pekerjaan Persiapan 2	15	0	78	8	9560	N	L	O	S	P	Q	M	R												TRUE	12,5	yes	yes	1,600	yes
C	Pekerjaan Struktur 1	30	0	25	8	6000	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	D	J	M	Q					TRUE	27,5	yes	yes	0,727	yes
D	Pekerjaan Struktur 2	115	0	164	8	150880	J	M	R	S	Q														TRUE	112,5	yes	yes	0,178	yes	
E	Pekerjaan Arsitektur 1	30	0	28	8	6720	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F								TRUE	27,5	yes	yes	0,727	yes	
F	Pekerjaan Arsitektur 2	130	0	249	8	258960	R	S																	TRUE	127,5	yes	yes	0,157	yes	
G	Pekerjaan Atap 1	40	0	105	8	33600	H	R	S	K															TRUE	37,5	yes	yes	0,533	yes	
H	Pekerjaan Atap 2	45	0	45	8	16200	R	S																	TRUE	42,5	yes	yes	0,471	yes	
I	Pekerjaan MEP 1	20	0	20	8	3200	B	N	L	O	S	G	H	R	K	P	Q	M						TRUE	17,5	yes	yes	1,143	yes		
J	Pekerjaan MEP 2	20	0	14	8	2240	M	R	S															TRUE	17,5	yes	yes	1,143	yes		
K	Pekerjaan MEP 3	20	0	14	8	2240	S																	TRUE	17,5	yes	yes	1,143	yes		
L	Pekerjaan Peralatan Utama 1	20	0	10	8	1600	O	S	Q	M	R													TRUE	17,5	yes	yes	1,143	yes		
M	Pekerjaan Peralatan Utama 2	25	0	23	8	4600	R	S																TRUE	22,5	yes	yes	0,889	yes		
N	Pekerjaan Garasi 1	30	0	41	8	9840	L	O	S	P	Q	M	R										TRUE	27,5	yes	yes	0,727	yes			
O	Pekerjaan Garasi 2	60	0	123	8	59040	S	Q	M	R													TRUE	57,5	yes	yes	0,348	yes			
P	Pekerjaan Additional Biara 1	15	0	17	8	2040	Q	M	R	S													TRUE	12,5	yes	yes	1,600	yes			
Q	Pekerjaan Additional Biara 2	10	0	26	8	2080	M	R	S														TRUE	7,5	yes	yes	2,667	yes			
R	Pekerjaan Additional Biara 3	15	0	16	8	1920	S																TRUE	12,5	yes	yes	1,600	yes			
S	Seksi	1	0	0	8	0	-																TRUE	-1,5	yes	no					



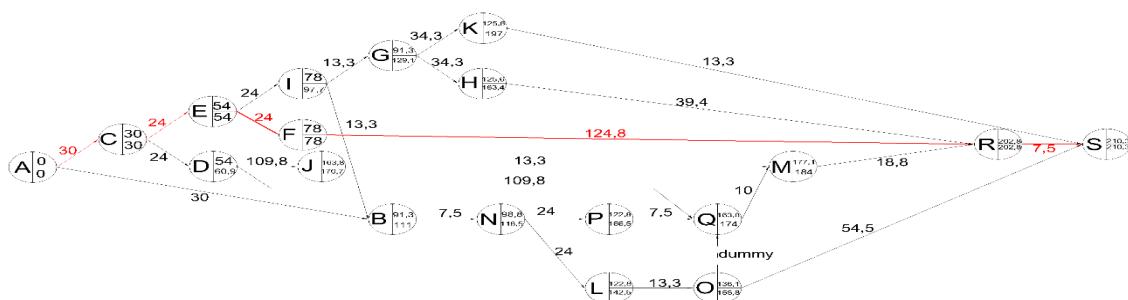
KETERANGAN :

- | | | |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| A = Pekerjaan Persiapan 1 | H = Pekerjaan Atap 2 | O = Pekerjaan Garasi 2 |
| B = Pekerjaan Persiapan 2 | I = Pekerjaan MEP 1 | P = Pekerjaan Additional Biara 1 |
| C = Pekerjaan Struktur 1 | J = Pekerjaan MEP 2 | Q = Pekerjaan Additional Biara 2 |
| D = Pekerjaan Struktur 2 | K = Pekerjaan MEP 3 | R = Pekerjaan Additional Biara 3 |
| E = Pekerjaan Arsitektur 1 | L = Pekerjaan Peralatan Utama 1 | S = Selesai |
| F = Pekerjaan Arsitektur 2 | M = Pekerjaan Peralatan Utama 2 | |
| G = Pekerjaan Atap 1 | N = Pekerjaan Garasi 1 | |

Gambar 3 Diagram Activity On Arrow (AOA) Setelah Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 10%

Tabel 3 Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 20%

1 Kegiatan	2 Jenis Pekerjaan	3 Durasi (Hari)	4 Float	5 n	6 H	7 Σmh	Successor								9 Delay	10 Delay	11 Delay?	12 Succe?	13 d's	14 d's/cds	15 d's ≥ 2 Delay	16 AH	17 H' ≤ H opt								
							C	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F	D	J	M	P	Q							
A	Pekerjaan Persiapan 1	25	0	18	8	3600	C	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F	D	J	M	P	Q	5	5	yes				
B	Pekerjaan Persiapan 2	15	0	78	8	9360	N	L	O	S	P	Q	M	R												TRUE	10,0	yes	yes	4,000	yes
C	Pekerjaan Struktur 1	30	0	25	8	6000	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	D	J	M	Q					TRUE	25,0	yes	yes	1,600	yes
D	Pekerjaan Struktur 2	115	0	164	8	150880	J	M	R	S	Q															TRUE	110,0	yes	yes	0,364	yes
E	Pekerjaan Arsitektur 1	30	0	28	8	6720	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F								TRUE	25,0	yes	yes	1,600	yes	
F	Pekerjaan Arsitektur 2	130	0	249	8	258960	R	S																		TRUE	125,0	yes	yes	0,320	yes
G	Pekerjaan Atap 1	40	0	105	8	33600	H	R	S	K															TRUE	35,0	yes	yes	1,143	yes	
H	Pekerjaan Atap 2	45	0	45	8	16200	R	S																	TRUE	40,0	yes	yes	1,000	yes	
I	Pekerjaan MEP 1	20	0	20	8	3200	B	N	L	O	S	G	H	R	K	P	Q	M						TRUE	15,0	yes	yes	2,667	yes		
J	Pekerjaan MEP 2	20	0	14	8	2240	M	R	S															TRUE	15,0	yes	yes	2,667	yes		
K	Pekerjaan MEP 3	20	0	14	8	2240	S																	TRUE	15,0	yes	yes	2,667	yes		
L	Pekerjaan Peralatan Utama 1	20	0	10	8	1600	O	S	Q	M	R													TRUE	15,0	yes	yes	2,667	yes		
M	Pekerjaan Peralatan Utama 2	25	0	23	8	4600	R	S																TRUE	20,0	yes	yes	2,000	yes		
N	Pekerjaan Garasi 1	30	0	41	8	9840	L	O	S	P	Q	M	R											TRUE	25,0	yes	yes	1,600	yes		
O	Pekerjaan Garasi 2	60	0	123	8	59040	S	Q	M	R														TRUE	55,0	yes	yes	0,727	yes		
P	Pekerjaan Additional Biara 1	15	0	17	8	2040	Q	M	R	S														TRUE	10,0	yes	yes	4,000	yes		
Q	Pekerjaan Additional Biara 2	10	0	26	8	2080	M	R	S															TRUE	5,0	yes	yes	8,000	no		
R	Pekerjaan Additional Biara 3	15	0	16	8	1920	S																	TRUE	10,0	yes	yes	4,000	yes		
S	Seklesai	1	0	0	8	0	-																	TRUE	4,0	yes	no				



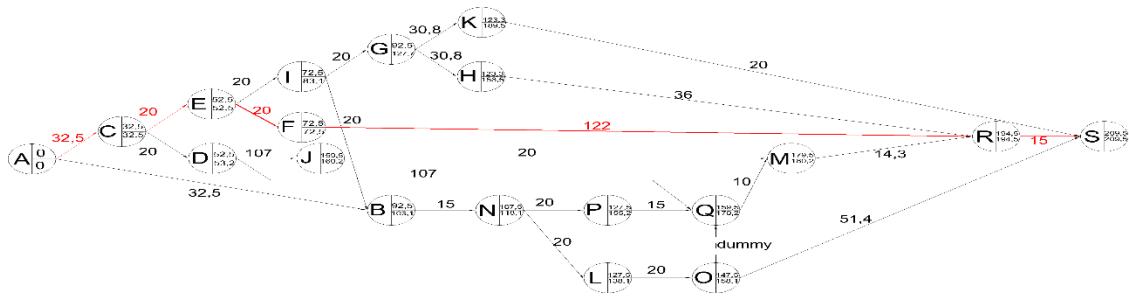
KETERANGAN :

- | | | |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| A = Pekerjaan Persiapan 1 | H = Pekerjaan Atap 2 | O = Pekerjaan Garasi 2 |
| B = Pekerjaan Persiapan 2 | I = Pekerjaan MEP 1 | P = Pekerjaan Additional Biara 1 |
| C = Pekerjaan Struktur 1 | J = Pekerjaan MEP 2 | Q = Pekerjaan Additional Biara 2 |
| D = Pekerjaan Struktur 2 | K = Pekerjaan MEP 3 | R = Pekerjaan Additional Biara 3 |
| E = Pekerjaan Arsitektur 1 | L = Pekerjaan Peralatan Utama 1 | S = Selesai |
| F = Pekerjaan Arsitektur 2 | M = Pekerjaan Peralatan Utama 2 | |
| G = Pekerjaan Atap 1 | N = Pekerjaan Garasi 1 | |

Gambar 4. Diagram Activity On Arrow (AOA) Setelah Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 20%

Tabel 4 Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 30%

1 Kegiatan	2 Jenis Pekerjaan	3 Durasi (Hari)	4 Float	5 n	6 H	7 Σm_h	8 Successor								9 Delay	10 Delay?	11 Delay?	12 Succ?	13 d's	14 d'scds	15 $ds \geq 2$ Delay	16 AH	17 $H' \leq H_{opt}$					
A	Pekerjaan Persiapan 1	25	0	18	8	3600	C	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F	D	J	M	P	Q	7,5	7,5 yes		
B	Pekerjaan Persiapan 2	15	0	78	8	9360	N	L	O	S	P	Q	M	R											TRUE 7,5 yes yes yes 8,000 no			
C	Pekerjaan Struktur 1	30	0	25	8	6000	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	D	J	M	Q				TRUE 22,5 yes yes yes 2,667 yes			
D	Pekerjaan Struktur 2	115	0	164	8	150880	J	M	R	S	Q													TRUE 107,5 yes yes yes 0,558 yes				
E	Pekerjaan Arsitektur 1	30	0	28	8	6720	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F						TRUE 22,5 yes yes yes 2,667 yes					
F	Pekerjaan Arsitektur 2	130	0	249	8	258960	R	S															TRUE 122,5 yes yes yes 0,490 yes					
G	Pekerjaan Atap 1	40	0	105	8	33600	H	R	S	K													TRUE 32,5 yes yes yes 1,846 yes					
H	Pekerjaan Atap 2	45	0	45	8	16200	R	S															TRUE 37,5 yes yes yes 1,600 yes					
I	Pekerjaan MEP 1	20	0	20	8	3200	B	N	L	O	S	G	H	R	K	P	Q	M				TRUE 12,5 yes yes yes 4,800 no						
J	Pekerjaan MEP 2	20	0	14	8	2240	M	R	S														TRUE 12,5 yes yes yes 4,800 no					
K	Pekerjaan MEP 3	20	0	14	8	2240	S																TRUE 12,5 yes yes yes 4,800 no					
L	Pekerjaan Peralatan Utama 1	20	0	10	8	1600	O	S	Q	M	R												TRUE 12,5 yes yes yes 4,800 no					
M	Pekerjaan Peralatan Utama 2	25	0	23	8	4600	R	S															TRUE 17,5 yes yes yes 3,429 yes					
N	Pekerjaan Garasi 1	30	0	41	8	9840	L	O	S	P	Q	M	R										TRUE 22,5 yes yes yes 2,667 yes					
O	Pekerjaan Garasi 2	60	0	123	8	59040	S	Q	M	R													TRUE 52,5 yes yes yes 1,143 yes					
P	Pekerjaan Additional Biara 1	15	0	17	8	2040	Q	M	R	S													TRUE 7,5 yes yes yes 8,000 no					
Q	Pekerjaan Additional Biara 2	10	0	26	8	2080	M	R	S														TRUE 2,5 yes no					
R	Pekerjaan Additional Biara 3	15	0	16	8	1920	S																TRUE 7,5 yes yes yes 8,000 no					
S	Slesai	1	0	0	8	0	-															TRUE -6,5 yes no						



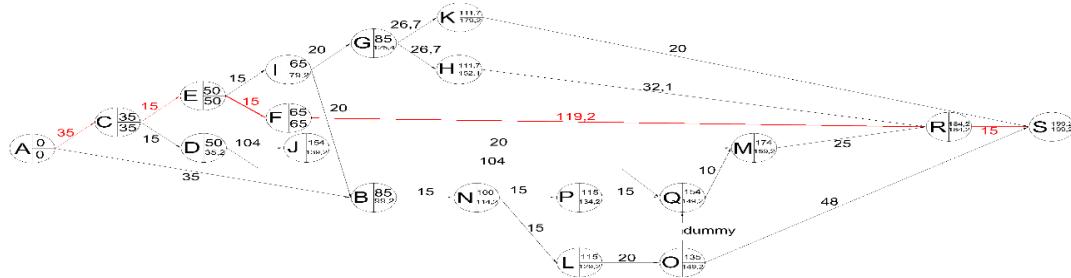
KETERANGAN :

- | | | |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| A = Pekerjaan Persiapan 1 | H = Pekerjaan Atap 2 | O = Pekerjaan Garasi 2 |
| B = Pekerjaan Persiapan 2 | I = Pekerjaan MEP 1 | P = Pekerjaan Additional Biara 1 |
| C = Pekerjaan Struktur 1 | J = Pekerjaan MEP 2 | Q = Pekerjaan Additional Biara 2 |
| D = Pekerjaan Struktur 2 | K = Pekerjaan MEP 3 | R = Pekerjaan Additional Biara 3 |
| E = Pekerjaan Arsitektur 1 | L = Pekerjaan Peralatan Utama 1 | S = Selesai |
| F = Pekerjaan Arsitektur 2 | M = Pekerjaan Peralatan Utama 2 | |
| G = Pekerjaan Atap 1 | N = Pekerjaan Garasi 1 | |

Gambar 5 Diagram Activity On Arrow (AOA) Setelah Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 30%

Tabel 4 Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 40%

1 Kegiatan	2 Jenis Pekerjaan	3 Durasi (Hari)	4 Float	5 n	6 H	7 Σm_h	8 Successor								9 Delay	10 Delay?	11 Delay?	12 Succ?	13 d's	14 d'scds	15 $ds \geq 2$ Delay	16 AH	17 $H' \leq H_{opt}$					
A	Pekerjaan Persiapan 1	25	0	18	8	3600	C	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F	D	J	M	P	Q	10	10 yes		
B	Pekerjaan Persiapan 2	15	0	78	8	9360	N	L	O	S	P	Q	M	R										TRUE 5,0 yes no				
C	Pekerjaan Struktur 1	30	0	25	8	6000	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	D	J	M	Q			TRUE 20,0 yes yes yes 4,000 yes				
D	Pekerjaan Struktur 2	115	0	164	8	150880	J	M	R	S	Q												TRUE 105,0 yes yes yes 0,762 yes					
E	Pekerjaan Arsitektur 1	30	0	28	8	6720	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F					TRUE 20,0 yes yes yes 4,000 yes						
F	Pekerjaan Arsitektur 2	130	0	249	8	258960	R	S														TRUE 120,0 yes yes yes 0,667 yes						
G	Pekerjaan Atap 1	40	0	105	8	33600	H	R	S	K												TRUE 30,0 yes yes yes 2,667 yes						
H	Pekerjaan Atap 2	45	0	45	8	16200	R	S														TRUE 35,0 yes yes yes 2,286 yes						
I	Pekerjaan MEP 1	20	0	20	8	3200	B	N	L	O	S	G	H	R	K	P	Q	M				TRUE 10,0 yes yes yes 8,000 no						
J	Pekerjaan MEP 2	20	0	14	8	2240	M	R	S													TRUE 10,0 yes yes yes 8,000 no						
K	Pekerjaan MEP 3	20	0	14	8	2240	S															TRUE 10,0 yes yes yes 8,000 no						
L	Pekerjaan Peralatan Utama 1	20	0	10	8	1600	O	S	Q	M	R											TRUE 10,0 yes yes yes 8,000 no						
M	Pekerjaan Peralatan Utama 2	25	0	23	8	4600	R	S														TRUE 15,0 yes yes yes 5,333 no						
N	Pekerjaan Garasi 1	30	0	41	8	9840	L	O	S	P	Q	M	R								TRUE 20,0 yes yes yes 4,000 yes							
O	Pekerjaan Garasi 2	60	0	123	8	59040	S	Q	M	R	S											TRUE 50,0 yes yes yes 1,600 yes						
P	Pekerjaan Additional Biara 1	15	0	17	8	2040	Q	M	R	S												TRUE 5,0 yes no						
Q	Pekerjaan Additional Biara 2	10	0	26	8	2080	M	R	S													TRUE 0,0 yes no						
R	Pekerjaan Additional Biara 3	15	0	16	8	1920	S															TRUE 5,0 yes no						
S	Slesai	1	0	0	8	0	-															TRUE -9,0 yes no						



KETERANGAN :

A = Pekerjaan Persiapan 1
B = Pekerjaan Persiapan 2
C = Pekerjaan Struktur 1
D = Pekerjaan Struktur 2
E = Pekerjaan Arsitektur 1
F = Pekerjaan Arsitektur 2
G = Pekerjaan Atap 1

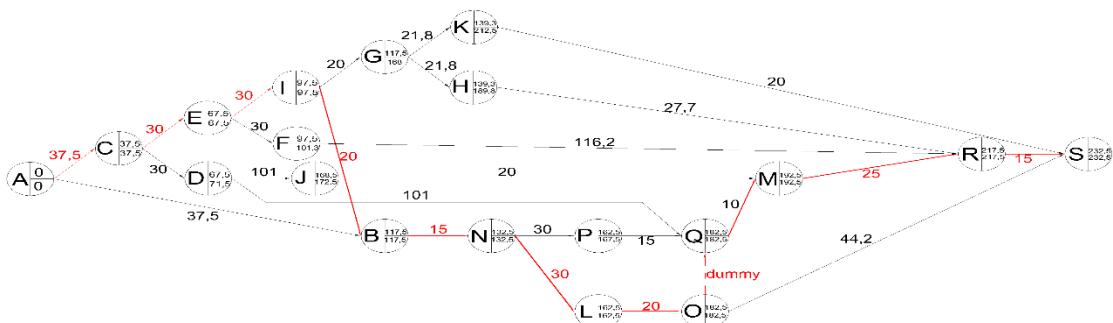
II = Pekerjaan Atap 2
I = Pekerjaan MEP 1
J = Pekerjaan MEP 2
K = Pekerjaan MEP 3
L = Pekerjaan Peralatan Utama 1
M = Pekerjaan Peralatan Utama 2
N = Pekerjaan Garasi 1

O = Pekerjaan Garasi 2
P = Pekerjaan Additional Biara 1
Q = Pekerjaan Additional Biara 2
R = Pekerjaan Additional Biara 3
S = Selesai

Gambar 6 Diagram Activity On Arrow (AOA) Setelah Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 40%

Tabel 5 Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 50%

1 Kegiatan	2 Jenis Pekerjaan	3 Durasi (Hari)	4	5	6	7	8 Successor								9	10	11	12	13	14	15	16	17								
			n	Float	H	Σmh	C	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F	D	J	M	P	Q	12,5	12,5	yes				
A	Pekerjaan Persiapan 1	25	0	18	8	3600	C	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F	D	J	M	P	Q	12,5	12,5	yes				
B	Pekerjaan Persiapan 2	15	0	78	8	9360	N	L	O	S	P	Q	M	R												TRUE	2,5	yes	no		
C	Pekerjaan Struktur 1	30	0	25	8	6000	E	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	D	J	M	Q				TRUE	17,5	yes	yes	5,714	no	
D	Pekerjaan Struktur 2	115	0	164	8	150880	J	M	R	S	Q															TRUE	102,5	yes	yes	0,976	yes
E	Pekerjaan Arsitektur 1	30	0	28	8	6720	I	B	N	L	O	S	G	H	R	K	F								TRUE	17,5	yes	yes	5,714	no	
F	Pekerjaan Arsitektur 2	130	0	249	8	258960	R	S																	TRUE	117,5	yes	yes	0,851	yes	
G	Pekerjaan Atap 1	40	0	105	8	36000	H	R	S	K															TRUE	27,5	yes	yes	3,636	yes	
H	Pekerjaan Atap 2	45	0	45	8	16200	R	S																	TRUE	32,5	yes	yes	3,077	yes	
I	Pekerjaan MEP 1	20	0	20	8	3200	B	N	L	O	S	G	H	R	K	P	Q	M						TRUE	7,5	yes	no				
J	Pekerjaan MEP 2	20	0	14	8	2240	M	R	S															TRUE	7,5	yes	no				
K	Pekerjaan MEP 3	20	0	14	8	2240	S																	TRUE	7,5	yes	no				
L	Pekerjaan Peralatan Utama 1	20	0	10	8	1600	O	S	Q	M	R													TRUE	7,5	yes	no				
M	Pekerjaan Peralatan Utama 2	25	0	23	8	4600	R	S																TRUE	12,5	yes	yes	8,000	no		
N	Pekerjaan Garasi 1	30	0	41	8	9840	L	O	S	P	Q	M	R										TRUE	17,5	yes	yes	5,714	no			
O	Pekerjaan Garasi 2	60	0	123	8	59400	S	Q	M	R													TRUE	47,5	yes	yes	2,105	yes			
P	Pekerjaan Additional Biara 1	15	0	17	8	2040	Q	M	R	S													TRUE	2,5	yes	no					
Q	Pekerjaan Additional Biara 2	10	0	26	8	2080	M	R	S														TRUE	-2,5	yes	no					
R	Pekerjaan Additional Biara 3	15	0	16	8	1920	S																TRUE	2,5	yes	no					
S	Seklesai		1	0	0	8	0	-															TRUE	-11,5	yes	no					



KETERANGAN :

A = Pekerjaan Persiapan 1
B = Pekerjaan Persiapan 2
C = Pekerjaan Struktur 1
D = Pekerjaan Struktur 2
E = Pekerjaan Arsitektur 1
F = Pekerjaan Arsitektur 2
G = Pekerjaan Atap 1

H = Pekerjaan Atap 2
I = Pekerjaan MEP 1
J = Pekerjaan MEP 2
K = Pekerjaan MEP 3
L = Pekerjaan Peralatan Utama 1
M = Pekerjaan Peralatan Utama 2
N = Pekerjaan Garasi 1

O = Pekerjaan Garasi 2
P = Pekerjaan Additional Biara 1
Q = Pekerjaan Additional Biara 2
R = Pekerjaan Additional Biara 3
S = Selesai

Gambar 7 Diagram Activity On Arrow (AOA) Setelah Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 50%

Tabel 6 Rangkuman Penambahan Jam Kerja Akibat Aktivitas A Mengalami Keterlambatan Sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% (Dalam Jam)

%d	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1,600	0,727	0,178	0,727	0,157	0,533	0,471	1,143	1,143	1,143	1,143	0,889	0,727	0,348	1,600	2,667	1,600	
20	4,000	1,600	0,364	1,600	0,320	1,143	1,000	2,667	2,667	2,667	2,667	2,000	1,600	0,727	4,000		4,000	
30		2,667	0,558	2,667	0,490	1,846	1,600					3,429	2,667	1,143				
40		4,000	0,762	4,000	0,667	2,667	2,286					4,000	1,600					
50			0,976		0,851	3,636	3,077						2,105					

Sumber: Hasil Penelitian

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Langkah percepatan waktu pelaksanaan suatu proyek yang mengalami keterlambatan dengan menggunakan metode analisa “*what if*” adalah diperlukan data berupa gambar rencana dan *time schedule* dalam bentuk *bar chart* dan kurva S. Berdasarkan data yang didapat, kita dapat menentukan durasi proyek dan volume pekerjaan. Kemudian dengan data koefisien tenaga kerja berdasarkan analisa SNI, perhitungan jumlah tenaga kerja dalam aktivitas dapat dilakukan. Setelah semua perhitungan telah selesai, kita dapat melakukan analisis “*what if*” dengan memasukkan asumsi terhadap salah satu waktu dari aktivitas yang akan ditinjau. Untuk aktivitas yang mengalami keterlambatan, percepatan menggunakan penambahan jam dapat dilakukan. Untuk aktivitas yang mengalami *float* yang melebihi durasi rencana, maka percepatan yang dilakukan tidak akan mempengaruhi durasi proyek secara keseluruhan.

2. Durasi total proyek berdasarkan *time schedule* 230 hari. Sedangkan, durasi total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek setelah dilakukan peninjauan terhadap salah satu waktu aktivitas yakni pada aktivitas A yang mengalami asumsi keterlambatan sebesar 10% adalah 221,6 hari, 20% adalah 210,3 hari, 30% adalah 209,5 hari, 40% adalah 199,2 hari, dan 50% adalah 232,5 hari.

Saran

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diberi saran sebagai berikut:

1. Analisis data untuk menyelesaikan keterlambatan proyek pada penelitian ini hanya menggunakan penambahan jam kerja sehingga, perlu dilakukan analisis menyelesaikan keterlambatan proyek dengan menambah jumlah tenaga kerja untuk mengetahui keefektifan dalam menyelesaikan proyek.
2. Perlu dilakukan antisipasi keterlambatan proyek agar resiko keterlambatan dapat dicegah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alifen, R. S., Setiawan, R. S., & Sunarto, A. 1999. ANALISA “WHAT IF” SEBAGAI METODE ANTISIPASI. DIMENSI TEKNIK SIPIL VOL. 1, NO. 2, SEPTEMBER 1999 : 103 - 113, 103-107.

- Soeharto, Iman. 1995. "Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional". Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Djojowirono, Ir. Soegeng. (2000). Manajemen Konstruksi (Edisi Ketiga). Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Dimyati, H. A., & Nurjaman, K. (2014). Manajemen Proyek. Bandung: CV Pustaka Setia.
- Dipohusodo, I. (1996). Manajemen Proyek & Konstruksi (Jilid 1 ed.). Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- O'Brien, J. J., & Plotnick, F. L. 2006. CPM in Construction Management (Sixth ed.). United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.