



RANCANGAN PERBAIKAN PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN KAPAL *TUG BOAT* 42 M DENGAN *CRITICAL PATH METHOD* PADA PT. BATAM EXPRESINDO SHIPYARD

Drika Olivia¹, Vera Methalina Afma², Benedikta Anna³

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam

^{2,3}Staf Pengajar Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam
Jl. Batu Aji Baru, Batam, Kepulauan Riau

ABSTRAK

PT. Batam Expresindo Shipyard merupakan perusahaan galangan kapal yang masih menggunakan penjadwalan berupa *Gantt Chart* dalam perencanaan proyek. Akan tetapi, dalam penyelesaian proyek yang dilakukan banyak ditemui kendala seperti waktu penyelesaian pekerjaan yang tidak sesuai atau mengalami penyimpangan, kurangnya pemantauan pada penjadwalan proyek dan penjadwalan yang kurang efisien, sehingga mengalami keterlambatan penyelesaian proyek. Keterlambatan proyek pembangunan *Tug Boat* 42 M di PT. Batam Expresindo Shipyard dapat meningkatkan biaya produksi kapal yang berakhir pada meruginya perusahaan. Keterlambatan ini disebabkan karena terjadinya perbedaan metode pembangunan sehingga terjadi penyimpangan dari jadwal yang telah direncanakan.

Tujuan Penelitian ini adalah menentukan penjadwalan pembangunan kapal *Tug Boat* 42 M dengan *Critical Path Method*, menentukan kemajuan volume pekerjaan proyek pembangunan kapal *Tug Boat* 42 M dengan kurva S dan menentukan nilai kinerja proyek berdasarkan ACWP, BCWP, dan BCWS. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Critical Path Method* yang digunakan untuk mengkaji ulang penjadwalan untuk mengatasi keterlambatan proyek dengan menggambarkan urutan dan hubungan pekerjaan atau kegiatan sama lain yang diarahkan untuk meminimumkan waktu penyelesaian proyek. Hasil dari penjadwalan ulang dapat mengurangi biaya pembangunan kapal.

Hasil penelitian ini menunjukkan pembangunan kapal *Tug Boat* 42 M dengan *Critical Path Method* selama 243 hari dan diperoleh indeks kinerja *Cost Performance Index* atau CPI bernilai 0,981 (< 1) yang menjelaskan bahwa proyek mengalami kerugian, dan *Schedule Performance Index* atau SPI bernilai 0,982 (<1) yang menjelaskan bahwa proyek mengalami keterlambatan dari rencana.

Kata Kunci : *Critical Path Method*, *Tug Boat* 42 M, *Cost Performance Index*, *Schedule Performance Index*, *S-Curve*

PENDAHULUAN

Perencanaan dan penjadwalan dalam manajemen proyek sangat menentukan bagaimana suatu proyek dapat diselesaikan tepat waktu dengan efisien. Dalam melaksanakan sebuah proyek konstruksi, termasuk di dalamnya konstruksi kapal baja, seperti kapal *tug boat* yang tentunya akan melibatkan banyak aktivitas yang sangat memerlukan perencanaan dan penjadwalan yang tepat pada PT. Batam Expresindo Shipyard. Keterlambatan proyek *tug boat* 42 M yang terjadi dapat meningkatkan biaya produksi kapal yang berakhir pada meruginya perusahaan. Pada periode sebelumnya perencanaan proyek *tug boat* dijadwalkan selesai pada hari ke-253, namun pelaksanaan di lapangan

mengalami kemunduran hingga proyek selesai pada hari ke-260.

DASAR TEORI

Manajemen proyek adalah suatu teknik yang digunakan untuk merencanakan, mengerjakan, dan mengendalikan aktivitas suatu proyek untuk memenuhi kendala waktu dan biaya proyek (Muslich, 2009). Teknik ini berorientasi pada pencapaian tujuan, di mana tujuan tersebut mungkin pembangunan atau pengendalian kegiatan penelitian dan pengembangan. Perencanaan suatu proyek terdiri dari tiga tahap yaitu:

1. Perencanaan. Membuat uraian kegiatan-kegiatan, menyusun logika urutan kejadian-kejadian, menentukan syarat-syarat pendahuluan, menguraikan



interaksi dan interdependensi antara kegiatan-kegiatan.

2. Penjadwalan. Penaksiran waktu yang diperlukan untuk melaksanakan tiap kegiatan, menegaskan kapan suatu kegiatan berlangsung dan kapan berakhir.
3. Pengendalian. Menetapkan alokasi biaya dan peralatan guna pelaksanaan tiap kegiatan.

Penjadwalan

Penjadwalan (*scheduling*) adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek sehingga tercapai hasil yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Menurut Husen (2011) secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut :

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
3. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan.
4. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
5. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Penjadwalan produksi memiliki beberapa fungsi dalam sistem produksi. Aktifitas-aktifitas fungsi tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Loading* (pembebanan). Bertujuan mengkompromikan antara kebutuhan yang diminta dengan kapasitas yang ada ini untuk menentukan fasilitas, operator, dan peralatan.
2. *Sequencing* (penentuan urutan). Bertujuan membuat prioritas pengerjaan dalam pemrosesan order-order yang masuk.
3. *Dispatching*. Pemberian perintah-perintah kerja setiap mesin atau fasilitas lainnya.

4. Pengendalian kinerja penjadwalan, dengan cara merancang ulang *sequencing*, bila ada kesalahan atau ada prioritas utama baru.
5. *Updating schedules*. Pelaksanaan jadwal biasanya selalu ada masalah baru yang berbeda dari saat pembuatan jadwal, maka jadwal harus segera di-*update* bila ada permasalahan baru yang memang perlu diakomodasi.

Dalam pelaksanaannya, penjadwalan produksi akan mengalami gangguan atau hambatan. Gangguan dan hambatan yang terjadi antara lain:

1. Mesin rusak.
Pada saat mesin rusak operasi-operasi yang akan menggunakan mesin tersebut tidak dapat dikerjakan dan harus menunggu sampai mesin selesai diperbaiki.
2. Penambahan pesanan baru
Pada saat produksi sedang berjalan, tidak tertutup kemungkinan adanya penambahan pesanan baru.
3. Perubahan prioritas
Perubahan prioritas pembuatan produk akan mempengaruhi penjadwalan yang telah dilakukan.
4. Perubahan *due date*.
Produk yang mengalami perubahan *due date* akan menyebabkan perubahan pada jadwal produksi semula. Perubahan *due date* ada dua macam yaitu *due date* semakin maju atau *due date* yang semakin mundur.
5. Adanya produk yang memerlukan pengulangan operasi. Apabila ada produk yang dinyatakan cacat makaproduk tersebut harus dikerjakan ulang untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Secara garis besar, ada dua jenis metode penjadwalan proyek, yaitu *Gantt Chart* dan metode *Network* (jaringan).

Gantt chart adalah suatu alat yang bernilai khususnya untuk proyek-proyek dengan jumlah anggota tim yang sedikit. *Chart* ini terdiri dari dua koordinat aksis, dimana satu aksis mempresentasikan waktu yang telah dilalui dan aksis lainnya merepresentasikan pekerjaan atau aktifitas.



Kelebihan penggunaan *Gantt Chart*, diantaranya : dapat menunjukkan waktu, kegiatan dan urutan kegiatan serta jika jumlah kegiatan tidak terlalu banyak atau hanya sekedar jadwal induk, maka metode *Gantt Chart* menjadi pilihan pertama dalam proses perencanaan dan pengendalian kegiatan, karena mudah dipahami oleh semua lapisan pelaksana proyek. Dari kelebihan diatas *Gantt Chart* juga memiliki kelemahan, antara lain:

1. Tidak memperlihatkan saling ketergantungan dan hubungan antar kegiatan sehingga sulit diantisipasi jika terjadi keterlambatan suatu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.
2. Tidak mudah dilakukan perbaikan dan pembaharuan (*updating*) disebabkan *Gantt Chart* baru harus dibuat kembali (tidak efisien), padahal pembuatan ulang akan memakan waktu dan jika tidak dilakukan segera maka peta tersebut akan menurun daya gunanya.
3. Untuk proyek yang berukuran sedang dan besar serta kompleks, maka *Gantt Chart* tidak mampu menyajikan jadwal secara sistematis dan mengalami kesulitan dalam menentukan keterkaitan antar kegiatan.

Jaringan (*network*) adalah kerangka dari sistem informasi proyek yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan dengan memperhatikan waktu, biaya dan performansi. Jaringan berisi tampilan grafis dari aliran dan urutan tiap pekerjaan. Untuk perencanaan dan pengendalian proyek dengan menggunakan metode *network* dikenal beberapa metode penjadwalan, seperti *Critical Path Method* (CPM) dan *Program Evaluation and Review Technique* (PERT).

Critical Path Method (CPM)

Critical Path method atau metode jalur kritis dalam jaringan kerja yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jalur kritis mempunyai arti penting dalam suatu proyek, karena kegiatan-kegiatan yang melewati jalur kritis diusahakan tidak mengalami kelambatan penyelesaian.

Critical Path Method menggambarkan suatu proyek dalam bentuk *network* dengan komponen aktivitas-aktivitas yang ada di dalamnya. Agar metode ini dapat diterapkan, suatu proyek harus mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

1. Pekerjaan-pekerjaan dalam proyek harus menandai saat berakhirnya proyek.
2. Pekerjaan-pekerjaan dapat dimulai, diakhiri, dan dilaksanakan secara terpisah dalam suatu rangkaian tertentu.
3. Pekerjaan-pekerjaan dapat diatur menurut suatu rangkaian tertentu.

Selain ciri-ciri yang harus dimiliki oleh proyek tersebut, untuk membuat suatu *network* dengan benar diperlukan sejumlah aturan. Berikut ini adalah aturan-aturan tersebut:

1. Setiap aktivitas atau pekerjaan ditunjukkan dengan suatu cabang tertentu.
2. Antara suatu cabang dengan cabang yang lainnya hanya menunjukkan hubungan antara aktivitas atau pekerjaan yang berbeda.
3. Bila sejumlah aktivitas berakhir pada suatu kejadian maka kejadian ini tidak dapat dimulai sebelum sejumlah aktivitas yang berakhir pada kejadian ini selesai.
4. Aktivitas *dummy* digunakan untuk menggabungkan dua buah kejadian, bila antara suatu kejadian dan kejadian yang mendahuluinya tidak dihubungkan dengan suatu aktivitas tertentu.
5. Setiap kejadian diberikan angka, sedangkan setiap aktivitas diberikan tanda huruf menurut kejadian awal dan kejadian yang mengakhirinya.

Dalam membuat CPM, langkah-langkah yang harus dilakukan berikut ini:

1. Menentukan proyek yang akan dilaksanakan dan menyiapkan bagan penguraian pengerjaannya.
2. Membuat hubungan antar aktivitas-aktivitasnya. Pada tahap ini, kita menentukan aktivitas mana yang harus dilakukan sebelum aktivitas yang lain.
3. Menggambar jaringan yang menghubungkan seluruh bagian



aktivitasnya. Jaringan ini biasanya menggunakan sistem Activity on Node (AON) atau Activity on Arrow (AOA), yang terdiri dari anak panah dan lingkaran/segi empat.

4. Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk setiap aktivitas. Ini gunanya agar kita bisa menghemat waktu dalam pengerjaan proyek tersebut serta meminimalisasi biaya dalam pengerjaan proyek tersebut.
5. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan (pada AON atau AOA tadi). Hal ini lah yang disebut dengan jalur kritis.
6. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

Pembentukan Jaringan:

<u>Simbol</u>	<u>Untuk</u>
○	Kejadian (<i>event</i>): peristiwa dimulainya dan berakhirnya suatu pekerjaan
→	Pekerjaan (aktivitas): peristiwa berlangsungnya suatu pekerjaan
-- →	<i>Dummy activity</i> : pekerjaan/aktivitas semu

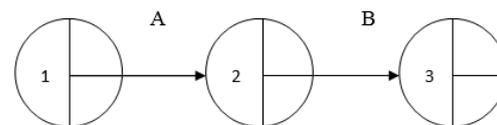
Gambar 1 Simbol dalam CPM

Persyaratan urutan pengerjaan harus diperhatikan, karena berbagai aktivitas tidak dapat dimulai sebelum aktivitas-aktivitas lainnya yang dapat dilaksanakan secara bersamaan dan/atau tidak saling tergantung. Aktivitas mana saja yang harus diselesaikan lebih dahulu sebelum aktivitas selanjutnya dapat mulai dikerjakan. CPM mengenal beberapa waktu mulai dan waktu berakhir, antara lain:

- a. *Earliest Start Time* (ES) adalah waktu paling awal (tercepat) suatu aktivitas dapat dimulai, dengan memperhatikan waktu aktivitas yang diharapkan dan persyaratan urutan pengerjaan.
- b. *Latest Start Time* (LS) adalah waktu paling lambat untuk dapat memulai suatu aktivitas tanpa penundaan keseluruhan proyek.
- c. *Earliest Finish Time* (EF) adalah waktu paling awal (tercepat) suatu aktivitas dapat diselesaikan, atau sama dengan ES + waktu aktivitas yang diharapkan.

- d. *Latest Finish Time* (LF) adalah waktu paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu aktivitas tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan, atau sama dengan LS + waktu kegiatan yang diharapkan.

Berikut merupakan gambaran pembuatan *network* suatu proyek dengan *Critical Path Method* yang diberikan pada gambar 4.



Gambar 4 Diagram *Network* CPM

Penjadwalan dalam *Critical Path Method* dapat menggunakan dua perhitungan, untuk menentukan jadwal proyek yang terdiri dari *forward analysis* dan *backward analysis*. ES dan EF ditentukan selama *forward analysis*, dengan cara menghitung dari aktivitas awal menuju aktivitas akhir yakni dari arah depan kebelakang. Sedangkan LS dan LF ditentukan selama *backward analysis*, dengan cara menghitung dari aktivitas terakhir (dari belakang) sampai aktivitas yang pertama (paling depan).

Perhitungan Maju (*Forward Analysis*)

Perhitungan maju digunakan untuk mengidentifikasi waktu-waktu terdahulu. Sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan. Berikut kriteria *forward analysis* :

- a. Jika suatu aktivitas hanya mempunyai satu pendahulu langsung, ES-nya sama dengan EF dari pendahulunya.
- b. Jika suatu aktivitas mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES-nya adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, dengan rumusan:

$$ES = \text{Max} (EF \text{ semua pendahulu langsung}) \quad (1)$$

Waktu selesai terdahulu (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu (ES) dan waktu kegiatannya, dengan rumusan :



$$EF = ES + \text{Waktu aktivitas} \quad (2)$$

Meskipun *forward analysis* memungkinkan kita menentukan waktu penyelesaian proyek terdahulu, ia tidak mengidentifikasi jalur kritis. Untuk mengidentifikasi jalur kritis, perlu dilakukan *backward analysis* untuk menentukan nilai LS dan LF untuk semua aktivitas.

Perhitungan Mundur (*Backward Analysis*)

Perhitungan mundur digunakan untuk menentukan waktu yang paling akhir. Untuk semua aktivitas harus ditentukan nilai LF-nya begitu juga dengan nilai LS. Berikut kriteria *backward analysis*:

- Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung bagi hanya satu aktivitas, LF-nya sama dengan LS dari aktivitas yang secara langsung mengikutinya.
- Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung bagi lebih dari satu aktivitas, maka LF adalah minimum dari seluruh nilai LS dari aktivitas-aktivitas yang secara langsung mengikutinya, dengan rumusan :

$LF = \text{Min (LS dari seluruh aktivitas yang langsung mengikutinya)}$

Waktu mulai terakhir (LS) dari suatu aktivitas adalah perbedaan antara waktu selesai terakhir (LF) dan waktu aktivitasnya, dengan rumusan :

$$LS = LF - \text{Waktu Aktivitas} \quad (3)$$

Aktivitas-aktivitas yang tidak dalam *critical path* dapat ditunda dalam batasan-batasan waktu tertentu. Batas atau jumlah waktu suatu aktivitas dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian seluruh proyek disebut *slack*.

Slack/Float

Setelah perhitungan *forward analysis* dan *backward analysis* dari seluruh kegiatan telah dihitung, maka untuk menemukan waktu *slack* (waktu bebas) yang dimiliki setiap kegiatan menjadi mudah. *Slack* adalah waktu yang dimiliki oleh sebuah kegiatan untuk bisa diundur, tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan. Secara matematis :

$$\text{Slack}_n = LS - ES \quad (4)$$

$$\text{Slack}_n = LF - EF \quad (5)$$

Slack ini besarnya ditentukan sebagai perbedaan antara waktu mulai paling awal (ES) dan waktu mulai paling akhir (EF), waktu selesai paling akhir (LF) dan waktu selesai paling awal (LS).

Jika waktu penyelesaian proyek lebih besar dari jumlah yang diperoleh dalam perhitungan *slack* maka keseluruhan proyek akan tertunda. *Slack* biasanya digunakan untuk *network* yang disusun berdasarkan peristiwa, sedangkan bila disusun berdasarkan aktivitas disebut dengan *float*.

Dummy

Aktivitas *dummy* (semu) dalam diagram *network* digambarkan dengan garis putus-putus. Aktivitas ini merupakan aktivitas fiktif dalam arti tidak mempunyai ukuran waktu serta biaya. Aktivitas *dummy* digunakan agar dalam pembuatan diagram *network* hubungan antara aktivitas-aktivitas dapat digambarkan dengan benar. *Dummy* diperlukan karena menghindari jaringan kerja yang dimulai atau diakhiri oleh lebih dari satu kejadian, dan menghindari terjadinya dua kejadian dihubungkan lebih dari satu aktivitas. Namun terkadang aktivitas semu ini digunakan untuk memperbaiki logika ketergantungan dari gambar diagram *network*, jadi sebenarnya aktivitas tersebut tidak ada, akan tetapi hanya digunakan untuk mengalihkan arus anak panah guna memperbaiki kebenaran logika urutan aktivitas sebuah proses. Terdapat tiga sifat aktivitas semu, yaitu:

- Waktu yang digunakan untuk melakukan aktivitas tersebut adalah relatif sangat pendek dibandingkan dengan aktivitas biasa. Oleh karena itu maka aktivitas semu ini dianggap tidak memerlukan waktu.
- Menentukan boleh tidaknya aktivitas selanjutnya dilakukan. Hal ini berarti bahwa apabila aktivitas semu itu belum selesai dikerjakan maka aktivitas selanjutnya belum boleh dimulai.
- Dapat mengubah jalur kritis dan waktu kritis.

Kurva S

Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang



dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek. Indikasi tersebut dapat menjadi informasi awal guna melakukan tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal. Tetapi informasi tersebut tidak detail dan hanya terbatas untuk menilai kemajuan proyek.

Grafik dibuat dengan sumbu-x sebagai nilai kumulatif biaya atau jam-orang yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan, sedangkan sumbu -Y menunjukkan parameter waktu. Ini berarti menggambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang siklus proyek. Bila grafik tersebut dibandingkan dengan grafik serupa yang disusun berdasarkan perencanaan dasar (kumulatif pengeluaran berdasarkan anggaran uang/jam-orang) maka akan segera terlihat jika terjadi penyimpangan.

Penggunaan grafik S dijumpai dalam hal-hal berikut ;

1. Pada analisis kemajuan proyek secara keseluruhan.
2. Penggunaan seperti di atas, tetapi untuk satuan unit pekerjaan atau elemen-elemennya.
3. Pada kegiatan engineering dan pembelian untuk menganalisis persentase (%) penyelesaian pekerjaan, misalnya jam-orang untuk menyiapkan rancangan, produksi gambar, menyusun pengajuan pembelian, terhadap waktu.
4. Pada kegiatan konstruksi, yaitu untuk menganalisis pemakaian tenaga kerja atau jam-orang dan untuk menganalisis persentase (%) penyelesaian serta pekerjaan-pekerjaan lain yang diukur (dinyatakan) dalam unit versus waktu.

Indikator Nilai Hasil

Konsep dasar nilai hasil dapat digunakan untuk menganalisis kinerja dan membuat prakiraan pencapaian sasaran. Untuk itu digunakan 3 indikator dalam konsep nilai hasil yaitu :

1. ACWP (*Actual Cost of Work Performed*). ACWP adalah jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan. Biaya ini diperoleh dari data-data akuntansi atau keuangan proyek pada tanggal pelaporan (misalnya, akhir bulan), yaitu catatan segala pengeluaran biaya aktual dari paket kerja atau kode akuntansi termasuk perhitungan *overhead* dan lain-lain. Jadi, ACWP merupakan jumlah aktual dari pengeluaran atau dana yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan pada kurun waktu tertentu.

2. BCWP (*Budgeted Cost of Work Performed*)

Indikator ini menunjukkan nilai hasil dari sudut pandang nilai pekerjaan yang telah diselesaikan terhadap anggaran yang disediakan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. Bila angka ACWP dibandingkan dengan BCWP, akan terlihat perbandingan antara biaya yang telah dikeluarkan untuk pekerjaan yang telah terlaksana terhadap biaya yang seharusnya dikeluarkan untuk maksud tertentu.

3. BCWS (*Budgeted Cost of Work Scheduled*)

Angka ini menunjukkan anggaran untuk suatu paket pekerjaan, tetapi disusun dan dikaitkan dengan jadwal pelaksanaan.

Ketiga indikator digambarkan dalam bentuk grafik dengan biaya sebagai sumbu vertikal dan waktu sebagai sumbu horisontal.

Rumus varians biaya (*Cost Variance*) dan varians jadwal (*Schedule Variance*) adalah sebagai berikut.

Varians biaya, $CV = BCWP - ACWP$ (6)

Varians jadwal, $SV = BCWP - BCWS$ (7)

Pengelola proyek seringkali ingin mengetahui efisiensi penggunaan sumber daya. Ini dinyatakan sebagai indeks produktivitas atau indeks kinerja.

- a. *Cost Performance Index* (CPI)

Faktor efisiensi biaya yang telah dikeluarkan dapat diperlihatkan dengan membandingkan nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan biaya yang telah dikeluarkan dalam periode yang sama (ACWP).

- b. *Schedule Performance Index* (SPI)



Berikut adalah diagram alir penelitian ini:

Faktor efisiensi kinerja dalam menyelesaikan pekerjaan dapat diperlihatkan oleh perbandingan antara nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan rencana pengeluaran biaya yang dikeluarkan berdasar rencana pekerjaan (BCWS).

Rumusnya adalah sebagai berikut.

Indeks Kinerja Biaya, $CPI = \frac{BCWP}{ACWP}$ (8)

Indeks Kinerja Jadwal, $SPI = \frac{BCWP}{BCWS}$ (9)

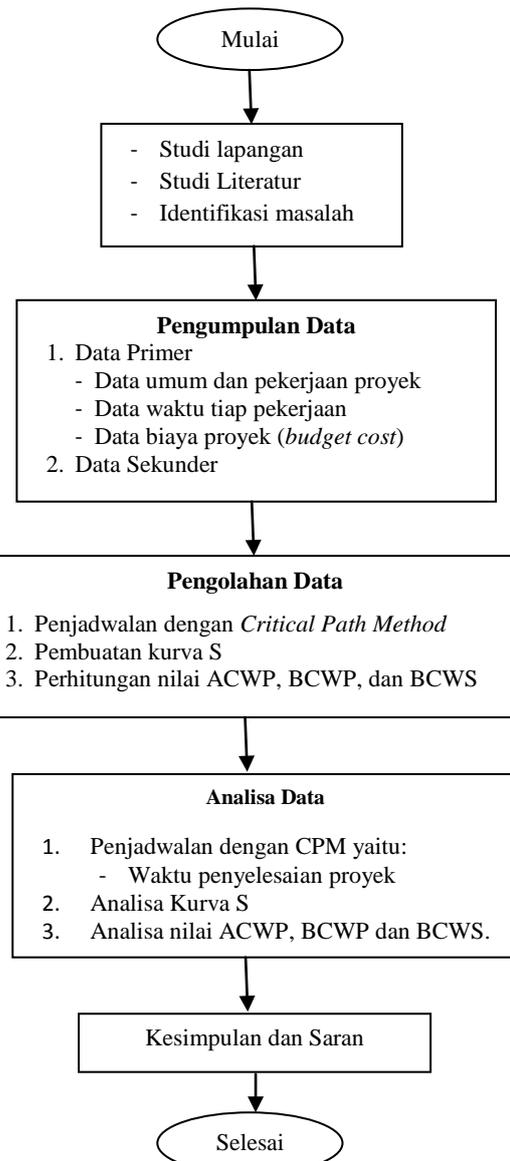
Bila angka indeks kinerja ditinjau lebih lanjut, akan terlihat hal-hal sebagai berikut.

1. Angka indeks kinerja kurang dari satu berarti pengeluaran lebih besar dari anggaran atau waktu pelaksanaan lebih lama dari jadwal yang direncanakan. Bila anggaran dan jadwal sudah dibuat secara realistis, maka berarti ada sesuatu yang tidak benar dalam pelaksanaan pekerjaan.
2. Sejalan dengan pemikiran di atas, bila angka indeks kinerja lebih dari satu, maka kinerja penyelenggaraan proyek lebih baik dari perencanaan, dalam arti pengeluaran lebih kecil dari anggaran atau jadwal lebih cepat dari rencana.
3. Semakin besar perbedaannya dari angka 1 maka semakin besar penyimpangannya dari perencanaan dasar atau anggaran. Bahkan bila didapat angka yang terlalu tinggi, yang berarti prestasi pelaksanaan pekerjaan dengan baik, perlu diadakan pengkajian apakah justru perencanaan atau anggarannya yang tidak realistis.

Metode Penelitian

Objek penelitian adalah sistem penjadwalan produksi kapal *Tug Boat* 42 M. Penelitian dilakukan di PT. Batam Expresindo Shipyards yang berada di Jln. Brigjen Katamso km.6 Tanjung Uncang Batam, Indonesia. Dalam model penelitian terdapat variabel penelitian yang digunakan yaitu:

1. Variabel Bebas yaitu waktu tiap pekerjaan serta data biaya pelaksanaan proyek pembangunan *Tug Boat* 42 M.
2. Variabel Terikat yaitu variabel yang akan diukur dalam penelitian yaitu penjadwalan CPM, kurva S serta nilai ACWP, BCWP, dan BCWS.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data-data tentang jadwal proyek. Dimana pembangunan *tug boat* 42 M dilakukan dengan sistem blok yaitu sistem pembuatan kapal dimana badan kapal terbagi beberapa blok, dimana tiap-tiap blok sudah siap pakai (lengkap dengan sistem perpipaannya). Kemudian setiap blok akan digabungkan melalui proses *hull erection* sehingga membentuk badan kapal. Berikut ini adalah jenis-jenis kegiatan produksi kapal *Tug Boat* 42M

Tabel 1 Keterkaitan Kegiatan

Kegiatan	Nama Kegiatan	Waktu Kegiatan (Hari)	Kegiatan Pendahulu	Kegiatan Pengikut
A	Blok 1 dan Blok 13	24	-	B
B	Blok 2 dan Blok 14	26	A	C, D
C	Blok 3 dan Blok 15	19	B	E
D	Blok 19	15	B	F
E	Blok 20	12	C	G
F	Blok 21	13	D	H
G	Blok 22	13	E	I
H	Blok 23	12	F	I, J
I	Blok 24	12	G, J	K
J	Blok 26	10	H	K
K	Blok 4, Blok 16, dan Blok 25	25	I, J	L
L	Blok 5, Blok 6, dan Blok 7	36	K	M
M	Blok 8, Blok 9, dan Blok 10	39	L	N
N	Blok 11, Blok 12, Blok 17, Blok 18	37	M	-

Perhitungan maju digunakan untuk mengidentifikasi waktu-waktu terdahulu. Sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, semua pendahulu langsungnya harus diselesaikan. Jika hanya ada kegiatan menuju sebuah peristiwa, maka saat paling awal (ES) peristiwa tersebut adalah saat paling awal (ES) kegiatan tersebut. Saat selesai paling awal sebuah kegiatan dengan menjumlahkan saat mulai paling awal dan lama kegiatan bersangkutan. Waktu selesai terdahulu atau paling cepat selesai (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah dari waktu mulai terdahulu atau paling cepat mulai (ES) dan waktu kegiatannya.

Kegiatan A,

Nilai ES = 0, karena tidak ada kegiatan yang mendahuluinya.

$$\begin{aligned} \text{Nilai EF} &= \text{Durasi} + \text{ES} \\ &= 24 + 0 = 24 \end{aligned}$$

Kegiatan B,

Nilai ES = 24 yaitu jumlah durasi kegiatan pendahulunya.

$$\text{Nilai EF} = \text{Durasi} + \text{ES} = 50$$

Perhitungan mundur digunakan untuk menentukan waktu yang paling akhir. Jika hanya sebuah kegiatan keluar dari peristiwa, maka saat paling lambat (LS) peristiwatersebut adalah saat paling lambat (LS) mulainya kegiatan tersebut. Saat mulai

paling lambat sebuah kegiatan diperoleh dengan mengurangi saat paling lambat (LF) selesainya kegiatan yang bersangkutan dengan lamanya kegiatannya.

Kegiatan A,

$$\text{LS} = 0$$

$$\text{LF} = \text{LS} + \text{Durasi} = 0 + 24 = 24$$

Kelonggaran atau batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya. Kelonggaran terdiri dari *Total Float* (TF) dan *Free Float* (FF).

Total Float (TF) merupakan waktu tenggang maksimum dimana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.

$$\text{TF} = \text{LF} - \text{ES} - \text{Durasi}$$

Misal kegiatan A, $\text{TF} = 24 - 0 - 24 = 0$

Sedangkan *Free Float* (FF) merupakan waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal kegiatan pengikut dan saat paling awal kegiatan pendahulu dengan selesainya kegiatan tersebut.

$$\text{FF} = \text{EF} - \text{ES} - \text{Durasi}$$

Pada kegiatan A, $\text{FF} = 24 - 0 - 24 = 0$

Kemudian diperoleh hasil perhitungan kelonggaran *Total Float* (TF) dan *Free Float* (FF) berdasarkan rumus tersebut.

Berikut adalah hasil perhitungan kelonggaran ES, EF,LS,LF , *Total Float*

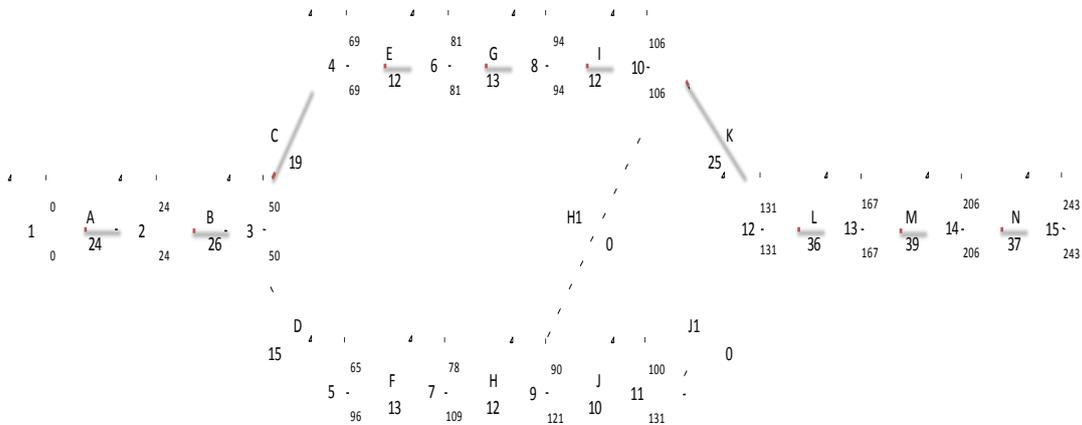
(TF) dan *Free Float* (FF) untuk semua kegiatan.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Kelonggaran

Kegiatan	Waktu Kegiatan (Hari)	Waktu paling cepat		Waktu paling lambat		Total Float	Free Float
		ES	EF	LS	LF	TF	FF
A	24	0	24	0	24	0	0
B	26	24	50	24	50	0	0
C	19	50	69	50	69	0	0
D	15	50	65	81	96	31	0
E	12	69	81	69	81	0	0
F	13	65	78	96	109	31	0
G	13	81	94	81	94	0	0
H	12	78	90	109	121	31	0
I	12	94	106	94	106	0	0
J	10	90	100	121	131	31	0
K	25	106	131	106	131	0	0
L	36	131	167	131	167	0	0
M	39	167	206	167	206	0	0
N	37	206	243	206	243	0	0

Penentuan jalur kritis yaitu dengan mengidentifikasi jalur yang memiliki lintasan pelaksanaan paling panjang atau durasi terpanjang pada jaringan yang disusun yang menentukan lamanya penyelesaian jaringan kerja dan aktivitas

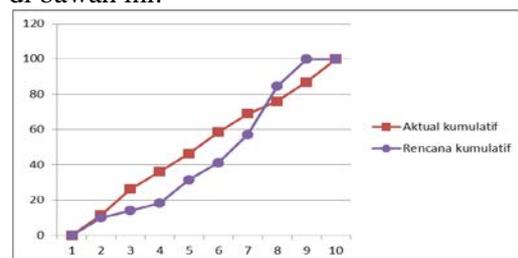
yang tidak mempunyai kelonggaran (*float*) atau nilai $TF = FF = 0$. Dari perhitungan waktu yang dilakukan dan jaringan kerja yang disusun, maka diperoleh lintasan kritis dengan kegiatan sebagai berikut : A – B – C – E – G – I – K – L – M – N.



Gambar 4 Jalur Kritis pembangunan *Tug Boat* 42 M

Dalam pelaksanaan proyek sangat perlu dilakukan analisa kurva S, sehingga dapat diketahui bagaimana kemajuan volume proyek pada waktu tertentu. Dengan menghitung nilai bobot setiap kegiatan yang diperoleh dengan membagi biaya setiap pekerjaan dengan total biaya proyek. Kurva S didapat dari plot bobot kumulatif pekerjaan sebagai persentase dari biaya per item pekerjaan dibagi dengan total anggaran proyek. Dapat dilihat kurva S

rencana dan kurva S aktual pada gambar 5. di bawah ini.



Gambar 5. Kurva S rencana dan aktual



Untuk mengetahui perbandingan biaya rencana dengan aktual, maka dilakukan perhitungan nilai hasil BCWS, BCWP, dan ACWP. Kemudian dilakukan analisis terhadap penilaian kinerja proyek atau penyimpangan yang terjadi pada biaya dan waktu/jadwal dengan cara mengukurnya, yaitu *Scheduling Variance (SV)*, *Schedule Performance Index (SPI)*, *Cost Variance (CV)*, dan *Cost Performance Index (CPI)*. BCWS menggambarkan anggaran rencana sampai pada periode tertentu terhadap volume rencana proyek yang akan dikerjakan.

$$BCWS = Plan\ progress \times Budgeting\ Cost$$

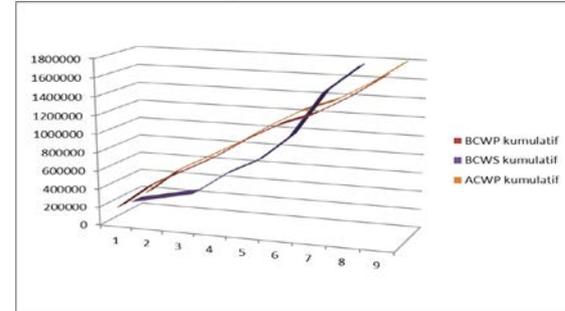
BCWP menggambarkan anggaran rencana proyek pada periode tertentu terhadap apa yang telah dikerjakan pada volume pekerjaan aktual.

$$BCWP = Actual\ progress \times Budgeting\ Cost$$

ACWP menggambarkan anggaran aktual yang dihabiskan untuk pelaksanaan pekerjaan pada keadaan volume pekerjaan aktual. ACWP merupakan representasi dari

keseluruhan pengeluaran yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam periode tertentu.

$$ACWP = Overhead\ Cost + Direct\ Cost + Indirect\ Cost + Expenses$$



Gambar 6. Grafik BCWS, BCWP dan ACWP

Total monthly progress dari *Budgeted Cost of Work Schedule (BCWS)*, *Budgeted Cost of Work Performed (BCWP)*, dan *Actual Cost of Work Performed (ACWP)* dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Total BCWS, BCWP, dan ACWP

Indikator	Bulan									Total (SGD)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
BCWS	177966	75359,5	74819,5	237326,5	172675,5	287060	489368,5	276832,5	-	1791408
BCWP	199065	258968,5	174953	178120	217770,5	181465	127250,5	191609	230490,5	1759692
ACWP	204071,5	269250	180557	181356	216966	186667,5	128285,5	193514,5	233173	1793841

Analisis terhadap penyimpangan yang terjadi pada biaya dan waktu selama 9 bulan dapat diuraikan :

Penyimpangan Varian biaya atau *Cost Varian (CV)*,

$$CV = BCWP - ACWP = \$ 1.759.692 - \$ 1.793.841 = - \$ 34.149$$

maka terjadi pemborosan biaya yang telah direncanakan.

Penyimpangan Varian waktu atau *Schedule Varian (SV)*,

$$SV = BCWP - BCWS = \$1.759.692 - \$ 1.791.408 = - \$ 31.716$$

, maka pekerjaan aktual lebih lambat dari rencana.

Indeks kinerja biaya atau *Cost Performance Index (CPI)*,

$$CPI = BCWP / ACWP = \$ 1.759.692 / \$ 1.793.841 = 0,981$$

= 0,981 < 1, maka terjadi pemborosan biaya BCWP < ACWP.

Indeks kinerja waktu atau *Schedule Performance Index (SPI)*,

$$SPI = BCWP / BCWS = \$ 1.759.692 / \$ 1.791.408 = 0,98 < 1$$

, maka pekerjaan aktual lebih lambat dari rencana BCWP < BCWS

Nilai hasil pada bulan ke-9 *Actual Cost* sebesar \$ 1.793.841 dari ACWP yang defisit dari BCWP \$ 1.759.692 sebesar \$ 34.149. Hasil ini belum menunjukkan kerugian yang signifikan bagi perusahaan, tetapi akan mempengaruhi *cash flow*. Karena itu, jika rancangan kerja tidak berubah dan tidak ada penanggulangan, maka dapat diramalkan seberapa terlambatnya proyek serta seberapa besar penambahan biaya yang akan ditanggung.

Dari pengolahan data dengan menggunakan *Critical Path Method* didapat



penjadwalan proyek pembangunan *Tug Boat* 42 M selama 243 hari, lebih cepat 17 hari dari aktual di lapangan dimana penjadwalan proyek dengan *Gantt Chart*

selama 260 hari. Berikut ini merupakan perbandingan penggunaan *Critical Path Method* dengan aktual *Gantt Chart*.

Tabel 4. Perbandingan CPM dan *Gantt Chart*

No	Kategori	Gantt Chart	CPM
1	Kemudahan	Lebih mudah dipahami	Lebih sulit dipahami
2	Kegiatan	Jumlah kegiatan tidak terlalu banyak	Jumlah kegiatan banyak
3	Hubungan kegiatan	Tidak menunjukkan keterkaitan kegiatan	Menunjukkan keterkaitan kegiatan
4	Efisien	Tidak efisien karena sulit dilakukan perbaikan (harus dibuat ulang)	Mudah dilakukan perbaikan tanpa harus dibuat ulang.
5	Waktu yang dihasilkan	260 hari	243 hari

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada penjadwalan pembangunan *Tug Boat* 42 M dengan *Critical Path Method* diperoleh waktu penyelesaian proyek dari blok 1 sampai blok 26 selama 243 hari, lebih cepat 17 hari dari pelaksanaan aktual selama 260 hari.
2. Pada kemajuan volume proyek pembangunan *Tug Boat* 42 M yang digambarkan dengan kurva S dapat diketahui bahwa kemajuan proyek pada kurva S Rencana bergerak lambat pada awalnya, hingga kemudian bergerak lebih cepat sehingga membentuk huruf S. Sedangkan pada kurva S Aktual dapat diketahui bahwa kemajuan proyek bergerak teratur dan tidak membentuk huruf S.
3. Nilai kinerja proyek berdasarkan BCWS, BCWP, dan ACWP dimana nilai *Planned Value* atau BCWS sebesar \$ 1.791.408, nilai BCWP sebesar \$ 1.759.692, dan untuk nilai *Actual Cost* ACWP sebesar \$ 1.793.841, sehingga dapat diketahui bahwa nilai varian biaya atau *Cost Variance* bernilai negatif dan *Cost Performance Index* yaitu $0,981 < 1$ yang menjelaskan bahwa proyek aktual mengalami kerugian sebesar \$ 34.149. Sedangkan untuk varian waktu atau *Schedule Variance* bernilai negatif dan *Schedule Performance Index* yaitu $0,982 < 1$ yang

menjelaskan bahwa proyek aktual mengalami keterlambatan atau lebih lambat dari rencana dan mengalami kerugian berdasarkan waktu sebesar \$ 31.716.

Saran

Berdasarkan analisa dan kesimpulan yang diperoleh, maka terdapat beberapa saran penulis :

1. Sebaiknya perencanaan penjadwalan dilakukan dengan metode jalur kritis atau *Critical Path Method*.
2. Pemantauan terhadap pelaksanaan proyek dilakukan secara teratur untuk mengetahui sekaligus meminimalkan faktor-faktor yang mempengaruhi terhambatnya kinerja proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Husen, A. 2009. *Manajemen Proyek. Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek*. Yogyakarta: Andi.
- Kusuma, H. 2009. *Manajemen Produksi, Perancangan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Andi.
- Purnomo, H. 2004. *Pengantar Teknik Industri*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Sinulingga, S. 2008. *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Soeharto, I. 2001. *Manajemen Proyek, Dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta : Erlangga.
- Sofyan, D. K. 2013. *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.