

ANALISA LINTASAN JARINGAN PERENCANAAN ASEMBLING HORIZONTAL STERILIZER DENGAN METODE *PERT* PADA PERUSAHAAN KONTRAKTOR

Abdurrozzaq Hasibuan¹⁾, Abdul Rahman Suleman²⁾, Takiyuddin³⁾

¹⁾Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara – Medan

²⁾Fakultas Ekonomi, Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan – Sumatera Utara

³⁾Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Nusa Bangsa Medan – Sumatera Utara

rozzaq@uisu.ac.id; ragilzhillan@gmail.com

Abstrak

Kompetisi global dalam dunia usaha merupakan masalah yang harus dihadapi terutama dalam dunia kontraktor. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan dengan waktu pengerjaan proyek seminimal mungkin merupakan tuntutan yang harus dipersiapkan dan dilaksanakan. Namun dalam realita yang ada dunia kontrak banyak mengalami kesulitan dalam merencanakan dan melaksanakannya yang disebabkan kurangnya kemampuan menganalisa keterkaitan antar kegiatan sampai kepada faktor yang mendukung untuk mempercepat usia penyelesaian proyek dengan tingkat keyakinan ilmu probabilitas.

PERT (Programme Evaluation and Review Technique) merupakan metoda penyelesaian proyek yang menitik beratkan untuk mempercepat atau mempersingkat waktu pelaksanaan proyek sampai selesai dengan model visual Network Diagram. Setelah proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan hasil yang diinginkan, maka untuk memastikan keberhasilannya dengan pengujian probabilitas dari lintasan terpanjang terhadap waktu yang diinginkan. Sebab dalam menganalisa Probabilistik PERT waktu kegiatan dalam proyek bersifat independent dan waktu selesai proyek berbentuk distribusi normal. Independent ini diperlukan agar varian proyek bisa diperoleh dengan menjumlahkan dari masing-masing kegiatan, sedangkan asumsi normalitas diperlukan untuk dapat menggunakan distribusi normal dalam analisisnya.

Kata-Kata Kunci: *Analisa Lintasan, Asembling Horizontal, Programme Evaluation and Review Technique (PERT)*

I. Pendahuluan

Globalisasi merupakan sebuah kesepakatan internasional untuk mengadakan persaingan bebas. Sehingga menjadi sebuah kompetisi global yang menyebabkan persaingan-persaingan antar perusahaan menjadi semakin ketat. Indonesia khususnya untuk menghadapi persaingan bebas sangat membutuhkan kesiapan baik secara kualitas dan kuantitas Sumber Daya, Politik dan perekonomian baik disektor ril maupun non ril. Pembangunan ekonomi negara tidak terlepas dari kegiatan-kegiatan berupa proyek, karena proyek merupakan unit operasional pembangunan yang paling kecil. Demikian juga dalam lingkup perusahaan, pengembangan perusahaan juga dimulai dari kegiatan-kegiatan proyek, misal proyek pembangunan pabrik, proyek pengembangan suatu produk baru atau proyek instalasi unit sistem informasi. Kebutuhan untuk menyelenggarakan proyek yang baik mendorong munculnya teori-teori ilmu pengetahuan yang diperlukan bagi para pelaksana proyek, yang kemudian dikenal dengan manajemen proyek.

Banyak perusahaan yang berkembang terutama perusahaan yang bidang usahanya tergantung kepada pesanan (order) yaitu perusahaan yang bergerak dalam bidang Manufacturing dan Engineering

mengalami kesulitan untuk dapat memastikan nilai keberhasilan (Probabilitas)

Perusahaan kontraktor banyak mengalami kesulitan untuk menentukan waktu penyelesaian proyek sesuai dengan kontrak, jadwal pekerjaan (schedule) yang diinginkan. Hal ini disebabkan karena lemahnya analisa proyek dan penetapan nilai keberhasilan, sehingga menyebabkan penawaran pekerjaannya tertolak karena keterlambatan dan lemah untuk kepastian penyelesaian proyek tersebut.

Untuk menyelesaikan permasalahan ini perusahaan tidak dapat menemukan teori dengan metode penyelesaian sebuah proyek dan nilai keberhasilan proyek yang direncanakan. Disini teori yang dapat ditawarkan untuk mengatasi permasalahan perusahaan dengan menggunakan Metode PERT untuk menentukan lintasan kritis sebuah proyek dengan analisa Probabilitas PERT.

1. 1.1 Rumusan Masalah

Analisa lintasan jaringan perencanaan Asembling Horizontal Sterilizer dengan dalam PERT yang menggunakan distribusi normal, yaitu mencakup :

1. Perencanaan jaringan kerja dengan metode PERT
2. Penentuan tenggang waktu dan lintasan kritis proyek
3. Penetapan time schedule
4. Perkiraan probabilitas PERT terhadap hari akhir penyelesaian proyek.

1.2 Tujuan Penelitian

- 1 Mendapatkan urutan kegiatan Proyek
- 2 Dapat menyusun Perencanaan Jaringan kerja (*Network planning*)
- 3 Dapat menentukan waktu penyelesaian proyek dengan kegiatan kritis dan percepatan waktu yang diinginkan dengan metode Pert
- 4 Mengetahui kemungkinan (probabilitas) berhasil sebuah proyek dari waktu akhir sebuah proyek.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Manajemen Proyek

Pembangunan ekonomi negara tidak terlepas dari kegiatan-kegiatan berupa proyek karena merupakan urut operasional pembangunan yang paling kecil. Demikian pula dalam lingkup perusahaan, pengembangan perusahaan juga dimulai dari kegiatan proyek misalnya proyek pembangunan pabrik, proyek pengembangan suatu produk besar, atau proyek instalasi unit sistem informasi.

Manajemen proyek menjadi suatu cabang khusus dalam manajemen operasi yang tumbuh dan berkembang karena adanya kebutuhan dalam organisasi, terutama untuk menangani kegiatan yang sifatnya tidak rutin atau baru, dalam jangka waktu yang tertentu dengan anggaran yang tertentu pula.

Penyelenggaraan proyek sangat berbeda dengan penyelenggaraan kegiatan operasional rutin. Proyek memiliki siklus pendek, sedangkan kegiatan operasional sistem memiliki siklus berjangka panjang, sehingga gaya manajemen ataupun intensi-intensi kegiatan proyek berbeda dengan kegiatan rutin.

Kegiatan proyek dapat dikelompokkan dalam dua tahapan persiapan dan tahap pelaksanaan. Kegiatan utama dalam tahapan persiapan adalah mengidentifikasi gagasan atau ide dan merumuskannya dalam bentuk yang lebih jelas dan kongkret dalam suatu acuan, serta mengadakan studi pendahuluan dan kelayakan terhadap gagasan tersebut, serta mengevaluasinya dari aspek-aspek pasar, teknis, ekonomis, keuangan, sosial politik dan lingkungan.

Tahapan pertama dalam kegiatan proyek adalah identifikasi gagasan proyek, yaitu menganalisis gagasan, ide atau saran-saran mengenai rencana proyek yang akan dilaksanakan. Setelah analisis pendahuluan dilakukan analisis yang lebih rinci, dikenal dengan istilah studi kelayakan, yang akan memberikan informasi yang cukup untuk melaksanakan proyek tersebut. Studi kelayakan akan memberi kesempatan kesempatan untuk menyusun proyek agar bisa cocok dengan lingkungan fisik dan sosialnya, serta memastikan bahwa proyek tersebut akan memberikan hasil yang optimal.

Aspek-aspek yang menjadi perhatian dalam studi kelayakan adalah analisis pasar, analisis teknis, aspek ekonomis dan finansial, aspek sosial politik dan analisis lingkungan. Adapun analisa studi kelayakan ini antara lain :

a. Analisa pasar

Mencakup penentuan kapasitas penawaran produk, kualitas produk, tingkat harga, target pasar, pangsa pasar, strategi penawaran dan saingan serta kebijakan pemerintah yang berkaitan.

b. Analisa Teknis

Hal ini mencakup pemilihan lokasi proyek, teknologi, kapasitas, standart dan perencanaan biaya, jadwal penyelesaian. Serta mengkaji hubungan-hubungan teknis yang mungkin ada dalam proyek

c. Aspek Ekonomis dan Finansial

Aspek ini menyangkut sejauh mana sumbangan atau peranan proyek dalam mengembalikan dana yang terpakai. Pengkajian arus keuangan dapat dilakukan melalui perhitungan *pay-back period, rate of return, net present value, dan sebagainya*.

d. Aspek Sosial dan Politik

Analisa dilakukan untuk memperkirakan kesetabilisan sosial-politik selama kurun waktu investasi proyek, termasuk faktor faktor peluang dan hambatan yang mungkin terjadi, baik selama pembangunan maupun setelah operasi. Sikap masyarakat dan peraturan pemerintahan setempat merupakan faktor yang paling diperhatikan.

e. Analisa dampak lingkungan

Analisa ini mencakup identifikasi penyebab pencemaran, identifikasi lingkungan yang akan terkena pencemaran, serta usaha-usaha penaggulangannya. Untuk jenis proyek tertentu, terutama yang menghasilkan limbah, analisis ini sangat penting karena kelancaran operasi perusahaan setelah berjalan sangat dipengaruhi oleh adanya atau tidak adanya pencemaran lingkungan yang ditimbulkan. Penolakan masyarakat yang disebabkan adanya pencemaran lingkungan akan sangat mengganggu kegiatan operasional perusahaan.

2.2 Teknik Penjadwalan Proyek

Pengendalian proyek yang besar, seperti halnya mengendalikan suatu sistem manajemen, mencakup pengendalian terhadap sumber daya, biaya, mutu dan anggaran. Pengendalian juga mencakup bagaimana realokasi sumber daya, atau anggaran harus dilakukan harus dilakukan dalam rangka meminimalkan biaya proyek atau untuk menjaga agar jadwal penyelesaian proyek bisa dipenuhi. Suatu proyek yang dapat diselesaikan tepat waktu atau lebih cepat dari pada jadwal yang ditetapkan akan memberikan banyak keuntungan bagi perusahaan melalui penghematan sumber daya yang digunakan, seperti upah kerja, biaya sewa peralatan yang digunakan, seperti upah kerja, biaya sewa peralatan, dan biaya-biaya over head (misalnya bunga bank, asuransi dan administrasi). Sehubungan dengan itu, diperlukan adanya teknik-teknik dalam manajemen proyek yang dapat membantu manajer dalam mengendalikan proyek.

Dalam penjadwalan proyek terdapat berbagai teknik yang dapat digunakan, antara lain Gantt Chart, CPM, PERT, Precedence digram, Work breakdown structur (WBS) dan Graphical evaluation and review technique (GERT). Secara umum teknik yang digunakan dalam aplikasi proyek terbanyak adalah penjadwalan proyek dapat dikelompokkan ke dalam dua metode, yaitu bagan balok dan perencanaan jaringan kerja.

2.3 Perancangan Jaringan Kerja

Perencanaan jaringan kerja (Network Planning) adalah selalu satu model yang banyak digunakan dalam penyelenggaraan proyek, yang produknya berupa informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja yang berlangsung. Dengan jaringan kerja dapat dilakukan analisa terhadap jadwal waktu selesainya proyek, masalah yang mungkin timbul kalau terjadi keterlambatan, probabilitas sesuai proyek, biaya yang diperlukan dalam rangka mempercepat penyelesaian proyek dan sebagainya.

Perbedaan antara CPM dan PERT terletak pada anggapan terhadap proyek, PERT menganggap proyek terdiri dari peristiwa-peristiwa yang susul menyusul, sedangkan menurut CPM proyek merupakan kegiatan-kegiatan yang membentuk lintasan atau beberapa lintasan. Persamaan antar CPM dan PERT terletak visualisasi proyek. Visualisasi menurut CPM dan PERT adalah berbentuk diagram. Kedua macam diagram tersebut mempunyai bentuk dan susunan berdasarkan prinsip yang sama.

Perbedaan anggapan proyek menurut CPM dan PERT tidak merupakan perbedaan yang prinsipil sebab meskipun peristiwa berbeda dengan kegiatan kenyataannya setiap kegiatan dan peristiwa adalah hal yang tidak dapat dipisahkan. Pada kenyataannya setiap kegiatan harus dimulai dari peristiwa awal dan harus selesai pada peristiwa akhir. Keputusan untuk memilih salah satu dari kedua metode tersebut yaitu CPM dan PERT, tergantung dari kemampuan mengenal proyek yang akan diselenggarakan. Apabila proyek yang bersangkutan lebih dikenal peristiwa-peristiwa, maka dipakai metode PERT, tetapi apabila proyek yang bersangkutan lebih dikenal kegiatan-kegiatannya, maka dipakai metode CPM.

2.4 Peristiwa kritis, kegiatan kritis dan Lintasan kritis

Tujuan pemakaian rencana jaringan kerja dalam penyelenggaraan proyek antara lain adalah agar proyek selesai pada saat yang telah direncanakan. Untuk dapat mencapai tujuan ini, caranya dengan melaksanakan kegiatan-kegiatan sesuai dengan rencana yang tertera pada diagram perencanaan jaringan kerja. Hal terakhir ini tidak selalu mungkin, sehingga selalu ada kemungkinan keterlambatan pelaksanaan. Adapun beberapa kegiatan yang mempunyai batas toleransi keterlambatan, sehingga kegiatan yang terlambat masih dalam toleransi yang tidak akan menyebabkan keterlambatan. Tetapi ada

kegiatan-kegiatan yang tidak memiliki toleransi tersebut, maka kegiatan apabila terlambat satu hari maka kesiapan proyek tersebut akan terlambat satu hari juga kegiatan yang tidak memiliki toleransi disebut kegiatan kritis.

Untuk mengetahui kegiatan kritis, perlu ditentukan terlebih dahulu peristiwa-peristiwa kritis. Dan untuk mengetahui kegiatan dan peristiwa kritis pada sebuah diagram jaringan kerja perlu digambarkan secara khusus lintasan kritisnya, yang dimulai dari awal kegiatan sampai akhir kegiatan. Dummy tidak pernah kritis, tetapi mungkin saja dilalui lintasan kritis.

a. Peristiwa kritis

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak memiliki tenggang waktu, peristiwa kritis ini pada diagram jaringan kerja bisa dilihat dengan bilangan pada ruangan kanan atas sama dengan bilangan pada ruangan bawah dari peristiwa tersebut

$$SPA = SPL = SPA - SPL = 0$$

b. Kegiatan kritis

Kegiatan kritis adalah kegiatan yang sangat sensitif terhadap keterlambatan, sehingga bila sebuah kegiatan kritis terlambat satu hari saja sedangkan kegiatan-kegiatan lainnya tidak terlambat, maka proyek akan mengalami keterlambatan dalam penyelesaiannya. Sifat kritis ini disebabkan karena kegiatan tersebut harus dimulai pada suatu saat terencana dan harus selesai pada suatu saat yang terencana pula. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan secara formulatif adalah $SPA_i = SPL_i$ atau $SPA_j = SPL_j$

Karena kegiatan kritis dimulai harus pada saat awal saja dan harus selesai pada saat akhir saja dan tidak ada alternatif lainnya, berlaku rumus :

$$SPA_i + L = SPA_j \text{ dan } SPL_i + L = SPL_j$$

c. Lintasan kritis

Lintasan kritis dalam sebuah diagram jaringan kerja adalah lintasan yang terdiri dari kegiatan kritis, peristiwa kritis dan dummy. Dummy hanya ada dalam lintasan kritis bila diperlukan. Lintasan kritis ini dimulai dari awal diagram jaringan kerja. Mungkin saja terdapat lebih dari sebuah lintasan kritis dan bahkan mungkin saja semua lintasan yang ada dalam diagram jaringan kerja kritis semua. Tujuan untuk mengetahui lintasan kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat kegiatan dan peristiwa yang tingkat kepekaanya paling tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga setiap saat bisa ditentukan prioritas kebijakan penyelenggaraan proyek, yaitu terhadap kegiatan dan peristiwa kritis.

Berdasarkan prosedur dan rumus untuk menghitung umur proyek dan lintasan kritis maka dapat disimpulkan bahwa :

- Umur lintasan kritis sama dengan umur proyek
- Lintasan kritis adalah lintasan yang paling lama umur pelaksanaannya dari semua lintasan yang ada.

2.5 Mempercepat Jaringan Kerja

Keadaan yang dihadapi disini adalah adanya perbedaan antara umur proyek dengan umur rencana proyek. Umur perencanaan proyek bisa lebih pendek daripada umur perkiraan proyek. Umur perkiraan proyek ditentukan oleh lintasan kritis yang terlama waktu pelaksanaannya, dan waktu pelaksanaan tersebut merupakan jumlah lama kegiatan-kegiatan kritis yang membentuk lintasan tersebut. Sedangkan umur rencana proyek ditentukan berdasarkan kebutuhan manajemen atau sebab-sebab lain.

Supaya proyek dapat diselesaikan sesuai dengan rencana, umur perkiraan proyek harus disamakan dengan umur rencana proyek. Caranya dengan mempercepat lama kegiatan perkiraan secara proposional. Perkiraan waktu suatu proyek biasanya didasarkan pada tingkat pemakaian sumber daya tertentu. Seringkali waktu penyelesaian proyek dapat dipersingkat dengan menambahkan sumber daya, jam kerja (lembur). Dalam banyak hal, percepatan waktu proyek bertujuan melalui penambahan sumber daya atau lembur selama biaya yang dikeluarkan masih lebih kecil dari pada biaya tidak langsung. Biaya tidak langsung adalah biaya tetap yang dikeluarkan dan tidak tergantung dari Output proyek, misalnya biaya penerangan kantor, biaya utilitas, sewa kantor, dan asuransi

Dalam hal ini proyek dipercepat dengan tujuan untuk mengejar suatu momen tertentu, misalnya pembangunan proyek karena harus dipakai dalam waktu tertentu yang sudah ditetapkan jadwalnya tau dapat disebut juga proyek dipercepat dengan suatu alokasi anggaran tertentu bahkan tanpa memperhitungkan berapa biaya yang harus dikeluarkan (*at any cost*) dengan kata lain sebagai kegiatan yang sifatnya mendesak.

2.6 Prosedur mempercepat umur proyek

Adapun prosedur yang harus diikuti agar dapat mempercepat umur proyek adalah sebagai berikut :

- Membuat diagram jaringan kerja dengan nomor peristiwa sama seperti semula dengan lama kegiatan perkiraan baru untuk langkah ;
- Dengan dasar saat paling awal peristiwa awal ($SPA_1 = 0$), dihitung saat peristiwa awal lainnya. Umur perkiraan proyek (UPER) = saat paling awal peristiwa akhir (SPA_m , m adalah nomor peristiwa akhir diagram jaringan kerja atau nomor maksimal peristiwa).
- Dengan dasar pada saat paling lambat peristiwa akhir diagram jaringan kerja (SPL_m) = umur proyek yang direncanakan (UREN), dihitung saat paling lambat semua peristiwa.
- Hitung Total Float (TF) semua kegiatan yang ada. Bila tidak ada Total Float (TF) yang berharga Negatif, proses perhitungan selesai. Bila masih ada Total Float (TF) yang berharga negatif, lanjutkan kelangkah berikut;
- Cari lintasan atau lintasan-lintasan yang terdiri dari kegiatan-kegiatan total float (TF) masing-masing besarnya :

Total Float (TF) = UREN – UPER

$$\left. \begin{aligned} &= SPL_m - SPA_m \\ &= SPL_1 - SPA_1 \end{aligned} \right\} \text{ Berharga Negatif}$$

- Lama kegiatan dari kegiatan tersebut diatas adalah L_n , n = adalah nomor urutan kegiatan tersebut dalam satu lintasan , $n = 1, 2, 3, \dots z$.
- Hitung lama kegiatan baru dari kegiatan tersebut diatas (langkah ke-5 dan ke-6) dengan menggunakan rumus :

$$L_n(\text{baru}) = L_n(\text{lama}) + \frac{L_n(\text{lama})}{L_i} \times (UREN - UPER)$$

UPER)

L_n (baru) = lama kegiatan baru

L_n (lama) = lama kegiatan lama

L_i = jumlah lama kegiatan-kegiatan pada suatu lintasan yang harus dipercepat

UREN = Umur rencana proyek

UPER = Umur perkiraan proyek

- Kembali ke langkah – 1

2.7 Probabilitas

Statistik adalah suatu ilmu yang berhubungan dengan analisis data yang proses pengambilan keputusan mengenai sistem dari data yang diperoleh. Aplikasi statistik digunakan dalam berbagai bidang, ilmu seperti rekayasa (Engineering), ilmu fisika, perdagangan (usaha), ilmu kesehatan dan biologi, ilmu sosial dan pendidikan.

Statistik memiliki dua cabang yang utama yaitu ; Probabilitas (kemungkinan) dan statistik induktif (*inferential statistics*). Probabilitas adalah sebuah metodologi yang mengizinkan uarian variasi random (acak) didalam sistem, sedangkan statistik induktif menggunakan tentang populasi untuk menarik kesimpulan umum tentang populasi tersebut.

2.8 Probabilitas waktu penyelesaian proyek

PERT dapat digunakan untuk memperkirakan probabilitas waktu penyelesaian proyek untuk satu waktu tertentu yang diinginkan. Dalam hal ini diperlukan pendekatan statistik untuk mengukur waktu rata-rata umur proyek (*Mean, μ*) dan standart deviasi (σ) waktu selesainya proyek. Dalam menggunakan probabilitas PERT dipakai dua asumsi, yaitu bahwa waktu kegiatan secara statistik bersifat independent dan waktu selesai proyek berbentuk distribusi normal. Independent ini diperlukan agar varian proyek bisa diperoleh dengan menjumlahkan dari masing-masing kegiatan, sedangkan asumsi normalitas diperlukan untuk dapat menggunakan distribusi normal dalam analisisnya.

Rata-rata selesainya proyek merupakan jumlah waktu dari kegiatan kritis, sedangkan variansi lintasan kritis proyek merupakan jumlah variansi kegiatan kritis. Variansi kegiatan kritis (σ_{kk}^2) dan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_{kk}^2 = \left[\frac{tp - t_o}{6} \right]^2$$

Dengan variansi proyek (σ^2) merupakan jumlah jumlah varian kegiatan kritis, dengan rumus :

$$\sigma^2 = \sum \sigma_{kk}^2$$

Standart deviasi dari proyek (σ) adalah akar dari variansi proyek, dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

III. Perancangan dan Analisa

Perancangan jaringan kerja (*Network Planning*) berdasarkan survey yang dilakukan, maka perencanaan dan pelaksanaan pemasangan (*Exection*)

rebusan (*Sterilizer*). Probabilistik keberhasilan proyek berdasarkan metode probabilistik PERT.

3.1 Waktu perkiraan (L per) setiap kegiatan

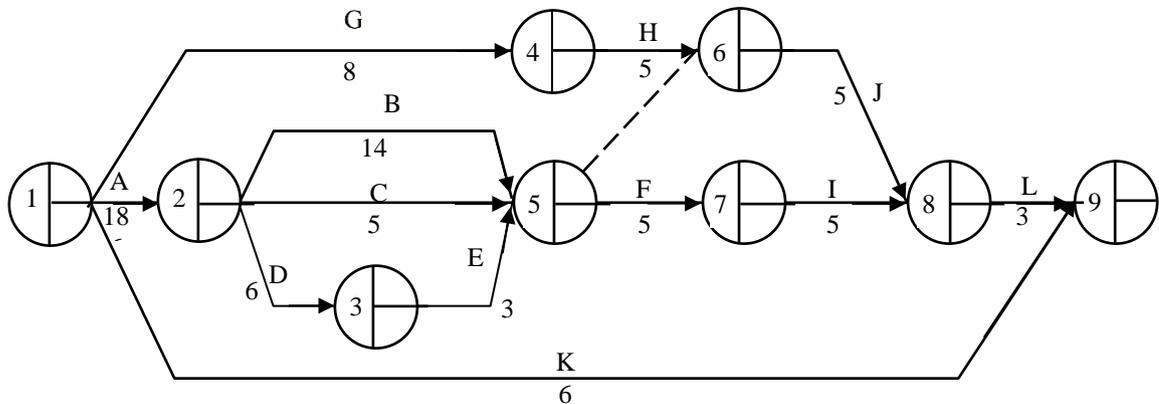
Adapun rumus yang digunakan untuk mencari umur perkiraan (Lper) penyelesaian setiap even antara lain :

$$L \text{ per } x = \frac{t_o x + (4.t_m x) + t_p x}{6}$$

Lama waktu penyelesaian per even untuk melakukan perencanaan jaringan kerja (*Network Planning*) hitungan meja dan mundur pada proyek

3.2 Perencanaan Jaringan Kerja

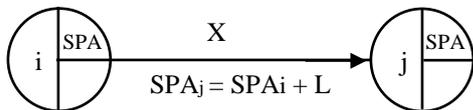
Waktu perencanaan, penyelesaian setiap even, maka dapat dicari jaringan kerja antara lain seperti Gambar 1.



Gambar 1. Perencanaan jaringan kerja (*Network Planning*)

3.3 Perhitungan Maju (Saat Paling Awal = SPA)

Berdasarkan perhitungan waktu selesai setiap even dan perencanaan jaringan kerja (*Network Planning*), maka dapat dilanjutkan kepada perhitungan maju (saat paling awal = SPA) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 2. Kegiatan menuju kepada peristiwa

Peristiwa 1.

$$SPA_i = 0$$

Peristiwa 2

$$\begin{aligned} SPA_2 &= SPA_1 + LA \\ &= 0 + 18 \\ &= 18 \text{ hari} \end{aligned}$$

Peristiwa 3

$$\begin{aligned} SPA_3 &= SPA_2 + L_D \\ &= 18 + 6 \\ &= 24 \text{ hari.} \end{aligned}$$

Peristiwa 4

$$\begin{aligned} SPA_4 &= SPA_1 + L_G \\ &= 0 + 8 \\ &= 8 \text{ hari} \end{aligned}$$

Peristiwa 5

$$\begin{aligned} SPA_5 &= SPA_2 + L_B \\ &= 18 + 14 \\ &= 32 \text{ hari.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SPA_5 &= SPA_2 + L_C \\ &= 18 + 5 \\ &= 23 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SPA_5 &= SPA_3 + L_E \\ &= 27 \text{ hari.} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan maju peristiwa 5, hasil yang maksimum adalah 32 hari, maka $SPA_8 = 32$ hari.

Peristiwa 6

$$\begin{aligned} SPA_6 &= SPA_4 + L_H \\ &= 8 + 5 \\ &= 13 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SPA_6 &= SPA_5 + \text{Dummy} \\ &= 32 + \text{Dummy} \\ &= 32 \text{ tahun.} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan maju peristiwa 6, hasil yang maksimum adalah 32 hari, maka $SPA_6 = 32$ hari.

Peristiwa 7

$$\begin{aligned} SPA_7 &= SPA_5 + L_I \\ &= 32 + 5 \\ &= 37 \text{ hari} \end{aligned}$$

Peristiwa 8

$$\begin{aligned} SPA_8 &= SPA_6 + L_J \\ &= 32 + 5 \\ &= 37 \text{ hari} \\ SPA_8 &= SPA_7 + L_I \\ &= 32 + 5 \\ &= 42 \text{ hari} \end{aligned}$$

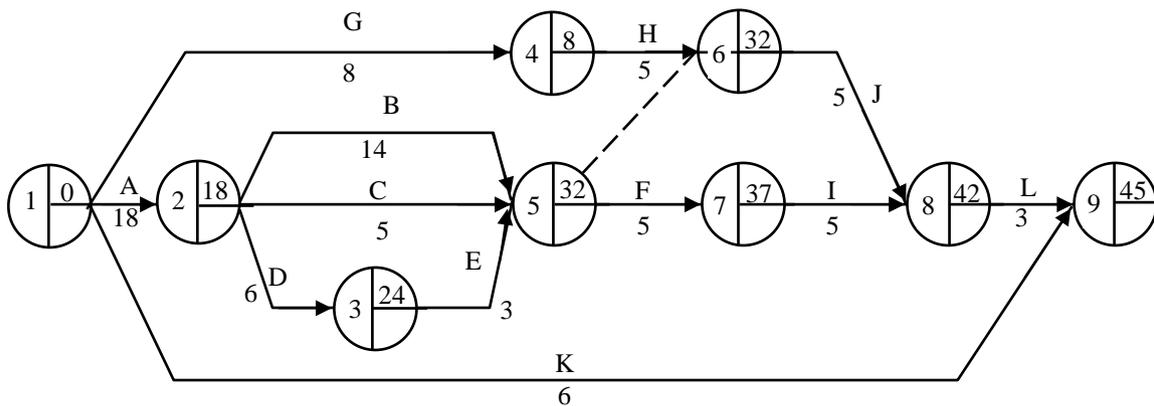
Dari hasil perhitungan maju peristiwa dan hasil yang maksimum adalah 39 hari, maka $SPA_8 = 39$ hari.

Peristiwa 9

$$\begin{aligned} SPA_9 &= SPA_1 + L_{10} \\ &= 0 + 6 \\ &= 6 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SPA_9 &= SPA_8 + L_1 \\ &= 42 + 3 \\ &= 45 \text{ hari.} \end{aligned}$$

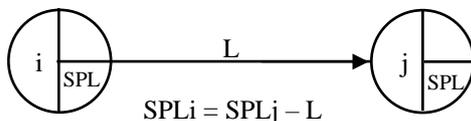
Dari hasil perhitungan maju peristiwa 9, hasil yang maksimum adalah 45 hari, maka $SPA_9 = 45$ hari. SPA_9 adalah kegiatan terakhir, maka dapat disusun network diagram (gambar 3) dengan keadaan akhir yaitu setelah semua didapat saat paling awal semua peristiwa selesai dihitung. Karena peristiwa terakhir bagian L juga merupakan peristiwa terakhir seluruh network diagram, berarti peristiwa akhir seluruh proyek, maka saat paling awal peristiwa mungkin dapat diselesaikan.



Gambar 3. Network diagram hitungan maju (SPA)

3.4 Perhitungan Mundur (Saat Paling Lambat = SPL)

Secara formulatif, untuk menentukan saat paling lambat, suatu peristiwa adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Kegiatan keluar dari peristiwa

SPL_i = saat paling lambat peristiwa awal

SPL_j = saat paling lambat peristiwa akhir

Peristiwa 9

$$SPL_8 = SPL_9 - L_L$$

Peristiwa 8

$$\begin{aligned} SPL &= SPL_8 - L_I \\ &= 45 - 3 \\ &= 42 \text{ hari} \end{aligned}$$

Peristiwa 7

$$\begin{aligned} SPL_7 &= SPL_8 - L_I \\ &= 45 - 3 \\ &= 37 \text{ hari.} \end{aligned}$$

Peristiwa 6

$$\begin{aligned} SPL_6 &= SPL_8 - L_J \\ &= 42 - 5 \\ &= 37 \text{ hari} \end{aligned}$$

Peristiwa 5

$$\begin{aligned} SPL_5 &= SPL_6 - \text{Dummy} \\ &= 37 - \text{Dummy} \\ &= 37 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SPL}_5 &= \text{SPL}_7 - L_p \\ &= 37 - 5 \\ &= 32 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan mundur peristiwa 5, hasil yang minimum adalah 32 hari, maka $\text{SPL}_5 = 32$ hari.

Peristiwa 4

$$\begin{aligned} \text{SPL}_4 &= \text{SPL}_6 - L_H \\ &= 37 - 8 \\ &= 29 \text{ hari} \end{aligned}$$

Peristiwa 3

$$\begin{aligned} \text{SPL}_3 &= \text{SPL}_5 - L_E \\ &= 32 - 3 \\ &= 29 \text{ hari} \end{aligned}$$

Peristiwa 2

$$\begin{aligned} \text{SPL}_2 &= \text{SPL}_5 - L_B \\ &= 32 - 14 \\ &= 18 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SPL}_2 &= \text{SPL}_5 - L_C \\ &= 32 - 5 \\ &= 27 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SPL}_2 &= \text{SPL}_3 - L_D \\ &= 29 - 6 \\ &= 23 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan mundur peristiwa 2, hasil yang minimum adalah 18 hari maka $\text{SPL}_2 = 18$ hari

Peristiwa 1

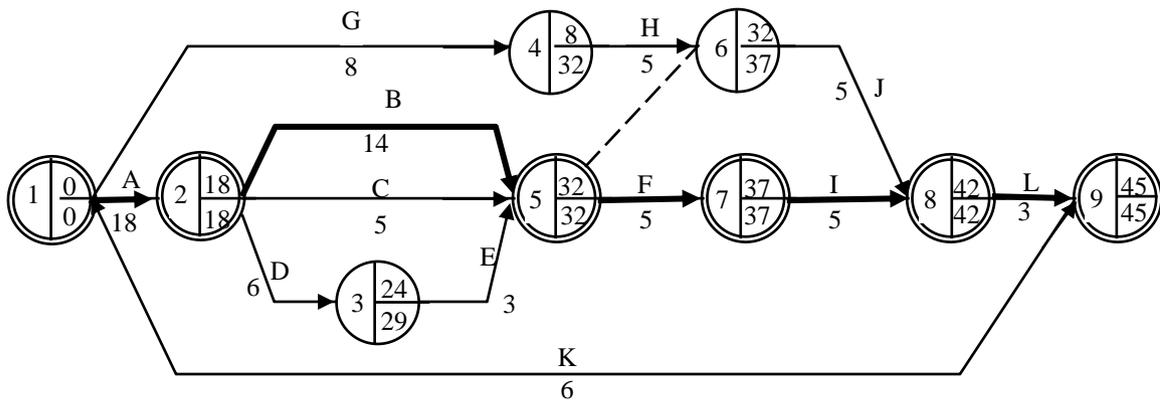
$$\begin{aligned} \text{SPL}_1 &= \text{SPL}_4 - L_G \\ &= 32 - 8 \\ &= 24 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SPL}_1 &= \text{SPL}_2 - L_A \\ &= 18 - 18 \\ &= 0 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SPL}_1 &= \text{SPL}_9 - L_k \\ &= 45 - 6 \\ &= 31 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan mundur peristiwa 1 hari yang minimum adalah 0 hari maka $\text{SPL}_1 = 0$ hari.

Pada saat paling lambat SPL_1 adalah peristiwa akhir saat paling lambat, maka dapat disusun network diagram (Gambar 5) dari hasil perhitungan saat paling lambat selesai, dapat kita tentukan lintasan, peristiwa dan kegiatan kritis yang terjadi dengan menggunakan garis lapis (*double line*) yaitu :



Gambar 5. Saat paling lambat selesai, lintasan peristiwa dan kegiatan kritis

3.5 Mempercepat Umur Proyek

Proyek assembling horizontal sterilizer ini telah dilengkapi dengan lama kegiatan perkiraan semua kegiatan saat paling awal dan saat paling lambat semua peristiwa. Dari network diagram dengan umur perkiraan proyek (UREN = 40 hari) dan dipercepat penyelesaiannya sehingga umur proyek rencana proyek (UPER = 45 hari).

Perhitungan saat paling awal (SPA) semua peristiwa dengan dasar $\text{SPA}_1 = 0$, perhitungan saat paling lambat (SPL) dengan dasar $\text{SPL}_h = \text{UREN}$.

Jangka waktu percepatan proyek = $\text{UREN} = \text{UPER}$, dimana $\text{UPER} = \text{SPAN}$.

UREN = umur rencana proyek = 40 hari

UPER = umur perkiraan proyek = 40 hari

SPA₁ = saat paling awal proyek = 0 hari

SPAN = saat paling awal peristiwa akhir proyek = 40

SPL_n = saat paling lambat peristiwa akhir proyek = 40

3.6 Probabilitas Keberhasilan Proyek

Rata-rata selesainya proyek merupakan jumlah waktu dari kegiatan kritis, sedangkan varian untasan kritis proyek merupakan varian kegiatan kritis.

A. Varian kegiatan kritis (σ_{kk}^2)

Varian kegiatan kritis dapat dicari dengan rumus :

$$\sigma_{kk}^2 = \left[\frac{tp - to}{6} \right]^2 \text{ dari setiap kegiatan kritis A, B, F, I dan L}$$

$$\sigma_{kk_A}^2 = \left[\frac{tpa - toa}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{22-14}{6} \right]^2 = 64/36$$

$$\sigma_{kk_B}^2 = \left[\frac{tp_B - to_B}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{16-9}{6} \right]^2 = 49/36$$

$$\sigma_{kk_F}^2 = \left[\frac{tp_F - to_F}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{6-3}{6} \right]^2 = 9/36$$

$$\sigma_{kk_I}^2 = \left[\frac{tp_I - to_I}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{7-3}{6} \right]^2 = 16/36$$

$$\sigma_{kk_L}^2 = \left[\frac{tp_L - to_L}{6} \right]^2$$

$$= \left[\frac{4-2}{6} \right]^2 = 4/36$$

B. Umur proyek, Mean (μ) = 40

C. Varian proyek (σ^2)

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_F^2 + \sigma_I^2 + \sigma_L^2 \\ &= 64/36 + 49/36 + 9/36 + 16/36 + 4/36 \\ &= 142/36 \end{aligned}$$

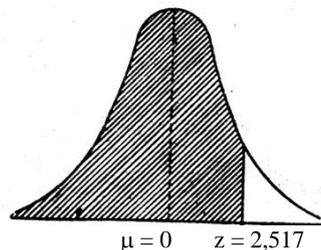
D. Standart deviasi proyek (σ)

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\sigma^2} \\ &= \sqrt{142/36} \\ &= 1,986 \end{aligned}$$

Probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 45 hari, maka nilai deviasi normal (Z) adalah

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{45 - 40}{1,986} = 2,517$$

Dengan menggunakan tabel distribusi normal dapat diperoleh luas daerah $Z = 2,517$ adalah 0,4940.



Gambar 6. Kurva normal probabilitas PERT Proyek assembling horizontal Sterilizer

Sehingga keberhasilan proyek diselesaikan 45 Hari kerja dengan percepatan 40 hari kerja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P(x \leq x) &= P(x \leq \mu) + P(\mu \leq x \leq x) \\ &= P(x \leq 40) + P(40 \leq x \leq 45) \\ &= 0,5 + 0,4940 \\ &= 0,9940 \text{ atau } 99.4\%. \end{aligned}$$

Jadi nilai kemungkinan keberhasilan proyek diselesaikan 45 Hari kerja dengan percepatan 40 hari kerja adalah 99.4%.

1. Waktu Perkiraan (Lper)

Untuk pelaksanaan assembling horizontal Sterilizer ϕ 2100 x 31000 mm selama 45 hari kerja memiliki 12 kegiatan (even) dengan volume tertentu dapat diselesaikan dengan tiga alternatif (t optimis, t Most likely dan t pesimis)

2. Perencanaan Jaringan Kerja (Network Planning)

Untuk membuat jaringan kerja (network diagram) kita harus dapat menentukan antara lain :

a. Urutan kegiatan

Aliran kegiatan ditujukan dengan menggunakan tanda anak panah, dimana arah anak panah merupakan lanjutan dari kegiatan sebelumnya.

b. Perhitungan maju (saat paling awal = SPA)

Setelah jaringan kerja (network diagram) dari urutan kegiatan selesai, maka untuk menghitung saat paling awal = SPA dengan menjumlahkan saat paling awal kegiatan selesai (SPA_i) dengan lama waktu kegiatan perkiraan (Lper) : SPA_j = SPA_i + Lper

3. Perhitungan mundur (Saat paling lambat = SPL)

Setelah perhitungan saat paling awal (SPA) selesai hingga kegiatan akhir dengan hasil 45 hari, maka untuk perhitungan mundur (Saat pling lambat = SPL) merupakan pengurangan dari saat paling lambat peristiwa akhir (SPL_j) dengan waktu perkiraan (Lper)

$$SPL_i = SPL_j - Lper$$

4. Kegiatan, lintasan dan peristiwa kritis

Setelah perencanaan jaringan kerja (network diagram), perhitungan maju (saat paling awal = SPA) dan perhitungan mundur (saat paling lambat = SPL) maka dapat ditentukan kegiatan, lintasan dan peristiwa kritis, lihat (gambar 6.1) dengan analisa sebagai berikut :

a. Kegiatan kritis yang tidak memiliki tenggang waktu (Total float = TF, independent Float = IF dan Free Float = FF) dengan nilai 0 (nol)

b. Lintasan kritis merupakan lintasan terpanjang yang memiliki waktu penyelesaian terpanjang pula.

c. Peristiwa kritis merupakan kegiatan-kegiatan yang dilewati oleh lintasan kritis.

5. Mempercepat umur proyek
Untuk mempercepat waktu proyek dari 45 hari menjadi 40 hari memerlukan analisa sebagai berikut :
 1. Setelah terbentuk network diagram dengan kegiatan, peristiwa dan lintasan kritis, maka untuk pinal kegiatan (kegiatan akhir) pada SPL9 dapat dimasukkan nilai 40 hari kemudian dapat menghitung mundur
 2. Setelah menghitung mundur selesai sampai pada kegiatan awal (SPL1) dengan hasil -5, maka kegiatan yang memiliki total Float (TF) = -5 dapat dipercepat, hingga tidak ada lagi total float yang berharga negatif
6. Probabilistik keberhasilan proyek
Untuk menganalisa probabilitas keberhasilan proyek adalah sebagai berikut :
 - a. Varian proyek merupakan varian yang diambil dari lintasan terpanjang atau lintasan kritis

$$\sigma_k^2 = \left[\frac{tp - to}{6} \right]^2$$
 dan menjumlahkan varian kegiatan kritis menjadi varian proyek $\sigma^2 = \sum \sigma_k^2$
 - b. Standart deviasi merupakan hasil dari pengakaran varian proyek $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
 - c. Umur proyek yang diinginkan 40 hari merupakan nilai mean (μ), waktu normal selesai proyek 45 hari adalah nilai (x)
 - d. Untuk menentukan nilai keberhasilan proyek dengan menggunakan sebaran normal $Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$ hingga didapat probabilitas dalam satuan persent (%)

IV. Evaluasi

1. Pekerjaan yang paling sulit diaplikasikan dalam penyelenggaraan network adalah mendisain model yang meliputi sebagai berikut; menginventarisasi kegiatan, hubungan antar kegiatan, dan menyelenggarakannya kedalam network diagram.
2. Untuk menentukan waktu perkiraan (Lper) dari banyaknya alternatif yaitu dengan dengan cara antara lain ; rata-rata, pembobotan dan lintasan kritis, maka pilihan penyelesaian esuai dengan data yang terkumpul yaitu dengan cara lintasan kritis.
3. Perhitungan waktu proyek dengan perhitungan maju (SPA) dan perhitungan mundur (SPL) terlambat atau tidak terlambatnya proyek terletak pada penyikapan pada lintasan kritis
4. Waktu kegiatan secara statistik berdistribusi normal dan varian proyek diperoleh dengan penjumlahan varian kegiatan yang dilewati lintasan kritis.

V. Kesimpulan

1. Data kegiatan berjumlah 12 (Dua belas) kegiatan (even)
2. Usia perkiraan (UPER) adalah 45 (empat puluh lima) hari.
3. Setelah terbentuk jaringan maka :
 - Lintasan kritis yaitu : Peristiwa 1 ; A – Peristiwa 2 ; B – Peristiwa 5 ; F - Peristiwa 7 ; I – peristiwa 9 ; L,
 - kegiatan kritis yaitu : 1 – 2 – 5 – 7 – 8 – 9 , dan
 - peristiwa kritis yaitu : A – B – F – I – L
4. Untuk mempercepat jaringan kerja (Network) dengan Usia rencana (UREN) selama 40 hari
5. Total float yang dihasilkan untuk mempercepat usia pengerjaan TF = UREN – UPER adalah TF = 40 – 45 = - 5
6. Jaringan kerja (Network) yang dipercepat untuk mendapatkan hasil selesai 40 hari terjadi 2 (Dua) tahap hingga tidak ditemukan lagi nilai TF yang berharga negatif untuk setiap kegiatan.
7. Probabilitas proyek (Z) = 2,517 = 0,4940
8. Untuk probabilitas hasil perkerjaan assembling horizontal sterilizer dengan UPER = 45 dan UREN 40 Hari adalah P (X ≤ x) adalah 0.9940 atau 99.4%
9. Pelaksanaan pekerjaan UPER 45 Hari kerja (10 Jam/hari) menjadi UREN 40 Hari kerja dengan menggunakan jam lembur tambahan pada setiap kegiatan kritis dari lintasan terpanjang.

Daftar Pustaka

- [1] Eddy Harjanto, 1999, *Manajemen Produksi dan Operasi Edisi II*, PT Gramedia Widayarsana Indonesia, Jakarta.
- [2] Moh. Nasir, 1998, *Metodologi Penelitian*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- [3] Kusnanto, 2010, *Penjadwalan Proyek Konstruksi dengan Metode PERT (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung R. Kuliah dan Gedung Perpustakaan PGSD Kleco FKIP UNS Tahap I)*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
- [4] Ulbert Silalahi, 1996, *Azas-azas Manajemen*, CV. Mandar Maju, Badung.
- [5] T. Hani Handoko, 1984, *Manajemen Edisi II*, Balaksumur, September.
- [6] Ronald E Walpole, 1995, *Pengantar Statistik Edisi III*, PT. Gramedia Pustaka, Jakarta.
- [7] Anto Dajan, 1972, *Pengantar Metode Statistik Jilid I*, LP3ES, Jakarta.
- [8] Sujana. Tarsito, 1984 *Metode Statistik*, Bandung.
- [9] Ventura, Bona. 2015, *Evaluasi Proyek Pengadaan Kapal FRP Type Poel and Line di PT. X menggunakan Metode PERT (Project Evaluation and Riview Technique)*. Jurusan Pemesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya