

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GRAFIK | x |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2. Permasalahan | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5. Batasan Masalah | 4 |
| 1.6. Metodologi Penelitian | 5 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 9 |
| 2.1. Material Sistem Perancah | 10 |
| 2.2. Jenis Sistem Perancah | 11 |
| 2.3. Analisis Sistem Perancah | 16 |
| 2.4. Metode Statistik | 22 |
| 2.4.1. Varians dan Deviasi Standar | 22 |
| 2.4.2. Fungsi Distribusi Normal Dan Normal Logaritmis | 24 |
| 2.4.3. Analisa Kovarians dan Korelasi | 28 |
| 2.4.4. Teknik Evaluasi Probabilitas Network | 30 |
| 2.4.5. Jaringan Kerja Proyek | 35 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Prosedur pembangunan pekerjaan struktur beton harus direncanakan dengan cermat sebelum dimulai pelaksanaannya guna tercapai keseimbangan antara tingkat kekuatan struktur dengan biaya yang harus dikeluarkan dalam rangka memenuhi persyaratan teknis pekerjaan (bestek) yang telah ditetapkan. Di samping ketertiban pengerjaan betonnya sendiri, untuk dapat menjamin keberhasilan pelaksanaan pekerjaan beton diperlukan dalam hal pembuatan perancah yang kokoh serta memenuhi kebutuhan dan persyaratan.

Pekerjaan perancah ini merupakan penunjang yang sangat penting bahkan sangat menentukan untuk dapat tercapainya hasil pelaksanaan pekerjaan beton yang baik walaupun pekerjaan tersebut hanya bersifat sementara dan nanti pada akhirnya akan dibongkar serta disingkirkan. Sehingga pada umumnya pekerjaan ini sering digolongkan sebagai pekerjaan pembantu atau prasarana pekerjaan beton.

Karena fungsi dan kedudukannya yang khusus tersebut, maka dituntut pertimbangan yang matang untuk pelaksanaannya terutama mengenai rancangan struktur dan konsekuensi pembiayaannya. Sehingga diperlukan suatu metode pemilihan sistem pembetonan yang memenuhi persyaratan keekonomisan biaya, waktu, juga terhadap keamanan konstruksi itu sendiri.

Dalam pelaksanaan pembangunan gedung konstruksi beton bertulang diharapkan mengeluarkan biaya seekonomis mungkin. Salah satu faktor yang ikut menentukan besar-kecilnya biaya pembangunan adalah pemilihan sistem perancah yang akan dipergunakan. Macam sistem perancah yang

maka :

$$P(a < x \leq b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{(a-\lambda)/\xi}^{(b-\lambda)/\xi} e^{-\frac{1}{2}z^2} ds$$

$$= \Phi \left[\frac{\ln b - \lambda}{\xi} \right] - \Phi \left[\frac{\ln a - \lambda}{\xi} \right] \dots\dots\dots (2.10)$$

Probabilitas merupakan fungsi dari parameter λ dan ξ . Kedua parameter ini berhubungan dengan nilai purata μ dan deviasi standar σ . Sehingga diperoleh:

$$\lambda = \ln \mu - \frac{1}{2} \mu^2 \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\xi^2 = \ln \left(1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2} \right) \dots\dots\dots (2.12)$$

untuk $\frac{\sigma}{\mu} \leq 0.3$, maka $\ln \left(1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2} \right) \approx \frac{\sigma^2}{\mu^2}$

sehingga $\xi \approx \frac{\sigma}{\mu} = \delta = \text{COV} \dots\dots\dots (2.13)$

2.5.3. Analisa Kovarians dan Korelasi

Momen kedua gabungan dari x dan y adalah : (*Sri Adiningsih, Statistik, BPFE, Yogyakarta, 1993*)

$$E(XY) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x.y f_x(x,y) dx.dy \dots\dots\dots (2.14)$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} x.f_x(x) dx \int_{-\infty}^{\infty} y.f_y(y) dy$$

$$= E(x).E(y)$$

Momen kedua gabungan terhadap purata μ_x dan μ_y adalah kovarians dari x dan y yakni :

yang luas deviasi standarnya besar jika dibandingkan dengan T_e -nya. Masing-masing kurva tersebut memberikan keterangan kepada para pembuat keputusan. Sekalipun terdapat perkembangan yang buruk dan rencana tidak dapat ditepati, tetapi jumlah waktu yang sebenarnya dipergunakan tidak akan meleset jauh lebih melampaui T_e -nya seperti ditunjukkan pada grafik 2.4. Tetapi sebaliknya, jika terjadi perkembangan yang buruk pada kasus yang digambar dalam gambar 2.5, maka jumlah yang sebenarnya dipergunakan dapat jauh melampaui T_e -nya, maka terletak jauh disebelah kanan T_e -nya. Dengan demikian durasi rata-rata untuk setiap lintasan (terdiri dari beberapa aktivitas) adalah :

$$\bar{T} = \sum_{j=1}^{n_i} te_{ij} \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan : n_i = jumlah aktivitas pada lintasan i

te_{ij} = durasi aktivitas j yang terletak pada lintasan i

Jika diasumsikan bahwa aktivitas secara individu tidak berhubungan, maka variasi dari T_e adalah :

$$\bar{T} = \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2 (te_{ij}) \dots\dots\dots (2.22)$$

Dalam teori limit pusat jumlah semua unsur yang mempunyai bentuk distribusi yang sembarang, maka cenderung akan terbentuk distribusi normal. Dengan penggunaan metoda PNET untuk analisa network, maka diperlukan 2 parameter pada setiap aktivitas yakni :durasi rata-rata (t) dan standar deviasi (σ). Besarnya t dan σ dapat dihitung berdasarkan analisa PERT. Untuk jaringan kerja proyek yang mempunyai banyak lintasan kritis maka perlu di cek koefisien korelasi antara masing-masing lintasan kritis tersebut. Koefisien korelasi (ρ) antara lintasan T_i dan lintasan T_j adalah :

Di dalam perencanaan waktu akan dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1. Lokasi sumber daya terhadap proyek.
2. Ketersediaan tenaga kerja terampil.
3. Sarana transportasi yang tersedia.
4. Kondisi peralatan dan pemeliharaannya.
5. Kesehatan kerja.
6. Situasi musim selama berlangsungnya proyek.
7. Kelancaran pembayaran termijn.
8. Kelancaran ketersediaan bahan.

Oleh karena itu untuk perhitungan faktor resiko harus diketahui distribusi datanya, nilai rata-rata dan standar deviasinya, maka untuk mencari resiko terhadap waktu ini digunakan waktu rata-rata. Disini digunakan metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique) di dalam perhitungan waktu rata-rata ketiga perkiraan waktu yaitu waktu optimis, waktu pesimis dan waktu rencana yang terjadi.

1. Waktu Aktivitas Rata-Rata

Waktu rata-rata dan variansi dari masing-masing aktivitas menurut PERT yang didasarkan pada persamaan berikut :

$$\text{Waktu rata-rata (t)} = \frac{a + 4 \times m + b}{6}$$

$$\text{Variansi (} \sigma^2 \text{)} = \frac{(b - a)^2}{36}$$

dengan : a = waktu optimis

b = waktu pesimis

m = waktu rencana (sesuai yang diharapkan)

$$W = \frac{I}{Y} = \frac{500}{5} = 100 \text{ cm}^3$$

Jenis kayu Meranti Merah digunakan sebagai balok kayu dolken mempunyai B_j kayu = 0,55 dan termasuk kayu mutu A. Berdasarkan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5 1961, maka kayu Meranti Merah mempunyai karakteristik sebagai berikut :

$$\text{Tegangan lentur ijin} = \sigma_{lt} = 170 \times 0,55 = 93,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tegangan tekan ijin} = \sigma_{tk} = 150 \times 0,55 = 82,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tegangan geser ijin} = \tau_{lt} = 20 \times 0,55 = 11 \text{ kg/cm}^2$$

Diasumsikan bahwa gaya-gaya ijin tersebut ditentukan dengan memasukkan faktor keamanan sebesar 1,5 dari gaya runtuh. Tegangan tersebut diasumsikan jenis distribusi tegangan adalah distribusi normal logaritmis. Kemungkinan ada tegangan kurang dari kekuatan tegangan rencana terbatas sampai 5 %. Dan diasumsikan tegangan lentur dan geser mempunyai koefisien variansi sebesar 20 % dan 30 % (*Surjadi, P.A., Pendahuluan Teori Kemungkinan dan Statika, ITB*). Data yang didapat di atas masih merupakan data rencana. Untuk mencari data rata-ratanya adalah sebagai berikut :

Untuk momen

$$M_{\text{bahan}} = 93,5 \times 100 \times 1,5 = 14025 \text{ kg cm}$$

$$\sigma_{\text{bahan}} = \frac{M_{\text{bahan}}}{W} = \frac{14025}{100} = 140,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$P(\sigma_{\text{rata}}) = \Phi \left[\frac{\ln \sigma_{\text{rencana}} - \lambda}{\xi} \right]$$

$$\lambda = \ln \sigma_{\text{rata}}^2 - \frac{1}{2} \xi^2$$

Hasil perhitungan koefesien korelasi, maka antara balok memanjang dan balok melintang mempunyai hubungan erat. Hal ini terlihat dari harga $\rho = 0,95$ mendekati nilai satu sehingga untuk nilai kemungkinan kegagalan balok adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_b &= P_{bl} + P_{bm} - P_{bl} \times P_{bm} \\ &= 0,0694 + 8.10^{-4} - 0,0694 \times 1.10^{-5} \\ &= 0,0701 \end{aligned}$$

Maka kemungkinan kegagalan struktur menjadi :

$$\begin{aligned} P_{struktur} &= P_b + P_{sp} - P_{bm} \cap P_{sp} \\ &= 0,0701 + 1.10^{-5} \\ &= 0,0701 \end{aligned}$$

3.1.8. Analisa Biaya

1. Analisa Harga

Berdasarkan diagram waktu rata-rata (network Planning diagram) maka waktu penyelesaian proyek dibutuhkan 194,17 hari kalender dan perhitungan waktu pesimis dibutuhkan 239 hari kerja. Perhitungan hari tersebut digunakan untuk analisis harga untuk sewa peralatan dan upah pekerja. Apabila terjadi kegagalan pengecoran berarti terjadi kegagalan struktur perancah sehingga harus diperhitungkan biaya tambahan tenaga kerja dan sewa alat dalam analisa pementan.

a. Perancah

Perhitungan perancah sistem dolken akan dihitung hanya harga material untuk keseluruhan struktur atas. Jadi perhitungan belum termasuk ongkos-ongkos lain seperti upah tenaga kerja dan lain sebagainya.

c. Tenaga Kerja

Apabila pada saat pekerjaan terdapat hari libur Nasional maka pekerja akan mendapat libur. Jumlah hari libur ini diasumsikan selama 4 hari kerja sehingga pada perhitungan biaya tenaga kerja, maka hari libur ini harus diperhatikan jadi jumlah hari kerja menjadi :

$$195 - 4 = 191 \text{ hari}$$

Berdasarkan informasi di lapangan didapatkan :

| | |
|--------------------------|------------------------|
| - upah kepala tukang | = Rp. 10.000,00 / hari |
| - upah tukang | = Rp. 8.000,00 / hari |
| - upah pekerja laki-laki | = Rp. 5.500,00 / hari |
| - upah pekerja perempuan | = Rp. 5.000,00 / hari |
| | <hr/> |
| | Rp. 28.500,00 / hari |

$$\text{Upah rata-rata tenaga kerja} = \text{Rp.} 28.500 / 4 = \text{Rp.} 7.125 / \text{hari}$$

jumlah tenaga kerja :

$$= 3 \times 15 = 45 \text{ orang}$$

Untuk pekerjaan ini dianggap bekerja 1 orang pelaksana sebagai pengawas lapangan dan satu pembantu pelaksana. Berdasarkan data lapangan maka upah mereka adalah :

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| - pengawas lapangan | = Rp.500.000,00 / bulan |
| - pembantu pengawas lapangan | = Rp.400.000,00 / bulan |

$$\begin{aligned} \text{Upah rata-rata setiap hari} &= \text{Rp.} 900.000,00 / 30 \\ &= \text{Rp.} 30.000,00 / \text{hari} \end{aligned}$$

Maka upah satuan tenaga kerja / orang setiap hari

$$= \text{Rp.} 7.125,00 \times 45 + \text{Rp.} 30.000,00 = \text{Rp.} 350.625,00 / \text{hari}$$

harga upah tenaga manusia setiap hari

$$(\text{HUH}) = I \times V \times f$$

$$\mu(\text{HUH}) = 1,083 \times \text{Rp.} 350.625,00 \times 1$$

Tambahan biaya yang harus ditanggung :

- Upah pekerja (BTU)

$$\begin{aligned}\mu(\text{BTU}) &= [(239 - 15) - 191] \times \text{Rp. } 379.726,875 \\ &= \text{Rp. } 12.530.986,88\end{aligned}$$

- Sewa alat (BTA)

$$\begin{aligned}\mu(\text{BTA}) &= (239 - 195) \times \text{Rp. } 270.750,00 \\ &= \text{Rp. } 11.913.000,00\end{aligned}$$

- klaim

Tambahan biaya klaim akibat adanya keterlambatan waktu adalah sebagai berikut :

$$= (239 - 238) \times \text{Rp. } 2.400.000,00 = \text{Rp. } 2.400.000,00$$

Besarnya biaya tambah (BT) = BTU + BTA + Klaim

$$\begin{aligned}\mu(\text{BT}) &= \text{Rp. } 12.530.986,88 + \text{Rp. } 11.913.000,00 + \\ &\quad \text{Rp. } 2.400.000,00 \\ &= \text{Rp. } 26.843.986,88\end{aligned}$$

Besarnya Nilai Alternatif :

$$\begin{aligned}\mu(\text{NA}) &= \text{Rp. } 773.177.390,60 + \text{Rp. } 26.843.986,88 \\ &= \text{Rp. } 800.021.377,48\end{aligned}$$

c. Terjadi Kegagalan Struktur Perancah dan Tidak Terjadi Kegagalan Waktu

1) Terjadi Kegagalan Struktur Perancah satu kali dan Tidak Terjadi Kegagalan Waktu (E_{3A})

Probabilitas kejadian E_{3A} adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P(E_{3A}) &= P(D) \cup P(E) \\ &= 0,0701 + 0,6480 - 0,0701 \times 0,6480\end{aligned}$$

2) Terjadi Kegagalan Struktur Perancah Tiga kali dan Tidak Terjadi Kegagalan Waktu (E_{3B})

Probabilitas kejadian E_{3B} adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P(E_{3B}) &= P(D) \cup P(F) \\ &= 0,0701 + 0,0041 - 0,0701 \times 0,0041 \\ &= 0,0739 \end{aligned}$$

Tambahan biaya yang harus ditanggung :

Pembetonan

- perancah

$$\begin{aligned} \mu &= 3 \times \text{Rp. } 189.308.400,00 \\ &= \text{Rp. } 567.925.200,00 \end{aligned}$$

- material beton

$$\begin{aligned} \mu &= 3 \times \text{Rp. } 138.894.750,00 \\ &= \text{Rp. } 416.684.250,00 \end{aligned}$$

- upah tenaga kerja

karena terjadi keruntuhan tiga kali, maka untuk perbaikannya dibutuhkan waktu tambahan 111 hari kerja (tiga kali pengecoran) sehingga :

$$\begin{aligned} \mu &= 111 \times \text{Rp. } 379.726,875 \\ &= \text{Rp. } 42.149.683,13 \end{aligned}$$

- sewa alat

karena pertambahan waktu 111 hari, maka terdapat tambahan biaya pada sewa alat

$$\begin{aligned} \mu &= 111 \times \text{Rp. } 270.750,00 \\ &= \text{Rp. } 30.053.250,00 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 928.416.205,60$$

b) Sistem Dolken

$$NE = \Sigma (P_i \times NK_i)$$

$$\begin{aligned} NE &= 0,9299 \times (0,9793 \times \text{Rp. } 773.177.390,60 + 0,0207 \times \text{Rp.} \\ &\quad 800.021.377,48) + 0,0701 \times (0,6480 \times \text{Rp.}1.154.686.660,80 + \\ &\quad 0,3520 \times \text{Rp. } 1.181.530.647,80) \\ &= \text{Rp. } 800.285.394,10 \end{aligned}$$

1) Untuk Tiga Kali Keruntuhan Perancah

a) Sistem Scaffolding

$$NE = \Sigma (P_i \times NK_i)$$

$$\begin{aligned} NE &= 0,9616 \times (0,9927 \times \text{Rp.}907.788.875,60 + 0,0073 \times \text{Rp.} \\ &\quad 928.330.001,23) + 0,0384 \times (0,0197 \times \text{Rp.}2.620.236.398,60 + \\ &\quad 0,9803 \times \text{Rp. } 2.642.078.477,98) \\ &= \text{Rp. } 974.513.265,30 \end{aligned}$$

b) Sistem Dolken

$$NE = \Sigma (P_i \times NK_i)$$

$$\begin{aligned} NE &= 0,9299 \times (0,9793 \times \text{Rp. } 773.177.390,60 + 0,0207 \times \text{Rp.} \\ &\quad 800.021.377,48) + 0,0701 \times (0,0041 \times \text{Rp.}2.037.750.202,60 + \\ &\quad 0,9959 \times \text{Rp. } 2.064.549.188,48) \\ &= \text{Rp. } 864.211.569,30 \end{aligned}$$

Dengan melihat Nilai Ekspektasi minimum, apabila terjadi kegagalan struktur satu kali maupun tiga kali ternyata sistem dolken lebih ekonomis dibandingkan sistem scaffolding pada bangunan dengan luas lantai 5508 m².

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Pada hasil penelitian dan pembahasan tentang analisa sistem perancah scaffolding dan sistem perancah dolken dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Apabila terjadi kegagalan struktur perancah maka akan menyebabkan peningkatan yang cukup besar pada nilai kegagalan terhadap waktu.
2. Probabilitas kegagalan terhadap waktu pada sistem dolken akan lebih besar jika dibandingkan dengan probabilitas kegagalan terhadap waktu pada sistem scaffolding. Hal ini disebabkan di dalam pemasangan perancah sistem dolken lebih rumit sehingga membutuhkan waktu yang lama jika dibandingkan dengan sistem scaffolding.
3. Nilai kegagalan terhadap waktu mempunyai nilai kemungkinan gagal yang cukup besar dibandingkan kegagalan terhadap struktur.
4. Adanya pengaruh kegagalan struktur terhadap kegagalan waktu, makin besar kegagalan struktur makin besar pula kegagalan terhadap waktu.
5. Nilai probabilitas terhadap kegagalan struktur sangat dipengaruhi oleh mutu bahan, dimensi bahan dan jarak pemasangan perancah yang akan menimbulkan momen dan gaya geser.
6. Sistem dolken akan lebih ekonomis dibandingkan sistem scaffolding apabila hanya digunakan sekali pakai (tanpa penggunaan ulang) dan luas lantai yang kecil, sedangkan sistem scaffolding akan lebih ekonomis dibandingkan sistem dolken apabila akan digunakan berkelanjutan (bukan sekali pakai) dan pada luas lantai yang besar.