

ISSN 2527 - 5542

REKAYASA

JURNAL TEKNIK SIPIL



UNIRA
UNIVERSITAS
MADURA

FT
FAKULTAS TEKNIK

Volume 4 , Nomer 1
JUNI 2019

REKAYASA TEKNIK SIPIL

Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

Volume 4, Nomer 1.

Juni 2019

Penanggung Jawab :

Ir. Moch. Hazin Mukti, MT., MM

Mitra Bestari :

Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT

Dr. Ir. Kustamar, MT

Dr. Ir. Subandiyah Azis, CES

Dr. Faisal Estu Yulianto, ST., MT.

Dr. Gusfan Khalik, ST., MT.

Komite Pelaksana :

Dedy Asmaroni, ST., MT.

Taurina Jemmy Irwanto, ST., MT.

Ahmad Fatoni ST., MT.

Ahmad Fausi, ST.

Aldi Setiawan, ST.

Komite Pelaksana :

Fakultas Teknik – Universitas Madura

Jl. Raya Panglegur KM. 3,5 Pamekasan 69317

Telp. (0324) 322231 psw 114 Fax (0324) 327418

Email : Jurnal.rekayasa.unira@gmail.com

REKAYASA TEKNIK SIPIL

Media Publikasi Karya Ilmiah di Bidang Teknik Sipil

Volume 4, Nomer 1.

Juni 2019

DAFTAR ISI

- 1. Perbandingan Nilai Index Pemampatan Berdasarkan Rumusan Empiris dan Pengujian Konsolidasi**
Putu Tantri K.Sari, Yudhi Lastiasih 1-6
- 2. Penerapan Metode *Barchart*, *CPM*, *PERT* dan *Crashing Project* dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember**
Amri Gunasti, Ach. Rofiqi, Pujo Priyono 7-12
- 3. Modifikasi Jembatan Mataraman II Malang Menggunakan Struktur Gelagar Beton Bertulang**
Dita Kamarul Fitriyah 13-18
- 4. Analisis Tingkat Kepuasan Pengunjung Terhadap Fasilitas Umum Di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang**
Mutiara Firdausi 19-24
- 5. Analisis Perkuatan Struktur Gedung Pasca Kebakaran Dengan Penambahan Profil Siku Sebagai Perkuatan Struktur Balok**
Yanisfa Septiarsilia, Jaka Propika 25-30
- 6. Analisis Strategi Penawaran Proyek Konstruksi Pada CV. BEW**
Felicia T. Nuciferani, Nanda Estu Jh 31-35

PERBANDINGAN NILAI INDEX PEMAMPATAN BERDASARKAN RUMUSAN EMPIRIS DAN PENGUJIAN KONSOLIDASI

Putu Tantri K.Sari dan Yudhi Lastiasih

Departement Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

E-mail: tantrigeoteknik@gmail.com, yudhi.lastiasih@gmail.com

ABSTRAK: Pengujian konsolidasi di laboratorium untuk mendapatkan nilai index pemampatan (Cc) membutuhkan waktu yang sangat lama dan harganya relative mahal, sehingga perumusan empiris lebih disukai dalam penerapan untuk perencanaan. Rumusan empiris untuk memperoleh Cc sudah dikembangkan sejak tahun 1940an di berbagai negara, namun masih sedikit rumusan empiris yang berasal dari tanah lempung lunak di Indonesia padahal karakteristik antara tanah di Indonesia dengan tanah di negara lain belum tentu sama. Perencana di Indonesia umumnya menggunakan rumusan-rumusan empiris yang telah ada dengan tujuan untuk mempersingkat waktu perencanaan padahal rumusan empiris tersebut belum tentu sesuai dengan kondisi di lapangan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai Cc dari rumusan empiris dan dari pengujian di laboratorium dengan melakukan perbandingan nilai Cc hasil pengujian yang telah ada yaitu sebanyak 466 sampel data tanah dari 77 titik bore hole pada 25 lokasi yang tersebar di wilayah Surabaya, Indonesia. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa nilai Cc dari 28 rumusan empiris yang telah dikembangkan sebelumnya memiliki tingkat kesamaan yang relative kecil yaitu kurang dari 70% dari nilai Cc hasil pengujian di laboratorium. Rumusan empiris nilai Cc dari data yang digunakan dalam penelitian ini juga telah didapatkan tetapi dengan variasi yang banyak karena rentang perbedaan nilai Cc yang relative besar.

Kata Kunci : Index pemampatan, compression index, Cc, pemampatan tanah, konsolidasi tanah

1. PENDAHULUAN

Nilai index pemampatan (Cc) sangat diperlukan oleh para ahli geoteknik untuk mengetahui besarnya pemampatan dari tanah lempung lunak. Nilai pemampatan tersebut diperlukan untuk melakukan banyak sekali perencanaan dari membangun rumah tinggal sederhana hingga membangun jalan tol. Perhitungan pemampatan ini dianggap sangat penting untuk menghindari adanya *differential settlement* yang mengakibatkan adanya retak pada struktur bangunan yang berada di atas pondasi dangkal. Apabila perhitungan pemampatan ditiadakan, maka bahaya kerusakan struktur tentu saja dapat terjadi yang berakibat pada besarnya harga perbaikan struktur bangunan tersebut.

Nilai Cc sangat menentukan dalam perhitungan pemampatan, selain nilai karakteristik tanah yang lain seperti angka pori dan berat volume tanah. Namun pengujian nilai Cc di laboratorium lebih membutuhkan banyak waktu dan harganya relative mahal dibandingkan dengan pengujian karakteristik tanah yang lainnya. Sebagai perbandingan, perhitungan nilai berat volume dan angka pori tanah dapat selesai dalam waktu 1 hari sedangkan perhitungan nilai Cc maupun parameter pemampatan lainnya dengan menggunakan uji konsolidasi satu dimensi di laboratorium baru akan selesai dalam waktu kurang lebih 1 minggu. Padahal perencana biasanya membutuhkan data tersebut dengan cepat, sehingga penggunaan rumusan empiris lebih disukai.

Banyak sekali rumusan pendekatan empiris yang telah dihasilkan dari jenis tanah lempung lunak di beberapa negara berkembang. Perumusan empiris tersebut didapatkan dari mengorelasikan nilai-nilai konsistensi dan karakteristik tanah yang lebih mudah diuji di laboratorium. Beberapa prediksi perumusan empiris berdasarkan nilai Liquid limit telah dilakukan oleh Skempton (1944); Terzaghi&Peck (1967) dan Bowles (1979); Rumusan empiris berdasarkan nilai Platicity Index telah dilakukan oleh Jian-Hua Yin (1999), AmithNath dan DeDalal (2004) dan rumusan empiris berdasarkan nilai Shringkage Index telah dilakukan oleh

Sridharan dan Nagrai (2001). Rumusan-rumusan lain juga sudah banyak diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan di beberapa Negara antara lain : Azzouz dkk (1976) yang melakukan pengujian tanah lempung Chicago, lempung Brazilian, lempung Motley dari kota San Paulo, lempung di USA serta lempung di Mesir berdasarkan nilai kadar air, angka pori dan Liquid Limit. Nacci dkk (1975) telah melakukan pengujian pada lempung di North Atlantic berdasarkan nilai Index plasticity. Bukan hanya itu puluhan rumusan lainnya juga telah dikembangkan dengan mengorelasi nilai karakteristik tanah yaitu angka pori, specific Gravity dan kadar air. Beberapa rumusan tersebut diantaranya dikembangkan oleh Azzouz, Krizek and Corotis (1976); Wroth and Wood (1978); Nagaraj dan Murthy (1986;1986); Ostenberg (1972); Cozzolina (1961); Sower (1970); Moran, Proctor, Mueser dan Rutlidge (1958). Rumusan tersebut ditawarkan untuk seluruh lempung lunak.

Rumusan-rumusan empiris yang telah berkembang dalam kurun waktu 80 tahunan tersebut sudah sangat membantu perencana dalam melakukan perhitungan desain. Namun, rumusan yang berkembang tersebut merupakan hasil dari korelasi jenis-jenis lempung yang ada dinegara lain dan bukan di Indonesia. Padahal, kondisi tanah lempung lunak di Surabaya, Indonesia belum tentu sama dengan kondisi tanah dinegara-negara lain. Sayangnya, untuk mempersingkat waktu pengujian konsolidasi dan mengurangi biaya, penggunaan rumusan empiris hasil pengujian tanah dinegara lain lebih sering digunakan oleh perencana di Indonesia.

Untuk menghindari terjadinya kesalahan perencanaan akibat dari kesalahan pemilihan rumusan empiris untuk memperoleh nilai index pemampatan, maka perlu dilakukan pengujian data tanah untuk mengetahui seberapa tepat hasil nilai Cc berdasarkan perumusan empiris jika dibandingkan dengan nilai Cc dari hasil pengujian. Selain itu, rumusan empiris yang baru berdasarkan data pengujian tanah yang sudah ada juga diperlukan sebagai pembanding dari rumusan empiris

yang sudah ada. Sebelumnya, pengujian rumusan empiris untuk lempung lunak di Indonesia sudah pernah dilakukan, namun masih dalam skala pengujian kecil di laboratorium. Pengujian dilakukan oleh Kosasih dan Mochtar (1997) yang memperoleh rumusan empiris untuk memperoleh nilai index pemampatan yang merupakan hubungan dari nilai angka pori, kadar air dan index plastisitas. Rumusan tersebut didapatkan dari pengujian beberapa sampel dilaboratorium terhadap jenis tanah lempung lunak pada nilai Liquid limit yang bervariasi. Hasil dari rumusan empiris ini sudah dapat digunakan sebagai pembandingan dalam penelitian kali ini.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh data pengujian tanah konsolidasi satu dimensi dengan oedometer pada tanah lempung di Surabaya. Data tersebut diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Sampel diambil dalam rentang waktu 20 tahun terakhir yaitu dari tahun 1980an hingga 2000an karena dianggap lebih teliti dan valid hasilnya. Jumlah sampel yang dianggap layak (hanya tanah berkonsistensi Lempung saja) untuk pengujian ini diambil dari 25 lokasi di Surabaya dengan 77 jumlah borehole dan 466 sampel uji.

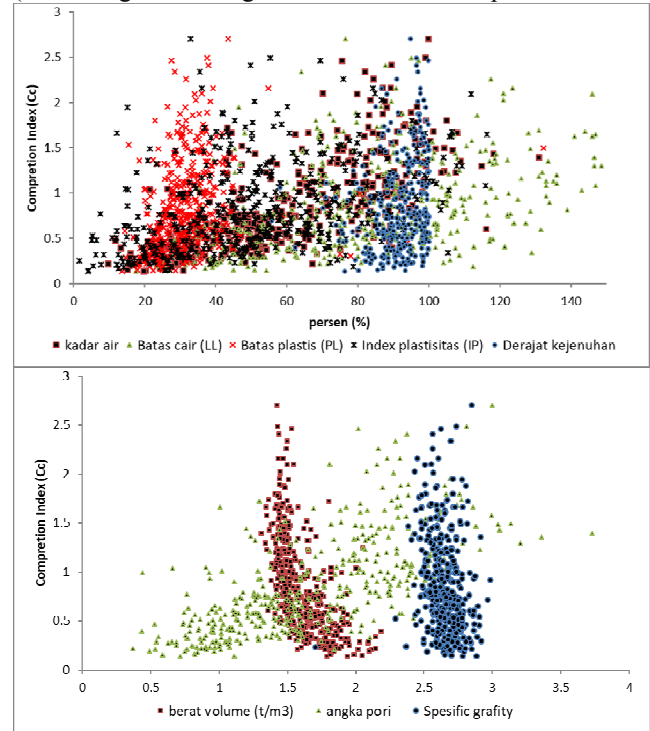
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil index pemampatan dari data hasil pengujian dilaboratorium dengan perumusan-perumusan empiris yang sudah ada sebelumnya. Kemudian, apabila hasil nilai index pemampatan dengan perumusan empiris sangat jauh berbeda dari nilai pengujian konsolidasi dari data pengujian laboratorium maka dilakukan pengujian dengan menggunakan linear regresi untuk memperoleh nilai perumusan empiris untuk data tanah di Surabaya. Diharapkan, rumusan empiris yang dihasilkan ini dapat digunakan untuk menghitung nilai index pemampatan sehingga dapat mengurangi waktu dan biaya pengujian.

2. Analisa data dan perbandingan rumusan empiris

Hasil pengujian sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dari Gambar 1. Hasil pengujian di laboratorium yang digunakan dalam analisa perbandingan yaitu nilai angka pori, kadar air, konsistensi tanah berdasarkan harga *liquid limit* (LL), *Plastis limit* (PL) dan *Index plastisitas* (IP), berat volume tanah, specific Grafity dan berat volume terhadap nilai index pemampatan. Tanah yang diuji merupakan tanah lempung yang cenderung jenuh air dengan nilai berat volume antara 1.5 hingga 2 t/m³, angka pori antara 0.4 hingga 3.7. Batasan nilai konsistensi tanah dan jenis tanah yang diuji dapat dilihat pada Gambar 2.

Salah satu pengujian sampel tanah dilakukan dengan melihat nilai konsistensi tanah dari hasil pengujian Atterberg Limit yaitu berupa nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Batas cair dan batas plastis telah digunakan secara ekstensif oleh para ahli teknik sipil untuk menentukan korelasi dari beberapa parameter tanah fisis dan juga untuk mengidentifikasi tanah. Casagrande (1932) telah mempelajari index plastis dan batas cair dari bermacam-macam tanah asli yang dikemas dalam suatu bagan. Hal yang penting dalam bagan tersebut adalah garis empiris A yang memisahkan tanah lempung anorganik dan lanau anorganik. Tanah lempung anorganik terletak diatas garis A dan tanah lanau anorganik terletak di bawah garis A. Tanah lanau anorganik dengan

kemampu-mampatan sedang berada dibawah garis A dengan LL yang berkisar antara 30 – 50. Tanah lempung organic berada didalam daerah yang sama seperti tanah lanau anorganik dengan kemampu-mampatan tinggi (dibawah garis A dengan LL lebih besar daripada 50.

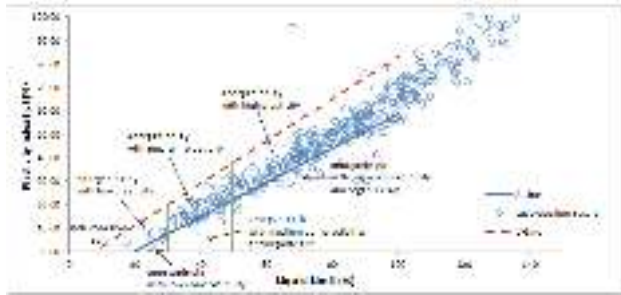


Gambar 1. Data hasil pengujian di laboratorium. (atas) Grafik hasil pengujian nilai kadar air, derajat kejenuhan, batas cair, batas plastis dan index plastisitas terhadap nilai index pemampatan (compression index (Cc)); (bawah) grafik hasil pengujian nilai berat volume, angka pori dan specific gravity terhadap nilai index pemampatan (compression index (Cc)). Banyak sekali rumusan empiris yang telah dihasilkan

Berdasarkan nilai konsistensi tanahnya pada Gambar 2, tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah didominasi dengan lempung anorganik dengan nilai plastisitas sedang hingga cenderung tinggi sampai sangat tinggi. Beberapa data yang berada diatas garis U-Line serta data tanah dibawah garis A (cenderung lanau) ditiadakan dan tidak digunakan dalam penelitian ini. Peniadaan data tersebut dilakukan karena terlalu besarnya rentang variasi nilai LL dan IP menyebabkan terlalu sulitnya memperoleh pendekatan empiris untuk memperoleh rumusan. Berdasarkan hasil peniadaan beberapa data terhadap nilai Atterberg limit dan nilai klasifikasi tanah maka dari 466 data yang ada hanya 425 sampel tanah yang layak digunakan dalam pengujian data. Setelah melakukan pengujian data tanah, kemudian dilakukan perbandingan nilai index pemampatan terhadap data laboratorium yang ada. Perbandingan data dilakukan dengan 28 rumusan empiris yang ada. Hasil dari perbandingan rumusan empiris dan hasil laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, ternyata beberapa rumusan yang sudah ada hanya memiliki nilai prosentase kesamaan < 30%, sedangkan beberapa rumusan lainnya memiliki prosentase kesamaan antara 30- 60%, hanya satu rumusan empiris yang memiliki prosentase kesamaan data diatas 67%. Sehingga dari hasil pengujian data tersebut, dapat dilihat bahwa rumusan

empiris yang sudah ada masih belum bisa mewakili data tanah yang ada di Surabaya. Berdasarkan kenyataan yang ada maka perlu dilakukan pengujian data laboratorium tersebut untuk memperoleh rumusan empiris yang sesuai dengan kondisi data tanah di Surabaya. Penggunaan regresi Linear dilakukan dalam memperoleh rumusan empiris pada data tanah ini.



Gambar 2. Bagan plastisitas untuk data tanah di Surabaya.

Tabel 1. Prosentase nilai kesamaan dari nilai Cc berdasarkan hasil rumusan empiris terhadap hasil laboratorium data tanah yang ada.

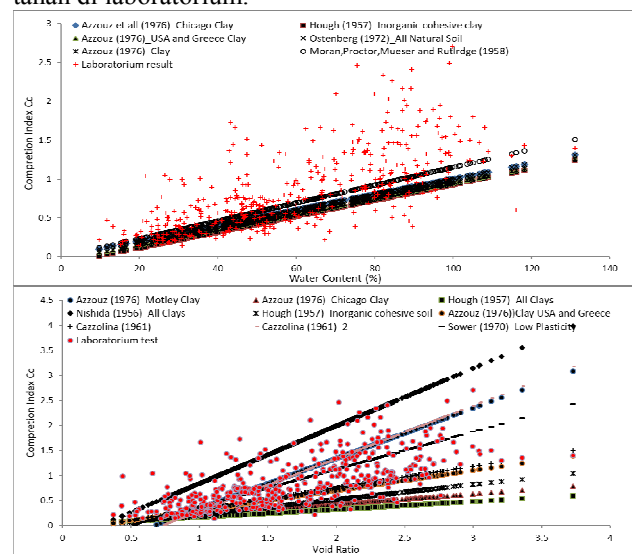
Rumusan	Keterangan	% kesamaan
$Cc = 0.009 (LL-10)$	Terzhagi Peck (1967) undisturbed	67.69
$Cc = 0.007 (LL-10)$	Terzhagi Peck (1967) remolded	42.69
$Cc = 0.01 \cdot Wc$	Azzouz dkk (1976) Chicago clay	52.36
$Cc = 0.0046 (LL-9)$	Azzouz dkk (1976) Brazilian clay	29.48
$Cc = 1.21 + 1.005(eo-1.87)$	Azzouz dkk (1976) Motley Clays from Sao Paulo City	38.21
$Cc = 0.208eo + 0.0083$	Azzouz dkk (1976) Chicago clay	26.89
$Cc = 0.02 + 0.014(PI)$	Nacci dkk (1975) North Atlantic clay	38.44
$Cc = 0.141 \cdot Gs^{1.2} \cdot ((1+eo)/Gs)^{2.38}$	Rendo-Herrero (1983)	34.91
$Cc = 0.156eo + 0.0107$	Hough (1957) all clays	20.05
$Cc = 1.15(eo-0.27)$	Nishida (1956) All clay	10.14
$Cc = 0.30(eo-0.27)$	Rendo-Herrero (1980)	31.84
$Cc = 0.4049(eo-0.3216)$	Hough (1957) Inorganic cohesive soil: silt, silty clay, clay	46.23
$Cc = 0.0102(Wc-9.15)$	Hough (1957) Inorganic cohesive soil: silt, silty clay, clay	41.51
$Cc = 0.4(eo-0.25)$	Azzouz (1976) Clay USA and Greece	49.76
$Cc = 0.007LL + 0.0001 Wc^2 - 0.18$	Kosasih dan Mochtar (1997), Surabaya clay based from lab testing	46.46
$Cc = 0.006LL + 0.13eo^2 - 0.13$	Kosasih dan Mochtar (1997), Surabaya clay based from lab testing	48.82
$Cc = 0.37 (eo + 0.003LL - 0.34)$	A. S. Azzouz, R. J. Krizek, and R. B. Corotis (1976)	50.71
$Cc = -0.156 + 0.41eo + 0.00058Wc$	A. S. Azzouz, R. J. Krizek, and R. B. Corotis (1976)	47.88

$Cc = 0.5 \cdot Gs \cdot PI$	C. P. Wroth and D. M. Wood (1978)	33.02
$Cc = 0.2343Wc \cdot Gs$	T. S. Nagaraj and B. R. Murthy (1985)	22.64
$Cc = 0.009Wc + 0.002 \cdot LL - 0.10$	T. S. Nagaraj and B. R. Murthy (1986)	53.77
$Cc = 0.01 (Wc - 5)$	Azzouz (1976) USA and Greece Clay	45.75
$Cc = 0.01 Wc$	Ostenberg (1972) All Natural soil	52.12
$Cc = 0.256 + 0.43 (eo - 0.84)$	Cozzolina (1961)	53.30
$Cc = 1.21 + 1.055(eo - 1.87)$	Cozzolina (1961)	35.85
$Cc = 0.75(eo - 0.5)$	Sower (1970) for low plasticity	45.99
$Cc = (Wc/100) - 0.05$	Azzouz (1976)	44.34
$Cc = 1.15 \cdot 10^{-2} \cdot Wc$	Moran, Proctor, Mueser and Rutledge (1958)	55.42

3. Hasil Analisa dan Regresi Linear

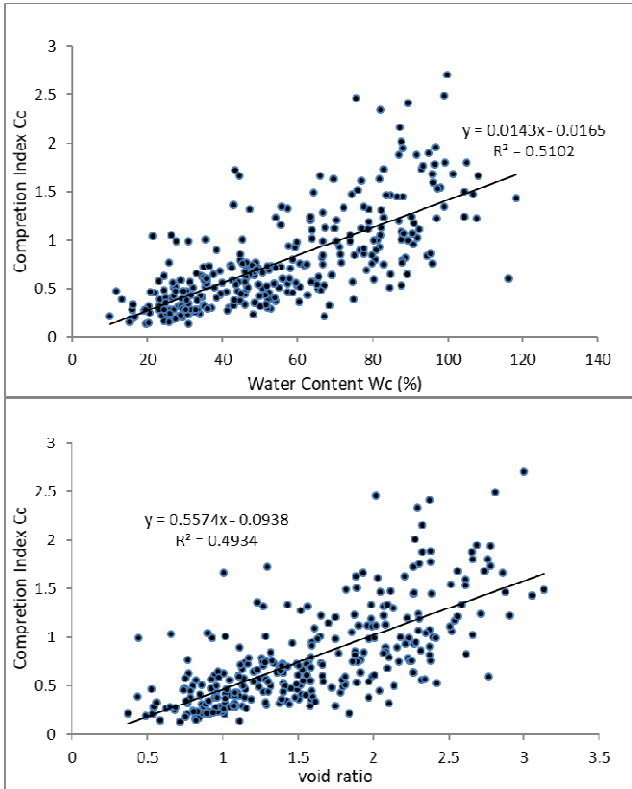
Perumusan empiris dilakukan dengan menggunakan regresi linear dengan mencari nilai R^2 yang mendekati 1. R^2 sering disebut dengan koefisien determinasi, fungsinya adalah mengukur tingkat kesesuaian (*goodness of fit*) dari persamaan regresi; yaitu memberikan proporsi atau persentase variasi total dalam variabel terikat yang dijelaskan oleh variabel bebas. Nilai R^2 terletak antara 0 – 1, dan kecocokan model dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Perhitungan perumusan dilakukan terhadap 425 data tanah yang telah dikumpulkan dibandingkan dengan 28 rumusan empiris yang telah ada sebelumnya. Hasil dari perumusan pada seluruh data yang ada menunjukkan nilai R^2 yang lebih kecil dari 0.5, sehingga dilakukan berbagai sortir data serta pengelompokan data berdasarkan nilai Liquid limit dan plastisitas limit yang dibatasi untuk memperoleh nilai R^2 yang lebih tinggi. Beberapa hasil dari perumusan dapat dilihat pada Gambar 3a dan 3b. Hasil perbandingan rumusan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari rumusan-rumusan empiris yang sudah ada dan hasil pengujian data tanah di laboratorium.



Gambar 3a (atas) . Grafik hubungan nilai Cc dengan angka pori antara rumusan empiris dan data laboratorium. Gambar 3b (bawah). Grafik hubungan nilai Cc dengan kadar air antara rumusan empiris dan data laboratorium

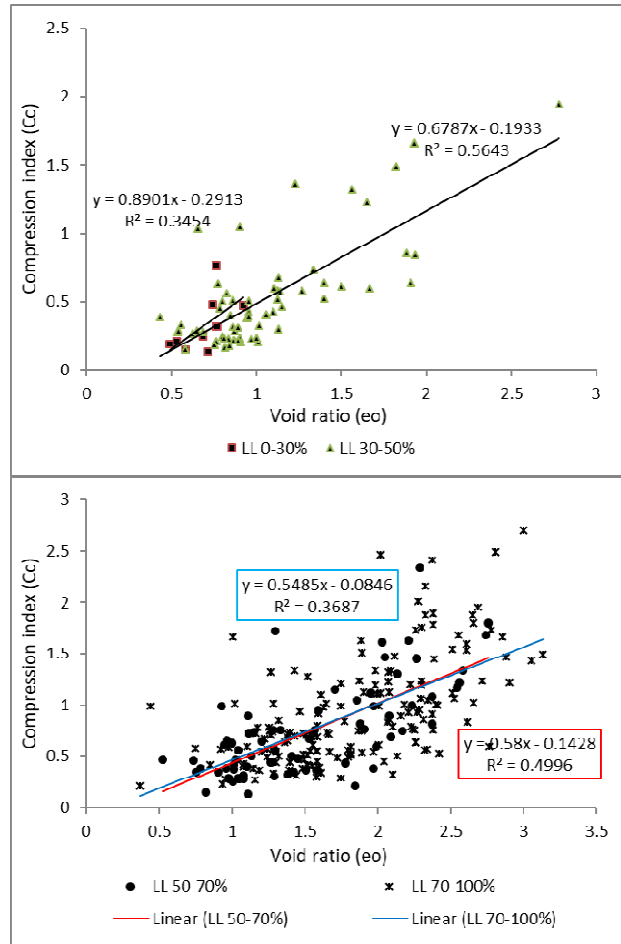
Perhitungan rumusan empiris dilakukan dengan menggunakan pengelompokan nilai Liquid limit dan nilai Index plastisitas. Hal tersebut dilakukan karena sebaran data yang terlalu besar mengakibatkan nilai R square lebih kecil dari 0.5 sehingga kecocokan model dikatakan kurang baik. Untuk mendekati nilai R square menjadi 1 maka pengelompokan berdasarkan nilai plastisitas dari tanah perlu dilakukan. Hasil dari regresi linier untuk rumusan empiris dari pengelompokan nilai Liquid limit dapat dilihat pada Gambar 4a dan 4b.



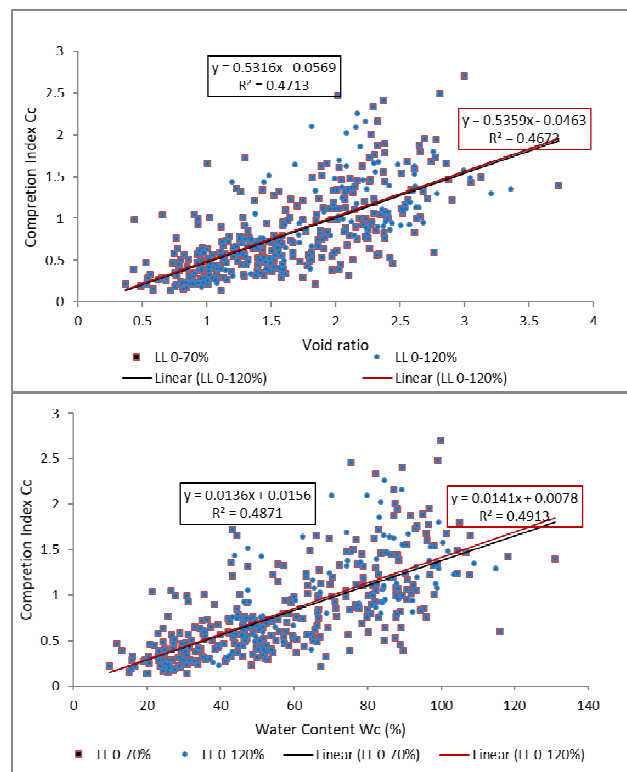
Gambar 4a. Grafik hubungan index pemampatan (Cc) dengan Kadar air (Wc (%)) dan angka pori (eo) dengan nilai LL 0-100%

Selain pengelompokan berdasarkan nilai Liquid limit, juga dikelompokkan berdasarkan nilai index plastisitas. Nilai index plastisitas dikelompokkan menjadi 0-70 % sesuai dengan batasan pada bagan plastisitas dan 0-120 % sesuai dengan nilai IP pada seluruh sampel tanah. Menurut Skempton (1953) nilai indeks plastisitas suatu tanah bertambah menurut garis lurus sesuai dengan bertambahnya prosentase dari fraksi berukuran lempung yang dikandung oleh tanah. Semakin meningkat nilai IP maka prosentase fraksi lempung halus semakin besar. Sehingga pembatasan nilai IP ini dilakukan untuk membatasi nilai lempung yang terlalu lunak dan berplastisitas tinggi. Gambar 5 menunjukkan kurva hubungan nilai index pemampatan terhadap nilai kadar air dan angka pori dengan batasan nilai IP.

Hasil dari regresi linear terhadap data-data yang ada menunjukkan bahwa terdapat beragam nilai rumusan empiris dengan nilai R^2 yang berbeda-beda pula pada setiap pengelompokan data yang telah dilakukan. Rekapitulasi hasil perumusan dan nilai R^2 dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4b. Grafik hubungan index pemampatan (Cc) dengan Kadar air (Wc (%)) dan angka pori (eo) dengan nilai LL dikelompokkan.



Gambar 5. Grafik hubungan index pemampatan (Cc) dengan Kadar air (Wc (%)) dan angka pori (eo) dengan nilai IP dikelompokkan.

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil Perumusan Dan Nilai R²

Batasan	Rumusan empiris	R ²
LL = 0-150% ; IP = 0-70%	Cc=0.0136 Wc + 0.0156	0.4871
LL = 0-150% ; IP = 0-120%	Cc=0.0141 Wc + 0.0078	0.4913
LL = 0-100% ; IP = 0-70%	Cc=0.0143 Wc - 0.0165	0.5102
LL = 0-100% ; IP = 0-70%	Cc=6.23Wc + 0.115 LL	0.5099
LL = 0-100% ; IP = 0-70%	Cc=0.4044 (eo+0.01Wc)-0.0795	0.5024
LL = 0-100% ; IP = 0-70%	Cc=1.0941(0.123eo+0.01Wc)-0.0415	0.5101
LL = 0-100% ; IP = 0-70%	Cc=0.2867 (1.567eo+0.01Wc)-0.0843	0.5001
LL = 0%-30%	Cc= 0.0327Wc-0.3819	0.5265
LL = 30%-50%	Cc=0.6787eo-0.1933	0.5643
LL = 30%-50%	Cc=0.0179Wc-0.1005	0.5341
LL = 50%-70%	Cc=0.58eo-0.1428	0.4996
LL = 50%-70%	Cc=0.0137Wc+0.0034	0.4980

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rentang variasi data nilai index pemampatan (Cc) adalah terlalu besar sehingga menghasilkan rumusan dengan nilai R² yang kurang dari 60%. Hasil yang sama juga dibuktikan oleh Sari dkk (2013) yang menghasilkan suatu rumusan empiris dengan R² antara 30-70%. Al-Khafaji dkk (1992) pernah melakukan penelitian untuk memperoleh rumusan untuk mendapatkan nilai Cc. Penelitian tersebut terus dilakukan hingga saat ini. Penelitian terbaru mengenai nilai index pemampatan terhadap nilai batas cair (LL) dilakukan oleh Al-Khafaji (2019) yang menyatakan bahwa persamaan empiris yang telah dipublikasikan sebelumnya untuk memperoleh perkiraan indeks kompresi menunjukkan ketidakkonsistenan yang cukup besar. Penelitian tersebut dilakukan pada lebih dari 1900 data nilai Cc dan LL pada suatu tanah. Ketidak konsistenan hasil tersebut secara langsung dikaitkan dengan sifat data yang digunakan dalam pengembangan hubungan empiris. Seringkali, informasi yang berkaitan dengan sejarah tegangan pada tanah dan jenis tanah tidak ada secara detail.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perbandingan rumusan empiris yang sudah ada dengan sampel data tanah menunjukkan bahwa, terdapat perbedaan nilai Cc antara rumusan empiris dengan hasil data tanah dari pengujian laboratorium. Prosentase nilai index pemampatan yang sesuai dengan hasil pengujian dilaboratorium adalah < 70% sehingga rumusan empiris yang sudah ada belum bisa mewakili nilai index pemampatan tanah lempung di Surabaya. Pendekatan nilai karakteristik data tanah untuk mendapatkan suatu rumusan menghasilkan beberapa rumusan empiris dengan nilai R² sekitar 0,5. Pengelompokan data nilai LL dan IP dilakukan untuk memperoleh nilai R² yang mendekati 1. Namun belum bisa memperoleh nilai R² mendekati 1. Nilai maksimal yang diperoleh adalah 0.5643 untuk rumusan empiris Cc=0.6787eo-0.1933 yang artinya bahwa kecocokan model yang dihasilkan dari rumusan empiris tersebut hanya memenuhi sebagian dari data sampel yang diuji. Sehingga untuk memperoleh rumusan empiris dengan nilai R² yang mendekati 1 diperlukan lebih banyak data lagi. Selain itu pengujian laboratorium ulang pada

beberapa sampel tanah di Surabaya juga perlu dilakukan sebagai pembanding dari hasil pengujian data tanah yang sudah dilakukan sebelumnya. Penelitian lanjutan masih perlu dilakukan untuk memperoleh rumusan empiris yang lebih mendekati nilai yang ada serta juga perlu dilakukan pengujian kelayakan data laboratorium yang sudah ada.

5. Daftar Pustaka

- Al Khafaji A. W. N. and O. B. Andersland, (1992), Equations for Compression Index Approximation, *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 118, 148-155.
- Al-Khafaji A., Buehler A., Druszkowski E. (2019) Validation of Compression Index Approximations Using Soil Liquid Limit. In: Hemeda S., Bouassida M. (eds) *Contemporary Issues in Soil Mechanics. GeoMEast 2018. Sustainable Civil Infrastructures*. Springer, Cham
- Amitnath and Dedalal S.S, (2004), The role of plasticity index in predicting Compression Index behaviour of clays, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* <http://www.ejge.com/2004/Per0466/Ppr0466.htm>.
- Azzouz A.S., R. J. Krizek, and R. B. Corotis, (1976), Regression Analysis of Soil Compressibility, *Soils and Foundations*, 16(2),19-29.
- Bowles J.W., (1979), *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, New York: McGraw Hill.
- C. P. Wroth D. M.,(1978), Wood The correlation of index properties with some basic engineering properties of soils, *Canadian Geotechnical Journal*, 15(2): 137-145.
- G. B. Sowers, (1970), *Introductory Soil Mechanics and Foundations*, Macmillan Co., New York, 1951, 3rd edition.
- Jian-Hua Yin, (1999), Properties and Behaviour of Hong Kong Marine Deposits with Different Clay Contents, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol 36, pp. 1085 - 1095.
- Karl Terzaghi, Ralph Peck. (1967), *Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition*. John Wiley, New York.
- Kosasih.,A., Mochtar.,I.B.,(1997)., Pengaruh Kadar Air, Angka Pori, dan Batas Cair Tanah Lempung Terhadap Indeks Pemampatan Konsolidasi Cc dan Indeks Pengembangan Cs., *Master Thesis, Program Pasca Sarjana, teknik Sipil ITS*.
- Moran, Proctor, Mueser, and Rutledge, (1958), Study of deep soil stabilization by vertical sand drains. Report to Bureau of Yards and Docks, *Department of the Navy*, Washington, D.C.
- Nishida Y. (1956), A Brief Note on the Compression Index of Soil, *Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, American Society of Civil Engineers*, Vol 82, No.3, pp1-
- Nagaraj.,T. S. and B. R. Murthy, (1985), Prediction of the Preconsolidation Pressure and Recompression Index of Soils, *Geotechnical Testing Journal, ASTM*, 8(4),199-202.
- Nagaraj, T. S. and B. R. Murthy,(1986), A Critical Reappraisal of Compression Index, *Geotechnique*, 36(1), 27- 32.

- Osterberg, J. O., (1957), Introduction of the symposium on vane shear testing of soils, *Am. Soc. Testing Mater.*, Spec. Tech. Publ., 193: 1-7.
- Rendon-Herrero.,O., (1980), Universal Compression Index Equation, *Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineering*, 106(11), 1179–1200.
- Sari,P.T.K, Firmansyah (2013),The Empirical Correlation Using Linear Regression of Compression Index for Surabaya Soft Soil,*Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM13)*, Jeju,Korea.
- Skempton.,A.W.,(1944), Notes on The Compressibility of Clays, *J.Geo. Soc.London* (C:parts 1&2), 100, 119-135.
- Skempton A.W. (1944), Notes on the Compressibility of Clays”, *J.Geo. Soc.London* (C:parts 1&2), 100, 119-135.
- Sridharan A, and Nagaraj H.B, (2001), Compressibility behaviour of remolded fine-grained soils and correlation with index properties, *Canadian Geotechnical Engineering Journal*, No. 38, pp. 1139-1154.
- V.A. Nacci, M.C. Wang, K.R. Demars, (1975), Engineering behavior of calcareous soils, *Civil Engineering in the Oceans III, ASCE*, Newark.
- V.M. Cozzolino., (1961), Statistical forecasting of compression index, *The 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Paris.
- Wroth C.P. and D. M. Wood, (1978), The Correlation of Index Properties with Some Basic Engineering Properties of Soils, *Canadian Geotechnical Journal*, 15(2), 137–145.

Penerapan Metode *Barchart*, *CPM*, *PERT* dan *Crashing Project* dalam Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember

Amri Gunasti, Ach. Rofiqi dan Pujo Priyono

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember

² Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember

³ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jember

E-mail: amrigunasti@unmuhjember.ac.id, achrofiqi76@gmail.com.

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui percepatan serta membandingkan masing-masing metode. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode *Barchart* perhitungan awal dan perhitungan akhir dengan lama pengerjaan selama 44 minggu, metode *CPM* juga selama 44 minggu, metode *CPM* tidak bisa mengetahui jumlah anggaran dan hanya bisa mengetahui lisan kritis dengan metode perhitungan maju dan mundur. Metode *PERT* dengan meneliti 24% kegiatan, selesai dengan 42 minggu. Untuk 99,11% pekerjaan selesai dengan durasi 52 minggu dan 99,93% pekerjaan selesai dengan durasi 62 minggu. Setelah dilakukan *Crashing Project*, durasi yang awalnya selama 44 minggu dengan jumlah hari 1320 hari mengalami percepatan sampai 1140 hari atau 38 minggu dengan selisih waktu 6 bulan dan jumlah anggaran yang harus di tambah adalah Rp. 2.390.418.814 dan dana keseluruhan yang harus di keluarkan adalah Rp. 7.217.353.814,29.

Kata kunci : penjadwalan, *barchart*, *cpm*, *pert*, *crashing project*.

1. PENDAHULUAN

Keberhasilan ataupun kegagalan dari pelaksanaan proyek konstruksi sering kali disebabkan kurang terencanaanya kegiatan proyek tersebut serta pengendalian yang kurang efektif. Akibat yang ditimbulkan adalah kegiatan proyek tidak efisien. Selain itu juga lebih dapat mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan, dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Keterlambatan penyelesaian proyek adalah kondisi yang sangat tidak dikehendaki, karena hal ini dapat merugikan kedua belah pihak baik dari segi waktu maupun biaya. Dalam kaitannya dengan waktu dan biaya produksi, perusahaan harus bisa seefisien mungkin dalam penggunaan waktu di setiap kegiatan atau aktivitas, sehingga biaya dapat disesuaikan dengan perencanaan.

Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Namun pada kenyataannya di lapangan, suatu proyek tidak selalu berjalan sesuai dengan jadwal yang telah dibuat. Ada banyak faktor yang mengakibatkan hal tersebut terjadi, salah contoh turunnya hujan. Proses perencanaan kegiatan-kegiatan proyek merupakan masalah yang sangat penting. Perencanaan kegiatan merupakan dasar agar proyek bisa berjalan dan dilaksanakan serta dapat selesai dengan waktu yang optimal. Pada pembangunan gedung universitas muhammadiyah jember, banyak kegiatan yang tidak berjalan secara maksimal dan hal ini harus di tinjau ulang apakah ada masalah dari pihak manajemen atau ada kendala lain. Penulis tertarik untuk meneliti tentang penjadwalan pada proyek tersebut dengan menerapkan metode *barchart*, *CPM*, *PERT* dan *Crashing Project* dalam Penjadwalan dan percepatan pelaksanaan proyek Pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember, yang kerjakan oleh universitas muhammadiyah dengan sistem swabina. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana Penerapan metode *barchart*, *CPM*, *PERT* dan *Crashing Project* pada pembangunan gedung G Universitas Muhammadiyah jember?
2. Bagaimana hasil *Crashing project* pada proyek pembangunan gedung G universitas muhammadiyah jember?
3. Bagaimana kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode perencanaan dan penjadwalan proyek tersebut?

2. METODOLOGI PENELITIAN

Obyek Penelitian

Obyek studi dari penelitian ini adalah proyek pembangunan Gedung G Universitas Muhammadiyah Jember. Proyek ini memiliki nilai kontrak Rp. 4.826.900.000., dan dikerjakan dengan sistem swabina. Adapun durasi dari proyek adalah 45 Minggu atau 1320 Hari Kalender

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian proyek konstruksi yang dijadikan sebagai sample proyek adalah pembangunan Gedung G (Gudang) universitas muhammadiyah jember Kab. jember.

Metode Analisis Data

Setelah data terkumpul akan dilakukan analisis data dan elaborasi dari penjadwalan proyek yang ada, berupa metode *Bar Chart* yang diubah ke dalam bentuk metode *CPM*, *PERT* dan *Crashing Project*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data awal yang di peroleh dari proyek pembangunan gedung G universitas muhammadiyah jember ini adalah metode *linked Barchart*, yang merupakan hasil dari perencanaan menggunakan microsof excel. Berikutnya

data ini diolah menggunakan *Software microsoft project*. Dari data metode penjadwalan tersebut terlihat bahwa hubungan logika ketergantungan yang digunakan antara satu item kegiatan dengan item kegiatan yang lain banyak menggunakan hubungan SS (*Start to Start*) dari pada 3 hubungan logika ketergantungan yang lain; SF (*Start to Finish*), FS (*Finish to Start*), FF (*Finish to Finish*).

CPM (Critical Path Method)

Pengerjaan proyek dengan metode CPM memperlihatkan logika ketergantungan. logika ketergantungan tersebut kemudian dibuat jaringan kerja atau *network planning*. Pembuatan jaringan kerja ini dimaksudkan untuk mengetahui jalur kritis.

Setelah diketahui jalur kritisnya maka dapat ditentukan kegiatan apasaja yang dapat di crash dari keseluruhan kegiatan yang ada pada proyek pembangunan gedung G Universitas Muhammadiyah Jember tersebut. Bentuk jaringan kerja dari gambar gambar tersebut menunjukkan bahwa jalur kritis berada pada kegiatan A-B1-C1-D1-D7-D8-D4-D9.

Project Evaluation Review Technique (PERT)

Penjadwalan proyek dengan metode PERT, dimulai dengan mengestimasi waktu penyelesaian setiap item kegiatan proyek kedalam 3 jenis estimasi waktu yaitu waktu optimis (a), waktu yang paling mungkin (m) dan waktu pesimis (b). Estimasi ini didapat dari hasil wawancara dengan responden yang memiliki pengalaman dalam pengerjaan proyek dengan *Project Evaluation Review Technique* terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Project Evaluation Review Technique

No	Item pekerjaan	simbol	A	M	B
A	Pekerjaan Persiapan	A	4	4	6
B	Pekerjaan Lantai 1	B			
1	Pekerjaan Tanah Dan Urugan	B1	1 2	15	23
2	Pekerjaan Pondasi	B2	4	8	15
3	Pekerjaan Beton	B3	1 7	19	28
4	Pekerjaan Pasangan Dinding	B4	5	8	18
5	Pekerjaan finishing lantai dan dinding	B5	8	12	20
6	Pekerjaan Cat Catan	B6	8	13	18
7	Pekerjaan Pintu Dan Cendela	B7	1 0	15	20
8	Pekerjaan Elektrical	B8	8	10	14
9	Pekerjaan Sanitasi	B9	6	12	15
C	Pekerjaan Lantai 2	C			
1	Pekerjaan Beton	C1	1 3	18	25

2	Pekerjaan Pasangan Dinding	C2	5	10	15
3	Pekerjaan Finishing Lantai Dan Dinding	C3	4	6	10
4	Pekerjaan Cat Catan	C4	4	6	8
5	Pekerjaan Pintu Dan Cendela	C5	4	8	14
6	Pekerjaan Elektrical	C6	3	6	12
D	Pekerjaan Lantai 3	D			
1	Pekerjaan Beton	D1	7	15	20
2	Pekerjaan Pasangan Dinding	D2	5	10	15
3	Pekerjaan Finishing Lantai Dan Dinding	D3	4	8	12
4	Pekerjaan Cat Catan	D4	6	8	10
5	Pekerjaan Pintu Dan Cendela	D5	4	6	10
6	Pekerjaan Elektrical	D6	2	2	8
7	Pekerjaan Plafond	D7	4	8	10
8	Pekerjaan Rangka Atap Dan Penutup Atap	D8	1 0	12	15
9	Pekerjaan Exterior Pendukung	D9	1 5	15	20

Setelah membuat estimasi waktu maka dicari nilai *te* (waktu yang diharapkan) yang terdapat pada Tabel 2 dengan menggunakan rumus

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

Dimana:

- te = waktu yang diharapkan
- a = waktu optimis
- b = waktu pesimis
- m = waktu paling mungkin

Tabel 2. Nilai waktu yang diharapkan (te)

No	Item Pekerjaan	Simbol	Te (Minggu)
A	Pekerjaan Persiapan	A	4,3
B	PEKERJAAN LANTAI 1	B	
1	Pekerjaan Tanah Dan Urugan	B1	13
2	Pekerjaan Pondasi	B2	8,5
3	Pekerjaan Beton	B3	20,1
4	Pekerjaan Pasangan Dinding	B4	9,1
5	Pekerjaan finishing	B5	12,6

	lantai dan dinding		
6	Pekerjaan Cat Catan	B6	13
7	Pekerjaan Pintu Dan Cendela	B7	15
8	Pekerjaan Elektrical	B8	10,3
9	Pekerjaan Sanitasi	B9	11,5
C	PEKERJAAN LANTAI 2	C	
1	Pekerjaan Beton	C1	18,3
2	Pekerjan Pasangan Dinding	C2	10
3	Pekerjaan Finishing Lantai dan Dinding	C3	8
4	Pekerjaan Cat Catan	C4	7,7
5	Pekerjaan Pintu Dan Cendela	C5	8,3
6	Pekerjaan Elektrical	C6	6,5
D	PEKERJAAN LANTAI 3	D	
1	Pekerjaan Beton	D1	14,5
2	Pekerjaan Pasangan Dinding	D2	10
3	Pekerjaan Finishing Lantai Dan Dinding	D3	8
4	Pekerjaan Cat Catan	D4	8
5	Pekerjaan Pintu Dan Cendela	D5	6,3
6	Pekerjaan Elektrical	D6	3
7	Pekerjaan Plafond	D7	7,6
8	Pekerjaan Rangka Atap Dan Penutup Atap	D8	12,2
9	Pekerjaan Exterior Pendukung	D9	15,9

Dengan menggunakan nilai *te* (durasi waktu yang diharapkan) maka dibuatlah sebuah diagram jaringan kerja proyek. Dimana prinsip pembuatan jaringan kerja ini sama seperti pada metode CPM.

Hasil analisa penjadwalan dengan metode PERT dengan nilai *te* sebagai durasi yang digunakan dalam perhitungan, maka diketahui jalur kritis diagram jaringan kerja pada kegiatan *A-B1-C1-D1-D7-D8-D4-D9*

Berdasarkan lintasan kritis yang telah kemudian tentukan nilai *deviasi standard* (Tabel 3) dapat di cari dengan rumus

$$V_{te} = S^2 \dots\dots\dots(2)$$

Tabel 3. *Deviasi Standard*

Item Pekerjaan	sim bol	a	b	s	V(te)
Pekerjaan Pendahuluan	A	4	6	0,3	0,09
Pekerjaan Tanah Dan Urugan	B1	12	15	0,5	0,25
Pekerjaan Beton	C1	13	18	0,9	0,81
Pekerjaan Beton	D1	7	15	1,2	1,44
Pekerjaan	D7	4	8	0,7	0,4

Plafond					9
Pekerjaan Rangka Atap Dan Penutup Atap	D8	10	12	0,4	0,16
Pekerjaan Cat-Catan	D4	6	8	0,3	0,09
$\sum V(Te)$	9,33				
Standart Deviasiasi	14,3				

Dari Tabel 3 diatas dapat di ketahui nilai total varians ($\sum V(Te)$) = 9,33 dan (S) = 14,3. Dari sifat kurva distribusi normal dimana 99,7% area berada dalam interval (TE - 3S) dan (TE+3S) maka besar rentang 3S Adalah $3 \times 1,13 = 3,39$. Maka kurun waktu penyelesaian proyek paling cepat adalah $7,5 - 3,39 = 4,11$ minggu dan perkiraan penyelesaian proyek paling lambat $7,5 + 3,39 = 10,89$ minggu jika dalam hal ini yang ingin di capai adalah kurun waktu yang paling cepat, maka nilai T(d) 42 Minggu

Kemungkinan/ketidakpastian mencapai target jadwal pada PERT dinyatakan dengan Z

$$Deviasi Z = \frac{T(d)-TE}{S} \dots\dots\dots(3)$$

$$Dimana Z = \frac{42-75}{14,3} \dots\dots\dots(4)$$

= 2,41

Dengan menggunakan tabel distribusi normal kumulatif dengan harga $z = 2,77$ maka di peroleh hasil 0,0024. Ini kemungkinan proyek untuk selesai dalam jangka waktu 42 minggu hanya sekitar 0,24%.

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa:

1. Kemungkinan proyek dapat di selesaikan dalam waktu 42 minggu adalah 0,24%.
2. Kemungkinan proyek dapat di selesaikan dalam waktu 52, 54 minggu atau 52 minggu adalah 99,11 %
3. Kemungkina proyek dapaat dilesaikan dalam waktu 62 minggu adalah 99,93%.

Crashing Project

Produktivitas harian percepatan diperoleh dari jumlah produktivitas harian normal dengan produktivitas pekerjaan saat jam lembur per hari. Penambahan jam kerja lembur sesuai Peraturan yang berlaku dilakukan selama 3 jam per hari, sedangkan produktivitas pekerja jam lembur diasumsikan mengalami penurunan, dan hanya diperhitungkan sebesar 80% dari produktivitas jam kerja regular.

Langkah-langkah perhitungan produktivitas harian percepatan pekerjaan kritis adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung volume pekerjaan
- b. Menghitung durasi normal
- c. Menghitung produktivitas harian normal
- d. Produktivitas normal/jam
- e. Produktivitas jam lembur
- f. Produktivitas harian percepatan

Untuk memperjelas maka akan dihitung salah satu item sebagai contoh. Perhitungan produktivitas harian normal pada Pengeboran Tanah Bor Pile sedalam 4 m:

- a. Volume pekerjaan = 432
- b. Harga satuan = Rp.5000,000,00

- c. Durasi normal = 4 minggu (30 Hari)
- d. Produktivitas harian normal = a/d
 $= 432/30$
 $= 36 \text{ m}^3$
- e. Produktifitas normal perjam
 $= d/8$
 $= 36/8 \text{ jam}$
 $= 4,5$
- f. Produktifitas jam lembur = $3 \times e \times 0,80$
 $= 3 \times 4,5 \times 0,80$
 $= 10,8 \text{ m}^3/\text{jam}$
- g. Produktifitas harian percepatan = $(e \times f) \times 8$
 $= (4,5 \times 10,8) \times 8$
 $= 122,4 \text{ m}^3 \text{ hari}$
- i. Crash Duration
 $= b - (a/h/8)$
 $= 29 - (30,5208 \text{ m}^3 / 7,982363077 \times 8)$
 $= 28,52205882$
- j. Upah normal/jam
 $= d \times g$
 $= 30 \text{ hari} (4 \text{ minggu}) \times 0,704326154$
 $= \text{Rp } 2.583.497$
- k. Upah normal per/ hari
 $= j \times 8$
 $= \text{Rp } 2.583.497 \times 8$
 $= \text{Rp } 20.667.978$
- l. Upah 3 jam lembur/ hari
 $= (1,5 \times J) + 2 \times (2 \times j)$
 $= (1,5 \times \text{Rp. } 2.583.497) + 2 (2 \times \text{Rp. } 2.583.497)$
 $= \text{Rp } 14.209.235,04.$
- m. Cost Upah Percepatan perhari
 $= (c + l)$
 $= \text{Rp. } 111.951.549 + \text{Rp } 14.209.235,04.$
 $= \text{Rp. } 4.423.271,00$
- n. Cost upah perhari
 $= c + m$
 $= \text{Rp. } 111.951.549,00 + \text{Rp. } 4.423.271,00$
 $= \text{Rp. } 116.374.819,42$
- o. Cost bahan
 $= a \times e$
 $= 30,5208 \text{ m}^3 \times 2,347753846$
 $= \text{Rp } 71.66000,00$
- p. Cost alat
 $= a \times f$
 $= 30,5208 \text{ m}^3 \times 0,293469231$
 $= \text{Rp. } 8.960.000,00$
- q. Crash Cost
 $= n + o + p$
 $= \text{Rp. } 116.374.819,42 + \text{Rp. } 8.960.000,00$
 $+ \text{Rp. } 8.960.000,00$
 $= \text{Rp } 116.374.900,03$
- r. Crash slope
 $= q - c / b - i$
 $= \text{Rp } 116.374.900,03 - \text{Rp. } 111.951.549 / 30$
 $\text{hari} - 29 \text{ hari}$
 $= \text{Rp. } 4.423.351,20 \text{ per hari}$

Perhitungan Crash Duration, Crash Cost, dan Cost Slope

Setelah diketahui besarnya produktivitas harian percepatan pekerjaan kritis, maka langkah selanjutnya adalah menghitung durasi percepatan (*crash duration*) dan biaya langsung percepatan (*crash cost*). Perhitungan crash duration ini digunakan untuk mendapatkan batasan waktu maksimal suatu aktivitas mampu untuk dilakukan *crashing* (*crashability*), sedangkan perhitungan *crash cost* digunakan untuk mencari *slope* biaya (*cost slope*) masing-masing aktivitas.

Untuk menentukan *Crash Cost* dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Menghitung upah kerja harian normal, yaitu produktivitas harian x harga satuan upah kerja.
- b. Menghitung upah kerja normal, yaitu produktivitas per jam x harga satuan upah kerja
- c. Menghitung upah kerja lembur per hari:
 1. Untuk 3 jam lembur = $(1,5 \times \text{upah sejam normal}) + 2(2 \times \text{upah sejam normal})$.
 2. Untuk 4 jam lembur = $(1,5 \times \text{upah sejam normal}) + 3(2 \times \text{upah sejam normal})$.
 3. Menghitung *Crash Cost* per hari, yaitu upah harian + upah kerja lembur per hari.

Untuk memperjelas maka akan dihitung salah satu item sebagai contoh. Perhitungan *crash duration*, *crash cost*, dan *cost slope* untuk pekerjaan Boer Pile D 0.3m, T 4m sebagai berikut:

- a. Volume pekerjaan = 30,5208 m³
- b. Durasi percepatan = 29 hari
- c. Normal cost = Rp. 111.951.549
- d. Durasi normal = 30 hari (4 minggu)
- e. Produktifitas normal /hari m³/jam
 $= a/d$
 $= 30,5208 \text{ m}^3 / 30 \text{ hari}$
 $= 2,347753846$
- f. Produktifitas normal per/jam m³
 $= e / 8$
 $= 2,347753846/8$
 $= 0,293469231$
- g. Produktifitas lembur /hari
 $= 3 \times f \times 0,8$
 $= 3 \times 0,293469231 \times 0,8$
 $= 0,704326154$
- h. Produktifitas harian percepatan
 $= (f+g) \times 8$
 $= (0,293469231 + 0,704326154) \times 8$

Analisis Waktu dan Biaya Optimum

Setelah dilakukan Perhitungan *Crash duration*, *Crash Cost*, dan *Cost Slope*, kemudiandilakukan analisis waktu dan biaya optimum setelah percepatan sebagai berikut :

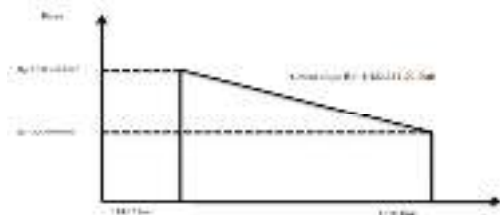
1. Rencana Anggaran biaya proyek dengan waktu 1320 hari hari sebesar : = Rp. 4.826.900.000
2. Biaya percepatan dengan penambahan tenaga kerja sebagai berikut :
 Biaya percepatan pada pekerjaan Kritis – Biaya Normal pada pekerjaan kritis
 $= \text{Rp. } 2.390.418.814.000$
3. Keuntungan pihak pengelola sebesar 15 %
 $= \text{Rp. } 4.826.900.000 \times 15 \%$
 $= \text{Rp } 724.035.000$
4. Total biaya setelah dikurangi keuntungan pihak pengelola sebesar 15 %

= Rp. 4.826.900.000 - Rp724.035.000
 = Rp. 4.102.865.000

5. Keuntungan Kontraktor setelah percepatan :
 =Rp724.035.000 - Rp. 2.390.418.814
 = Rp. 3.114.453.814,29

6. Biaya proyek dengan penambahan tenaga kerja adalah :
 Rencana anggaran proyek + biaya penambahan tenaga kerja
 =Rp. 4.826.900.000 + Rp. 2.390.418.814
 = Rp. 7.217.353.814,29

Dengan demikian hubungan antara biaya dan waktu untuk menyelesaikan percepatan pekerjaan Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas seperti pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Hubungan Antara Waktu dan Biaya

Analisa komparasi

Ada perbedaan antara masing-masing metode yang dihasilkan dalam penelitian ini seperti yang terdapat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan Masing-Masing Metode

Perbandingan	Penggunaan metode	Perhitungan percepatan Produksi
BarCh at	Dapat digunakan untuk penjadwalan proyek apasaja.	Dengan cara perhitungan jumlah kumulatif bobot pekerjaan
CPM	Mudah untuk update dan cocok untuk yang kmplek	Tidak di ketahui
Pert	Cocok untuk evaluasi proyek dan analisi rasiko	Tidak diketahu
Creasing proyek	Cocok buat proyek apasaja dan bisa di gunakan sebagai evaluasi keuangan	Dengan cara menghitung volume, harga normal dan hasil dari percepatan.
Perbandingan	Logika ketergantungan	Lintasan kritis
BarCh at	Tidak dapat menunjukkan secara spesifik hubungan logika ketergantungan antar kegiatan	Tidak diketahu
CPM	Menggunakan hubungan logika ketergantungan FS (Finist To Start)	Dapat di ketahui yaitu lintasan kritis pada proyek pembangunan gedung G universitas

	saja	muhammadiyah jember adalah A-B1-C1-D1-D7-D8-D4-D9.
PERT	Mengikuti cpm yaitu logoka ketergantungan	Dapat di ketahui yaitu lintasan kritis pada proyek pembangunan gedung G universitas muhammadiyah jember adalah A-B1-C1-D1-D7-D8-D4-D9.
Crashing Project	Mengikuti cpm yaitu logoka ketergantungan	Dapat di ketahui yaitu lintasan kritis pada proyek pembangunan gedung G universitas muhammadiyah jember adalah A-B1-C1-D1-D7-D8-D4-D9.
Perbandingan	Hambatan pada aktifitas kegiatan	Main feature
BarCh at	Tidak diketahui	Bagan balok tersendiri atas sumbu Y yang menyatakan kegiatan dan sumbu x menyatkan durasi waktu
CPM	Tidak di ketahui	Kegiatan terletak pada anak panah dan diantara 2 titik (node).
PERT	Tidak diketahui	Teknik diagram jaringan yang mempertimbangkan penggunaan durasi tak tentu sehingga memberikan kemungkinan penyelesaian proyek dengan 3 macam durasi Tampilan menggunakan pendekatan CPM.
Crashing Project	-	-

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian secara keseluruhan didapat bahwa:

1. Metode pada jaringan kerja CPM diketahui bahwa lintasan kritis pada pembangunan gedung G universitas muhammadiyah jember adalah A-B1-C1-D1-D7-D8-D4-D9.
2. Metode PERT menggunakan 3 macam durasi waktu untuk masing masing kegiatan, yaitu waktu optimis (a), waktu yang paling mungkin (m) dan waktu pesimis (b). Kemungkinan proyek dapat di selesaikan dalam waktu 42 minggu adalah 0,24%. Kemungkinan proyek dapat di selesaikan dalam waktu 52, 54 minggu atau 52 minggu adalah 99,11 %. Kemungkinan proyek dapat di selesaikan dalam waktu 62 minggu adalah 99,93%.
3. Dengan adanya percepatan penyelesaian diperlukan tambahan biaya Rp. 2.390.418.814 (Cost Slope).

Sebesar Rp. 4.423.351,20/hari sehingga penambahan biaya sebesar Rp. 7.217.353.814,29 dari perencanaan Rp. 4.826.900.000

Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan di Jl. Gaperta Medan, Sumatra Utara). departemen teknik sipil, universitas sumatra utara, 30-33.

Soeharto, Iman (1995). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*: Erlangga.

6. SARAN

1. Perlu adanya pengembangan lebih lanjut perihal penerapan metode dalam proyek manajemen konstruksi dan penjadwalan proyek.
2. Karena metode *barchat* belum dapat memberikan penjelasan yang runtut maka harus ada pengembangan metode lebih dalam supaya dalam penjadwalan proyek lebih jelas.
3. Hasil durasi dan biaya optimum yang di peroleh dari metode *crashing* dapat di pertimbangkan penerapannya dalam melaksanakan pekerjaan proyek konstruksi . hal ini menunjukkan durasi pelaksanaan yang lebih singkat dan akan membutuhkan biaya yang lebih besar dibandingkan dari perencanaan awal. Akan tetapi tidak akan membuat *cost* pengelola rugi dalam melaksanakan proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Adoe, M., (2010). *Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Kontruksi Gedung*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Bush, V. G. (1994). *Manajemen kontruksi*. Jakarta: PT Pustaka Binaan Presindo.
- Dannyati, E, (2010). *Optimalisasi pelaksanaan proyek dengan metode PERT dan CPM*. Fakultas ekonomi. Universitas diponogoro. Semarang
- Gunasti, A. (2015). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Manajer Proyek pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 13(1), 31-36.
- Gunasti, A. (2017). Penilaian Kinerja Peladen Dan Harapan Tukang Dalam Proyek Konstruksi. Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember.
- Gunasti, A. (2017). Penilaian Kinerja Tukang Dan Harapan Mandor Dalam Proyek Konstruksi. *Jurnal Penelitian IPTEKS*, 2(1).
- Gunasti, A. (2017). "Penilaian Standar Kompetensi Kerja Tukang Besi/Beton Pada Proyek Konstruksi Di Kabupaten Jember. *Rekayasa: Jurnal Sipil* 2.2 (2017): 13-18.
- Gunasti, A. (2018). "Penilaian Standar Kompetensi Kerja Tukang Besi/Beton Pada Proyek Konstruksi Di Kabupaten Jember. *Rekayasa: Jurnal Sipil* 3(1),7-14, 2018
- Hayun, Anggara, (2005). "perencanaan dan pengendalian proyek dengan metode pert-cpm : studi kasus fly Over Ahmad Yani, Karawang," Journal the winners, Vol. 6, No.2, h-155-174
- Irika Widiantsanti, M. L. (2013). *Manajemen Kontruksi*. jakarta: ROSDA.
- Oetomo, W., Prioto, & Uhad. (2017). *Analisis Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crash Duration Pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas*. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 08-22.
- Ridho, M. R., & Syahrizal. (2012). *Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Metode Pert Dan Cpm (Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung*

Modifikasi Jembatan Mataraman II Malang Menggunakan Struktur Gelagar Beton Bertulang

Dita Kamarul Fitriyah¹

¹Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Institut Adhi Tama Surabaya, Surabaya

E-mail: ditaka.fitriyah@gmail.com

ABSTRAK: Jembatan Mataraman II yang terletak di Kabupaten Malang memiliki panjang $\pm 40,8$ m dengan lebar ± 11 m. Jembatan ini semula didesain dengan standar bangunan atas tipe precast concrete I girder, metode girder precast, metode ini direkomendasikan pada jembatan Mataraman II, karena ekonomis, memperpendek waktu konstruksi dan workability. Jembatan eksisting ini didesain dengan tinggi I girder 1700 mm yang memiliki mutu beton precast concrete I girder K-500 ($f'c$ 415 kg/cm²). Metode jembatan beton bertulang direkomendasikan pada jembatan ini, karena kriteria jembatan Mataraman II ini merupakan jembatan bentang pendek, sehingga jembatan beton bertulang cocok diterapkan dalam kasus ini. Selain itu juga, material yang digunakan memiliki sifat tahan lama, lebih ekonomis, dan mudah pemeliharaannya. Jembatan ini didesain dengan membangun abutment baru yang berjarak ± 2 m dari abutment lama dikarenakan agar tidak mengganggu lebar mulut sungai, sehingga panjang jembatan menjadi 44,80 m. Dikarenakan panjang jembatan > 25 m maka kurang efektif dalam penggunaan gelagar beton bertulang, oleh karena itu direncanakan pilar yang berjarak ± 10 m dari rencana abutment baru. Perencanaan abutment direncanakan dengan didukung pondasi sumuran, dikarenakan pada kedalaman 4 m - 5 m harga N-SPT didapatkan $N > 50$ (tanah keras).

KATA KUNCI : Beton Bertulang, Abutmen, Pilar, Pondasi Sumuran

1. PENDAHULUAN

Jembatan Mataraman II yang terletak di Kabupaten Malang perbatasan daerah Panggungwaru – Mataraman memiliki panjang bentang jembatan yaitu $\pm 40,8$ m dengan lebar jembatan ± 11 m. Jembatan Mataraman II ini, dalam kondisi eksisting didesain dengan standar bangunan atas tipe *precast concrete* I girder, yang merupakan metode *girder precast*. Desain tinggi profil *precast concrete* I girder mencapai 1700 mm dengan mutu beton *precast concrete* I girder yaitu K-500 atau setara $f'c$ 415 kg/cm².

Dari data diatas, dapat disimpulkan bahwa, jembatan Mataraman II merupakan jembatan bentang pendek dan jika ditinjau berdasarkan kondisi daerah sekitarnya, akses untuk penggunaan alat berat akan sulit, karena jalan yang dilalui sempit. Sehingga tidak dimungkinkan untuk penggunaan *girder precast*, karena jalan yang sempit juga sulit dilalui alat berat untuk pengerjaan jembatan dengan gelagar *precast* I girder.

Pada kasus diatas, maka seorang perencanan perlu mempertimbangkan desain yang tepat agar material yang digunakan menjadi efisien dan efektif. Maka, pada metode ini, jembatan beton bertulang dipilih untuk alternatif pada kasus jembatan Mataraman II, karena dinilai ekonomis, memperpendek waktu konstruksi dan *workability*. Metode gelagar beton bertulang banyak digunakan pada beberapa macam jembatan bentang pendek dikarenakan tahan lama, mudah pemeliharaannya dan banyak menggunakan produk dalam negeri.

Kepala jembatan yang direncanakan didukung oleh pondasi sumuran, dikarenakan pada kedalaman 4 m - 5 m nilai N-SPT pada pengujian tanah dengan *Standart Penetration Test* (SPT) telah mencapai $N > 50$, sebagai indikasi tanah keras.

2. METODE PENELITIAN

Adapun pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam desain ulang jembatan Mataraman II sebagai berikut :

1) Tahap pengumpulan data

- Panjang jembatan : 40,8 m
- Lebar jembatan : 11 m
- Elevasi MAT : -3,113
- Kedalaman sungai : $\pm 9,0$ m (dari lantai kendaraan jembatan)

2) Preliminary desain

Desain jembatan beton bertulang direncanakan sebagai berikut yang terdapat pada Gambar 1:



Gambar 1. Modifikasi Jembatan Mataraman II

Bentang jembatan Mataraman II (Gambar 1) menjadi 44,80 m, yaitu panjang bentang menjadi 10 m pada sisi kanan dan kiri, sedangkan pada tengah bentang jembatan menjadi 24,80 m. Rencana diatas dimaksudkan agar pada bagian tengah bentang, mendapatkan bentang efektif pada jenis desain jembatan beton bertulang. Struktur utama yang digunakan adalah jembatan girder beton bertulang. Pada kedua sisi bentang tengah jembatan, didukung oleh pilar sejarak ± 10 m dari rencana kepala jembatan (*abutment*) dengan posisi yang sudah dioptimalkan tidak mengganggu lebar mulut sungai. Pada modifikasi jembatan Mataraman II direncanakan menggunakan pondasi sumuran, yang merupakan salah satu jenis pondasi dangkal. Direncanakan pondasi sumuran berdiameter 3,0 m, dengan kedalaman 4,0 m.

3) Permodelan Struktur

Pemodelan jembatan Mataraman II menggunakan bantuan program *finite element* (3 dimensi).

4) Material yang digunakan

a. Beton, berdasarkan *Bridge Design Code* tabel 6.3 hal 6-24 didapatkan bahwa perkerasan dan lantai jembatan yang berhubungan dengan lalu lintas menengah atau berat (kendaraan mempunyai masa kotor lebih dari 3 ton), kuat tekan karakteristik minimum untuk beton f_c' adalah 28 MPa.

b. Baja tulangan, modulus elastisitas (E_c) berdasarkan SNI – 03-2847-2002 untuk beton normal dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

f_c' = merupakan kuat tekan silinder beton 28 hari yaitu sebesar 1,3.

c. Berdasarkan Tabel 1, tebal selimut beton direncanakan menurut keadaan lingkungan jembatan dan mutu beton yang digunakan, berdasarkan *Bridge Design Code* Tabel 6.6 halaman 6-28.

Tabel 1. Selimut nominal untuk auan dan kompaksi standar

Klasifikasi	Selimut nominal (mm) untuk beton dengan kuat tekan (f_c') tidak kurang dari – (Mpa)				
	20	25	30	35	40
Lingkungan					
A	35	30	25	25	25
B1	(65)	45	40	35	25
B2	-	(75)	55	45	35
C	-	-	(90)	70	60

d. Terkait dengan mutu baja tulangan, maka :

- Untuk tulangan dengan $D < 13$ mm, maka $f_{sy} = 280$ MPa, *Bridge Design Code*, tabel 6.12 hal 35.
- Untuk tulangan dengan $D \geq 13$ mm, maka $f_{sy} = 400$ MPa, *Bridge Design Code*, tabel 6.12 hal 35.
- Modulus elastisitas baja adalah 2.103 MPa, *Bridge Design Code*, tabel 6.12, pasal 2.2 hal 35. Apabila harga tegangan tidak lebih besar dari f_{sy} .

5) Pembebanan pada jembatan

Pada perencanaan jembatan yang perlu diperhatikan adalah beban – beban yang terjadi pada jembatan. Beban – beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur jembatan serta banyaknya tulangan yang diperlukan. Pada peraturan teknik jembatan *Bridge Management System* 1992 aksi-aksi (beban) digolongkan berdasarkan sumbernya yaitu :

- Beban Mati

Beban mati struktur jembatan adalah berat sendiri dari masing – masing bagian struktural jembatan dan berat mati tambahan yang berupa berat perkerasan. Masing – masing berat bagian tersebut harus dianggap sebagai aksi yang saling terkait.

- Beban Hidup

Beban hidup jembatan meliputi :

- Beban lalu lintas

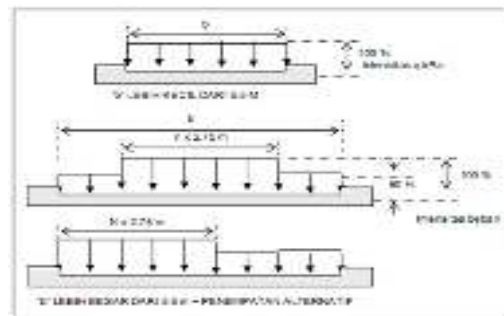
Beban lalu - lintas untuk perencanaan struktur jembatan terdiri dari beban lajur “ D ” dan beban truk “ T ” :

- Beban Lajur “D”

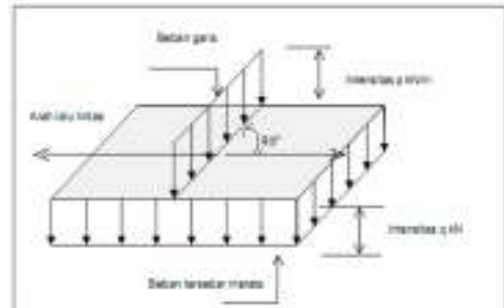
Pada Gambar 2 dan Gambar 3, dijelaskan bahwa beban lajur D bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada girder yang ekuivalen dengan suatu iring – iringan kendaraan yang sebenarnya. Intensitas beban D terdiri dari beban tersebar merata dan beban garis.

Beban Tersebar Merata (UDL = q). Dengan q tergantung pada panjang yang dibebani total (L). jika $L < 30$ m, $q = 8,0$ kN/m², sebaliknya apabila $L \geq 30$ m, $q = 8,0 (0,5 + 15/L)$ kM/m².

Beban Garis (KEL = P), ditetapkan sebesar 44 kN/m.



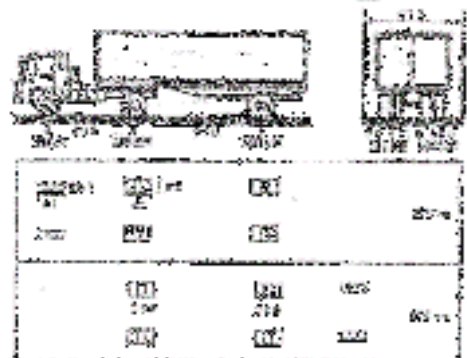
Gambar 2. Beban lajur “D”



Gambar 3. Kedudukan beban lajur “D”

- Beban truk

Beban truk “T” adalah kendaraan berat tunggal dengan 3 as (Gambar 4) yang ditempatkan dalam pada beberapa posisi yang digunakan untuk menganalisis pelat pada lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua pembebanan bidang kontak yang dimaksud agar mewakili pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” boleh ditempatkan per lajur lalu lintas rencana. Beban



Gambar 4. Pembebanan truk

- Faktor Pembesaran Dinamis
Faktor pembesaran dinamis (DLA) berlaku pada "KEL" lajur "D" dan truk "T" sebagai simulasi kejut dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan. Untuk Truk "T" nilai DLA adalah 0,30 sedangkan untuk "KEL" lajur "D" nilai dapat dilihat Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Faktor Beban Dinamik untuk "KEL" Lajur "D"

Bentang Ekuivalen L_E	DLA (Untuk kedua keadaan batas)
$L_E \leq 50$	0,04
$50 \leq L_E \leq 90$	$0,525 - 0,0025 L_E$
$L_E \geq 90$	0,30

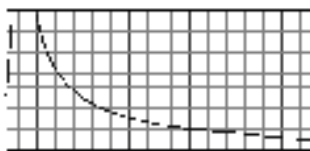
- Gaya Rem
Pengaruh pengereman kendaraan diperhitungkan dalam analisis jembatan dimana gaya tersebut bekerja pada permukaan lantai jembatan. Pengaruh gaya rem dan percepatan lalu - lintas harus dipertimbangkan sebagai gaya memanjang. Gaya ini tidak tergantung pada lebar jembatan dan diberikan dalam Tabel 3 untuk panjang struktur yang tertahan.

Tabel 3. Gaya Rem

Panjang Struktur (m)	Gaya Rem SLS (kN)
$L \leq 80$	250
$80 < L \leq 90$	$2,5 L + 50$
$L_E \geq 180$	500

Catatan : Gaya rem ULS adalah 2,0 gaya rem SLS

- Beban Gempa
Pembebanan gempa dilakukan dengan analisa numerik beban dinamis dengan metode respon spektrum.
- Maka didapatkan pembebanan struktur yaitu sebagai berikut beserta Gambar 5 :
 - Beban mati = 121 kN
 - Beban hidup = 158,8 kN
 - Beban rem = 250 kN
 - Beban gempa (Respon Spektrum)
 - $S_s = 0,565$
 - $S_1 = 0,296$
 - $T_0 = 0,105$ detik
 - $T_s = 0,523$ detik



Gambar 5. Respon Spektrum Kota Malang

Adapun kombinasi pembebanan yang digunakan yaitu sebagai berikut :

- 1,3 DL + 1,8 LL
- 1.3 DL + 1,8 R + 1,8 T
- 1,3 DL + 1,4 W
- 1,0 DL + 0,3 LL + 1,0 EX
- 1,0 DL + 0,3 LL + 1,0 EY

6) Analisa Kebutuhan Tulangan

- Kontrol Pondasi
Nilai minimum dari SF (*Safety Factor*) terhadap geser dan guling yang digunakan dalam perencanaan adalah masing masing 1,50. (Onding dkk : 2013)

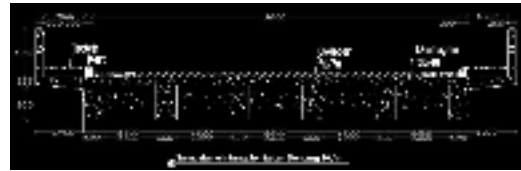
3. HASIL PENELITIAN

- Pemodelan struktur
Pemodelan struktur dilakukan dengan program bantu finite element dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemodelan Struktur dengan Finite Element

- Perencanaan Pelat Lantai



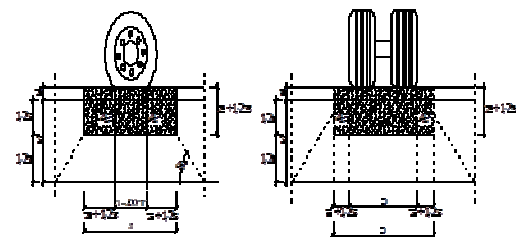
Gambar 7. Tampak Melintang Jembatan

Berdasarkan BMS 1992, ditentukan bahwa perencanaan tebal pelat lantai kendaraan pada jembatan yaitu sebagai berikut :

$$200 \leq D \leq 100 + 0,04 L \dots \dots \dots (1)$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan tebal perkerasan adalah 225 mm.

- Kontrol tebal pelat rencana terhadap geser ponds.
 - Posisi roda



Gambar 8. Beban roda berada pada tengah pelat

Mengacu pada Gambar 8, dimana $V_{uc} (ijin) > V_{uc} (ult)$, maka didapatkan sebagai berikut :

$$V_{uc(ult)} = K_c^R \times \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times \beta_4 \times [A_s (f_c' / (b.d))]^{1/3}$$

$$= 138,188 \text{ kN}$$

$$V_{uc(ijin)} = 0,6 \times (1/6) \times (f_c')^{1/2} \times b \times d$$

$$= 266,193 \text{ kN}$$

Maka dapat disimpulkan bahwa, tebal pelat yang direncanakan mampu menerima geser ponds yang terjadi.

- Data Penulangan Pelat lantai kendaraan
Tebal pelat lantai = 225 mm

- $f'c$ (Mutu beton) = 30 MPa
- f_y (Mutu baja) = 390 MPa
- Decking = 40 mm
- Ø tulangan = 19 mm (melintang)
- Ø tulangan = 10 mm (memanjang)

- Tulangan lentur lapangan 7 D19
($A_s = 1792,45\text{mm}^2$)
- Tulangan geser tumpuan 3 D10 - 100
($A_s = 2356,19\text{mm}^2$)
- Tulangan geser lapangan 2 D10 - 150
($A_s = 1578,80\text{mm}^2$)

- Penulangan Pelat lantai kendaraan
Tulangan melintang D19 – 200
($A_s = 1417,64\text{mm}^2$)
Tulangan memanjang D10 – 125
($A_s = 628,32\text{mm}^2$)

3) Diafragma

Direncanakan dimensi diafragma 300 x 500 mm.

- Data Penulangan Diafragma
 $f'c$ (Mutu beton) = 35 MPa
 f_y (Mutu baja) = 390 MPa
Decking = 40 mm
Ø tulangan = 19 mm (lentur)
Ø tulangan = 10 mm (geser)
- Besar gaya dalam yang terjadi

Tabel 4. Gaya dalam pada diafragma

P	V2	V3	T	M2	M3
kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
3.581	104.004	1.38	6.691	1.243	60.600
-3.581	104.004	-1.38	-6.691	-1.243	-41.695

Tabel 4 merupakan gaya dalam yang terjadi pada struktur diafragma, yang selanjutnya digunakan dalam analisa penulangan diafragma. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Penulangan Diafragma
Tulangan lentur tumpuan 11 D19
($A_s = 3001,55\text{mm}^2$)
Tulangan lentur lapangan 6 D19
($A_s = 1573,65\text{mm}^2$)
Tulangan geser tumpuan 2 D10 - 100
($A_s = 1570,80\text{mm}^2$)
Tulangan geser lapangan 2 D10 - 150
($A_s = 1047,20\text{mm}^2$)

4) Girder

Direncanakan dimensi girder 500 x 800 mm.

- Data Penulangan Girder
 $f'c$ (Mutu beton) = 30 MPa
 f_y (Mutu baja) = 390 MPa
Decking = 40 mm
Ø tulangan = 19 mm (lentur)
Ø tulangan = 10 mm (geser)
- Besar gaya dalam yang terjadi

Tabel 5. Gaya dalam pada girder

P	V2	V3	T	M2	M3
kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
23.91	106.05	2.92	11.26	21.21	702.2
-23.91	-106.05	-2.92	-11.26	-21.21	-702.2

Tabel 5 merupakan gaya dalam yang terjadi pada struktur girder, yang selanjutnya digunakan dalam analisa penulangan girder. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Penulangan Girder
Tulangan lentur tumpuan 12 D19
($A_s = 3258,73\text{mm}^2$)

5) Perletakan

Perletakan yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu tipe *bearing pad* fabrikasi.



Gambar 9. Rubber Bearing Pad

- Gaya yang bekerja pada perletakan

Tabel 6. Gaya yang bekerja pada perletakan

Gaya	V (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)
Gaya vertikal	1391,11		
Gaya gesek		1804,61	
Gaya Rem		41,67	
Gaya Gempa		151,59	151,59
Total	1391,11	1997,87	151,59

Tabel 6 menunjukkan besaran gaya yang terjadi pada perletakan. Gaya tersebut digunakan dalam beberapa *point* kontrol perletakan, untuk menentukan dimensi perletakan yang akan digunakan.

- Kontrol perletakan
Berdasarkan BMS 1997 dilakukan kontrol perletakan *bearing pad* sebagai berikut :
1. Kontrol luas efektif minimum
 $A_{eff}/0,8 A \geq 1,00$
1,24 $\geq 1,00$ (OK)
2. Kontrol; regangan total maksimum
 $\epsilon_T = \epsilon_{Sc} + \epsilon_{Sr} + \epsilon_{Sh} \leq 2,6 (G)^{0,5}$
2,54 $\leq 3,13$ (OK)
3. Kontrol regangan geser maksimum
 $\epsilon_{Sh} (max) / \epsilon_{Sh} \geq 1,00$
24,45 $\geq 1,00$ (OK)
4. Kontrol batas leleh
 $1,4 V / \epsilon_{Sc} V_{LL} \geq 1,00$
3,39 $\geq 1,00$ (OK)
5. Kontrol; tegangan maksimum rata rata
 $0,015 A_t / V \geq 1,00$
1,24 $\geq 1,00$ (OK)
6. Kontrol perputaran maksimum
 $\alpha / 4 dc \geq 1,00$
439,41 $\geq 1,00$ (OK)
7. Kontrol stabilitas tekan
 $2 be G S A_{eff} / 1000/V \geq 1,00$
510,363 $\geq 1,00$ (OK)
8. Kontrol tebal baja minimum
 $ts/3 \geq 1,00$
1,67 $\geq 1,00$ (OK)
9. Kontrol tahan gesek terhadap geser
 $0,1 V + 300 A_{eff}/H \geq 1,00$
215,19 $\geq 1,00$ (OK)

Dari kontrol diatas, dapat disimpulkan bahwa digunakan dimensi perletakan yaitu 340 x 320 x 51 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tebal karet = 12 mm
 Tinggi perletakan = 51 mm
 Tebal pelat baja = 5 mm
 Tebal selimut sisi = 10 mm

6) Abutment

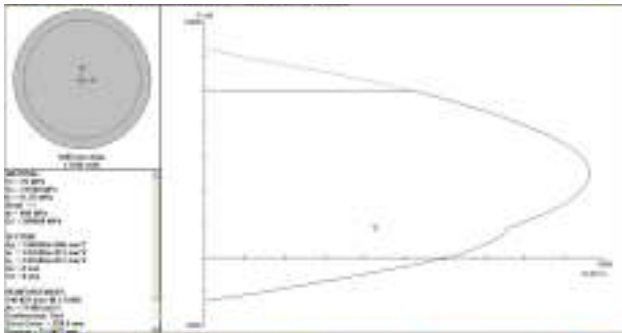
Kontrol abutmen dilakukan terhadap geser dan guling dasar pondasi, yaitu sebagai berikut :

$$SF = 3,28 \geq 1,5 \quad (\text{OK})$$

7) Pondasi

Pada pondasi sumuran dilakukan kontrol terhadap tegangan tanah dan geser pondasi yaitu :

- Kontrol tegangan tanah
 $Q_{ijin} = 41,671 \text{ Tm}^{-2} > Q_{ult} = 28,36 \text{ Tm}^{-2} \text{ (OK)}$
- Kontrol geser pondasi
 $V_{ult} = 200,46 \text{ T} < V_{ijin} = 347,48 \text{ (OK)}$



Gambar 10. Kontrol Tulangan Pondasi

Dari pemeriksaan dengan PCACOL (Gambar 10) didapatkan penulangan yang memenuhi yaitu sebanyak 140 D 25 dengan rasio sebesar 1,01%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil modifikasi diatas didapatkan kesimpulan yaitu sebagai berikut.

- 1) Bentang jembatan Mataraman II menjadi 44,80 m, yaitu panjang bentang menjadi 10 m pada sisi kanan dan kiri, sedangkan pada tengah bentang jembatan menjadi 24,80 m.
- 2) Penambahan abutmen pada jembatan.
- 3) Lantai kendaraan didapatkan yaitu 225 mm, dengan $f'c$ 30 Mpa. Penulangan pada pelat lantai kendaraan yaitu D19 – 200 (melintang) dan D10 – 125 (memanjang).
- 4) Dimensi diafragma 300 x 500 mm, dengan $f'c$ 30 Mpa. Didapatkan tulangan lentur tumpuan 11 D19, tulangan lentur lapangan 6 D19, tulangan geser tumpuan 2 D10 – 100, dan tulangan geser lapangan 2 D10 – 150.
- 5) Dimensi girder 500 x 800 mm, dengan $f'c$ 30 Mpa. Didapatkan Tulangan lentur tumpuan 12 D19, tulangan lentur lapangan 7 D19, tulangan geser tumpuan 3 D10 – 100, dan tulangan geser lapangan 2 D10 - 150
- 6) Dimensi perletakan didapatkan yaitu 340 x 320 x 51 mm.

- 7) Pondasi sumuran berdiameter 3,0 m, dengan kedalaman 4,0 m.
- 8) Abutmen dan pondasi yang didesain pada jembatan ini mampu untuk menahan beban layan yang terjadi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Onding, Julfrenly & Sjachrul, Balamba & Sompie, Berty & Sarajar, A.N. (2013). *Analisis Kestabilan Pondasi Jembatan Strudi Kasus : Jembatan Essang-Lalue. Sam Ratulangi University.*

Bridge Management System (BMS). (1992). *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (Bridge Design Code). Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Direktorat Bina Program Jalan. Jakarta.*

Supriyadi, B. Muntohar, A.S. (2000). *Jembatan (edisi pertama). Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.*

Hardiyatmo, Hary Christady., (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi I, Penerbit Gadjah Mada University Pres, Edisi ke-tiga, Yogyakarta.*

Das, B. M., (1995). *Mekanika Tanah I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Penerbit Erlangga, Jakarta.*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

Analisis Tingkat Kepuasan Pengunjung Terhadap Fasilitas Umum Di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang

Mutiara Firdausi¹

¹Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya

E-mail: mutiara_firdausi89@yahoo.com.

ABSTRAK: Rencana pemerintah merubah sistem Bandara Abdulrachman Saleh Malang dari domestik menjadi internasional tentunya memerlukan pengembangan kualitas pelayan serta fasilitas umum yang memadai. Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang sebaiknya melakukan evaluasi terhadap tingkat kepuasan pengunjung. Populasi pengunjung dalam 5 tahun terakhir 2013-2017 mencapai 765.804 orang per tahun. Sampel pada penelitian ini adalah penumpang yang menunggu jadwal keberangkatan di ruang tunggu, jumlah responden dihitung dengan rumus Slovin sebanyak 121 responden, pengumpulan sampel menggunakan kuesioner. Teknik pengambilan sampel menggunakan Probability Sampling. Metode pada penelitian ini adalah CSI untuk mengukur tingkat kepuasan. Hasil penelitian menunjukan tingkat kepuasan pengunjung terhadap fasilitas umum di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang adalah 77,43 % masuk dalam kategori Puas. Ketidakpuasan pelanggan terhadap kinerja pelayanan dan fasilitas menunjukkan 23,57% responden yang menyatakan tidak puas terhadap kehandalan peralatan dan fasilitas seperti, AC, Televisi dan lainnya, kemudahan mendapatkan inter-moda seperti, taksi, bis, dan lainnya, serta acara khusus yang diadakan pihak bandara seperti, promo tiket di waktu tertentu.

KEYWORDS : CSI (Customer Satisfaction Index), Tingkat Kepuasan, Kinerja Pelayanan, Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang

1. LATAR BELAKANG

Kondisi Kota Malang yang menjadi kota pendidikan dan pariwisata berakibat pada kenaikan jumlah wisatawan yang berkunjung ke Kota Malang. Para wisatawan tersebut tergolong variatif, antara lain untuk melanjutkan pendidikan, berwirausaha atau berwisata (Zulaichah, 2013). Pengguna layanan transportasi udara di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang pada tahun 2013 sampai tahun 2017 mengalami peningkatan rata-rata 1,2 % pertahun dengan jumlah rata-rata 765.804,6 pengunjung pertahun. Pemerintah Provinsi Jawa Timur Berencana akan meningkatkan status Bandar Udara Abdulrachman Saleh dari bandar udara domestik menjadi bandar udara internasional (Zulaichah, 2013) perubahan sistem bandara ini tentunya harus didukung dengan kualitas pelayanan dan fasilitas yang baik. Rencana pengembangan bandara terhadap fasilitas yang akan dibangun diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan kemudahan bagi para pendatang. Selain ruang terminal dan fasilitas sisi udara, fasilitas bandara juga berhubungan dengan penyediaan fasilitas inter-moda dari dan menuju bandara (Wibowo, 2017).

Menurut penelitian terdahulu, Kajian Tingkat Kepuasan Penumpang dan Kinerja Pelayanan Terminal Penumpang Domestik (T2) di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya ini menggunakan 3 metode pengujian tingkat kepuasan, salah satunya dengan metode CSI (Customer Satisfaction Index) (Mariana, 2015) kelebihan metode CSI adalah menghitung indeks kepuasan per atribut pelayanan secara keseluruhan dan penelitian tersebut menunjukan bahwa metode CSI dapat menjadi rujukan standarisasi pengukuran kepuasan pengunjung terhadap fasilitas umum di bandara internasional. Tingkat kualitas layanan tidak dapat dinilai berdasarkan sudut pandang perusahaan, tapi harus dipandang dari sudut pandang penilaian pelanggan (Darus, 2015) pengunjung di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang memiliki peranan penting dalam menentukan kepuasan terhadap tingkat pelayanan dan fasilitas yang disediakan. Fasilitas umum penumpang di dalam Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang tidak hanya menyesuaikan standarisasi

fasilitas bandara, tetapi juga dari tanggapan pengunjung yang menggunakan layanan tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penyebaran kuesioner. Data primer untuk penelitian ini meliputi data kuesioner.

Pengumpulan Data

Sumber data dalam penelitian ini ada 2 yaitu Data Primer dan Data Sekunder sebagai berikut :

- Data Primer dalam penelitian didapat dengan melakukan survei karakteristik dan persepsi penumpang secara langsung kepada pengunjung Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang dengan menggunakan kuesioner.
- Sedangkan Data Sekunder yang didapat dari pihak UPT (Unit Pelaksana Teknis) Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang antara lain, data jumlah pengunjung 5 tahun terakhir dan data layout (denah) bandara. Populasi penelitian ini yaitu pengunjung Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang. Yang menjadi unit sampling (ciri – ciri responden) adalah pengunjung yang menunggu keberangkatan di Ruang Tunggu.
- Kualitas layanan merupakan perbandingan antara pelayanan dengan kualitas layanan yang diharapkan oleh konsumen. Berdasarkan pendapat tersebut dapat diketahui bahwa kualitas pelayanan adalah memberikan kesempurnaan pelayanan untuk tercapainya keinginan atau harapan pelanggan. Terdapat lima kualitas pelayanan yaitu Bukti Fisik (tangibles), Keadaan (reliability), Daya Tanggap (responsiveness), Jaminan (assurance), dan Empati (empathy) (Selvy, 2013). Adapun dimensi kualitas jasa yang baik dari sisi perusahaan adalah sebagai berikut :
 - a. Bukti fisik (Tangibles)
Penampilan fasilitas fisik, peralatan, petugas, dan materi komunikasi.

- b. **Kehandalan (Realibility)**
Kemampuan untuk melakukan atau melaksanakan jasa dan menyajikan layanan yang konsisten dan tepat waktu.
- c. **Daya tanggap (Responsiveness)**
Merupakan salah satu pelayanan yang digunakan dalam membantu serta memberikan kemudahan-kemudahan yang ditujukan pada pelanggan.
- d. **Jaminan (Assurance)**
Merupakan jaminan yang diberikan oleh perusahaan dalam memberi keamanan kepada pelanggan.
- e. **Empati (Empathy)**
Merupakan sikap perusahaan yang memihak pada pelanggan atau membela pelanggan.

Kepuasan Pelanggan

Kepuasan pelanggan adalah tingkat perasaan seseorang setelah membandingkan kinerja (atau hasil) dari suatu pelayanan jasa yang dirasakan dengan harapannya (Selvy, 2013).

Penentuan Jumlah Sampel

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dengan teknik probability sampling dengan menggunakan rumus Slovin. Probability sampling adalah teknik pengambilan sampel yang memberi peluang yang rata pada setiap unsur (anggota) populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel (Sugiyono, 2010). Penentuan sampel pada penelitian ini diperoleh dari rumus Slovin yang meliputi banyaknya populasi. Banyaknya populasi tersebut didapat dari data sekunder yaitu data jumlah pengunjung 5 tahun terakhir. Penentuan sampel dilakukan sebelum penyebaran kuesioner yang bertujuan untuk menentukan banyaknya kuesioner yang akan dibagikan kepada masing-masing responden. Sebelum menentukan banyaknya kuesioner, jumlah sampel dapat dihitung dengan tahapan sebagai berikut:

- Mengetahui jumlah rata-rata populasi yang ada di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang melalui Data Sekunder, jumlah penumpang 5 tahun terakhir.
- Kuesioner dapat dilihat pada lampiran.

Dalam penelitian ini jumlah Sampel ditentukan menggunakan rumus Slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- n = ukuran sampel.
- N = ukuran populasi.
- E = persen kelonggaran ketidakteelitian karena Kesalahan pengambilan data yang masih dapat ditolerir/diinginkan atau biasa disebut dengan tingkat kepercayaan. Biasanya diambil sebesar 1% sampai dengan 10%.

Kesalahan yang terjadi karena kebetulan disebut dengan taraf signifikansi, yaitu taraf seberapa besar kemungkinan terjadinya kebenaran karena kebetulan saja

benar. Berikut penjelasan tentang Error level (tingkat kesalahan):

- a. Untuk ilmu kealaman taraf signifikansi disepakati para ahli (dalam berbagai literatur umumnya menyatakan sama) yang “terbaik” sebesar 0,01. Maksudnya hanya ada 0,01 atau 1% saja kesalahan karena kebetulan terjadi. Jadi, dengan kata lain yakin sebesar 99% bahwa hasil penelitian itu benar. Itu artinya, karena tetap berhati-hati, tidak ada yang “patut” diyakini 100% benar.
- b. Untuk ilmu-ilmu sosial dan pendidikan disepakati yang “terbaik” itu sebesar 0,05. Maksudnya hanya ada 0,05 atau 5% saja kesalahan karena kebetulan itu terjadi. Jadi, yakin 95% bahwa hasil penelitian itu benar. Ini karena tingkat kepastian “orang-orang” (sosial) itu relatif tidak seperti gejala kealaman. Dalam pengambilan sampel, kedua aspek tersebut menjadi salah satu perhatian utama. Jika hasil penelitian diharapkan mencapai taraf signifikansi tinggi (taraf kesalahan karena faktor kebetulan kecil), maka jumlah sampel dituntut lebih banyak dibandingkan dengan harapan taraf signifikansi lebih rendah (banyak kesalahan yang disebabkan karena taraf signifikansi lebih besar).

Metode CSI (Customer Satisfaction Index)

Customer Satisfaction Index (CSI) pada Tebl I merupakan analisis kuantitatif berupa persentase pelanggan yang sedang dalam suatu survei kepuasan pelanggan. CSI diperlukan untuk mengetahui tingkat kepuasan pelanggan secara keseluruhan dengan memperhatikan tingkat kepentingan dari atribut-atribut produk atau jasa (Pohandry, 2013).

Tabel 1. Customer Satisfaction Index (CSI)

Atribut	Kepentingan (I)	Kepuasan (P)	Skor (S)
	Skala 1:5	Skala 1:5	(S)=(I)x(P)
Skor Total	Total (I) = (Y)		Total (S) = (T)

Perhitungan keseluruhan CSI diilustrasikan pada Tabel 1 Customer Satisfaction Index (CSI). Nilai rata-rata pada kolom kepentingan (I) dijumlahkan sehingga diperoleh Y dan juga hasil kali I dengan P pada kolom skor (S) dijumlahkan dan diperoleh T. CSI diperoleh dari perhitungan (T/5Y) x 100%. Nilai 5 (pada 5Y) adalah nilai maksimum yang digunakan pada skala pengukuran. CSI dihitung dengan rumus:

$$CSI = T/5Y x 100% \dots\dots\dots(2)$$

Nilai maksimum CSI adalah 100%. Nilai CSI 50% atau lebih rendah menandakan kinerja pelayanan yang kurang baik. Nilai CSI 80% atau lebih tinggi mengindikasikan pelanggan merasa puas terhadap kinerja pelayanan (Pohandry, 2013). Menurut Irawan (2004), ada

pengujian dengan metode Customer Satisfaction Index (CSI), terdapat kriteria untuk mengetahui tingkat kepuasan konsumen terhadap kinerja perusahaan (Darus, 2015). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2. berikut:
Tabel 2. Kriteria Tingkat Kepuasan Pelanggan

No	Nilai CSI (%)	Keterangan (CSI)
1	81-100	Sangat Puas
2	66-80,99	Puas
3	51-65,99	Cukup Puas
4	35-50,99	Kurang Puas
5	0-34,99	Tidak Puas

Setelah menghitung indeks kepuasan pelanggan, untuk menyatakan hasil CSI kepuasan pelanggan, dapat dilihat pada Tabel 2. Kriteria Tingkat Kepuasan Pelanggan

3. HASIL PENELITIAN

Berikut ini adalah tahapan dalam analisis dalam penelitian ini :

Data Penumpang Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang

Berdasarkan informasi dari Kantor UPT Bandar Udara Abdulrachman didapat data penumpang 5 tahun terakhir, dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Data Penumpang

Tahun	Jumlah Penumpang (Orang)
2013	527.167
2014	626.690
2015	722.827
2016	859.878
2017	1.092.461

Dari Tabel 3 Data Penumpang 5 Tahun Terakhir menunjukkan peningkatan jumlah penumpang per tahun. Pada tahun 2013 jumlah penumpang mencapai 527.167 orang. Pada tahun 2014 jumlah penumpang mencapai 626.690 orang. Pada tahun 2015 jumlah penumpang mencapai 722.827 orang. Pada tahun 2016 jumlah penumpang mencapai 859.878 orang. Pada tahun 2017 jumlah penumpang mencapai 1.092.461 orang

Analisis Data Penumpang Menggunakan Rumus Slovin

Jumlah responden kuesioner dapat dicari menggunakan rumus Slovin. Populasi yang terdapat dalam penelitian ini berjumlah 765.804 orang/tahun sedangkan, error level (e) atau taraf signifikansi untuk sosial dan pendidikan lazimnya 0,05. Pada penelitian ini digunakan 0,1, maka banyaknya sampel dalam penelitian ini adalah 100 sampel. Untuk mengurangi tingkat kesalahan saat analisis data maka jumlah responden ditambah menjadi 121 sampel.

Hasil Rekapitulasi Karakteristik Penumpang

Hasil rekapitulasi karakteristik penumpang pada penelitian ini lengkapnya terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Karakteristik Penumpang

Karakteristik	Karakteristik Dominan	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Laki - laki	68	56,198
Usia	18-28 Tahun	49	40,495
Tingkat Pendidikan Terakhir	S1	55	45,454
Pekerjaan	Pegawai Swasta	40	33,057
Pendapatan	Lainnya	56	46,280
Asal Tujuan	Lainnya	72	59,504
Tujuan Penerbangan	Jakarta	114	94,214
Frekuensi Penerbangan	<2x	80	66,115

Dari rekapitulasi data karakteristik yang terdapat pada Tabel 4 yang mendominasi adalah karakteristik berdasarkan: Jenis Kelamin didominasi oleh laki-laki berjumlah 68 orang dengan persentase 56.19%. Usia didominasi tingkat usia 18-28 tahun sebanyak 49 orang dengan persentase 40.49%. Tingkat Pendidikan Terakhir didominasi tingkat pendidikan S1 sebanyak 55 orang dengan persentase 45.45%. Pekerjaan didominasi oleh Pegawai Swasta sebanyak 40 orang dengan persentase 33.05%. Pendapatan didominasi dengan pendapatan perbulan Lainnya (selain < Rp 2 Juta, Rp 2 Juta – Rp 4 Juta, Rp 4 Juta – Rp 5 Juta, dan > Rp 5 Juta) sebanyak 56 orang dengan persentase 46.28%. Asal Tujuan didominasi dari Asal Tujuan Lainnya (selain Malang, Pasuruan, dan Surabaya/Sidoarjo) sebanyak 72 orang dengan persentase 59.50%. Tujuan Penerbangan didominasi tujuan penerbangan Jakarta sebanyak 114 dengan persentase 94.21%. Frekuensi Penerbangan didominasi dengan Frekuensi Penerbangan < 2x sebanyak 80 orang dengan persentase 66.11%.

Analisis Data Menggunakan Rumus CSI

Dari analisis data diketahui nilai rata-rata pada kolom Kepentingan (I) didapatkan melalui penyebaran kuesioner kepentingan; sedangkan nilai rata-rata pada kolom Kepuasan (P) didapatkan melalui penyebaran kuesioner kepuasan. Setelah didapatkan total keseluruhan Skor (S) dari hasil perkalian (I) dengan (P), kemudian dihitung menggunakan rumus CSI. Diketahui untuk T didapatkan dari total Skor (S) nilai 5 pada (5Y) adalah nilai maksimum yang digunakan pada skala pengukuran dikalikan total Kepentingan (I).

$$\begin{aligned}
 CSI &= T/5Y \times 100\% \\
 &= 479.3/5 \times 123.8 \times 100\% \\
 &= 77.43\%
 \end{aligned}$$

Nilai tingkat kepuasan pelanggan sebesar 77,43%. Hasil CSI dalam Tabel 2.2 Kriteria Tingkat Kepuasan Pelanggan berada pada kategori Puas.

Analisis Data Ketidakpuasan Penumpang

Penilaian Ketidakpuasan Penumpang paling dominan adalah:

- Presepsi responden mengenai atribut ke 12 Keandalan peralatan dan fasilitas seperti, ac, televisi, dan lainnya diketahui 49 orang menyatakan Kurang Puas sampai dengan sangat tidak puas.
- Presepsi responden mengenai atribut ke 13 Kemudahan mendapatkan inter moda seperti, taxi, bus, dan lainnya diketahui 51 orang menyatakan Kurang Puas sampai dengan Sangat Tidak Puas.
- Presepsi responden mengenai atribut ke 14 Acara khusus yang diadakan pihak bandara seperti, promo tiket di waktu tertentu diketahui 56 orang menyatakan Kurang Puas sampai dengan Sangat Tidak Puas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil analisis terkait dengan penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin didapatkan Laki – laki berjumlah 68 orang dengan persentase 56.19 %, dan Perempuan berjumlah 53 orang dengan persentase 43.80 %. Data karakteristik responden berdasarkan usia didapatkan usia < 17 Tahun sebanyak 5 orang dengan persentase 4.13%, usia 18-28 Tahun sebanyak 49 orang dengan persentase 40.49%, usia 29-39 Tahun sebanyak 22 orang dengan persentase 18.18%, usia 40-49 Tahun sebanyak 24 orang dengan persentase 19.83%, dan usia > 50 Tahun sebanyak 21 orang dengan persentase 17.35%. Data karakteristik responden berdasarkan tingkat pendidikan terakhir didapatkan SMU/ sederajat sebanyak 24 orang dengan persentase 19.83%, D3 sebanyak 8 orang dengan persentase 6.61%, S1 sebanyak 55 orang dengan persentase 45.45%, S2 sebanyak 27 orang dengan persentase 22.31%, S3 sebanyak 4 orang dengan persentase 3.30%, dan tingkat pendidikan lainnya sebanyak 3 orang dengan persentase 2.47%. Data karakteristik responden berdasarkan pekerjaan didapatkan Pelajar/Mahasiswa sebanyak 20 orang dengan persentase 16.52%, PNS sebanyak 16 orang dengan persentase 13.22%, Pegawai Swasta sebanyak 40 orang dengan persentase 33.05%, Wiraswasta sebanyak 19 orang dengan persentase 15.70%, dan pekerjaan lainnya sebanyak 26 orang dengan persentase 21.48%. Data karakteristik responden berdasarkan pendapatan didapatkan gaji < Rp. 2.000.000 sebanyak 11 orang dengan persentase 9.09%, gaji Rp. 2Jt - Rp. 4Jt sebanyak 26 orang dengan

persentase 21.48%, gaji Rp. 4Jt - Rp. 5Jt sebanyak 13 orang dengan persentase 10.74%, gaji > Rp. 5.000.000 sebanyak 15 orang dengan persentase 12.39%, dan gaji lainnya sebanyak 56 orang dengan persentase 46.28%. Data karakteristik responden berdasarkan asal tujuan didapatkan asal tujuan Malang sebanyak 49 orang dengan persentase 40.49%, asal tujuan Pasuruan sebanyak 0 orang dengan persentase 0%, asal tujuan Surabaya/Sidoarjo sebanyak 0 orang dengan persentase 0%, asal tujuan Lainnya sebanyak 72 orang dengan persentase 59.50%. Dari data karakteristik responden berdasarkan tujuan penerbangan didapatkan tujuan Jakarta sebanyak 114 orang dengan persentase 94.21%, tujuan Bandung sebanyak 0 orang dengan persentase 0%, tujuan Surabaya sebanyak 0 orang dengan persentase 0%, tujuan Denpasar sebanyak 1 orang dengan persentase 0.82%, tujuan lainnya sebanyak 6 orang dengan persentase 4.95%. Data karakteristik responden berdasarkan frekuensi penerbangan didapatkan <2x berjumlah 80 orang dengan persentase 66.11 %, 2-4x berjumlah 28 orang dengan persentase 23.14 %, dan >4x berjumlah 13 orang dengan persentase 10.74%.

2. Berdasarkan hasil dan analisis data, dapat disimpulkan bahwa: 1. Karakteristik penumpang paling dominan di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang adalah responden yang berjenis kelamin laki-laki, berusia 18-28 tahun, berpendidikan S1, bekerja sebagai pegawai swasta, dengan pendapatan bisa kurang dari Rp. 2000.000,- atau lebih dari Rp. 5000.000,- berasal dari luar kota Malang, Pasuruan, Surabaya dan Sidoarjo, yang akan melakukan tujuan penerbangan ke Jakarta dengan frekuensi penerbangan < 2x dalam satu bulan.
3. Hasil analisis tingkat kepuasan pengunjung terhadap fasilitas umum di Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang dengan menggunakan metode Customer Satisfaction Index (CSI) adalah 77,43 % dan masuk dalam kategori Puas. Ketidakpuasan pelanggan untuk kinerja pelayanan

5. DAFTAR PUSTAKA

- Darus, M. D., & Mahalli, K. (2015). Analisis Tingkat Kepuasan Penumpang Terhadap Kualitas Pelayanan Di Bandar Udara Internasional Kualanamu. *Ekonomi dan Keuangan*, 3(6).
- Irawati, R., Wirangga, A., & Hati, S. W. (2012). Analisa Kepuasan Pelanggan Bandar Udara Hang Nadim Batam. *Jurnal Integrasi*, 4(2), 159-167.
- Mardoko, A. (2015). Tingkat Kepuasan Penumpang Terhadap Layanan Maskapai Penerbangan PT. Lion Air Route Mamuju-Jakarta. *WARTA ARDHIA*, 41(1), 19-28.

- Mariana, I. K., Sulistio, H., & Arifin, M. Z. (2015). Kajian Tingkat Kepuasan Penumpang dan Kinerja Pelayanan Terminal Penumpang Domestik (T2) di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. *Rekayasa Sipil* 9.3, 168-178.
- Normasari, S. (2013). Pengaruh Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Pelanggan, Citra Perusahaan Dan Loyalitas Pelanggan Survei Padatamu Pelanggan Yang Menginap Di Hotel Pelangi Malang. *Jurnal Administrasi Bisnis* 6(2).
- Pohandry, A., Sidarto, S., & Winami, W. (2013). Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Dengan Menggunakan Metode Customer Satisfaction Index Dan Importance Performance Analysis Serta Service Quality. *Jurnal Rekayasa* 1 no. 1.
- Sugiyono, P. D. (2006). *Metode Penelitian Bisnis*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono, P. D. (2010). *Metode Penelitian Pendidikan. Pendekatan Kuantitatif*.
- Wibowo, W., & Iwan Rudianto. (2017). Pengaruh Karakteristik Penumpang Pesawat Terhadap Peluang Pemilihan Moda Menuju Bandara Baru Kulonprogo. *JURNAL PEMBANGUNAN WILAYAH & KOTA* 13.4, 519-530.
- Zulaichah, & Nahar, F. (2013). Sistem Pengelolaan Keamanan Penerbangan Untuk Mendukung Rencana Peningkatan Status Bandar Udara Menjadi Bandar Udara Internasional (Studi Kasus di Bandar Udara Abdulrachman Saleh – Malang). *WARTA ARDHIA* 39, no. 3, 192-206.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

ANALISIS PERKUATAN STRUKTUR GEDUNG PASCA KEBAKARAN DENGAN PENAMBAHAN PROFIL SIKU SEBAGAI PERKUATAN STRUKTUR BALOK

Yanisfa Septiarsilia¹, Jaka Propika²

¹ Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya

² Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya

E-mail: yanisfa.septi@gmail.com, jakapropika@gmail.com.

ABSTRAK: Beton yang mengalami kebakaran pada suhu diatas 200°C dapat menyebabkan mutu beton mengalami penurunan, sehingga mengakibatkan penurunan kekuatan struktur. Masalah ini dapat diselesaikan dengan perkuatan struktur yaitu dengan penambahan profil untuk perkuatan struktur balok pasca kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan kekuatan struktur balok pasca kebakaran dengan penambahan profil siku. Hasil analisis yang dilakukan bahwa nilai momen nominal balok pasca kebakaran pada suhu 900°C dengan durasi 3 jam pada beton dan 2 jam pada baja tulangan sebelum penambahan profil siku menunjukan nilai momen nominal $M_n = 7161,7 \text{ Kg.m}$ $M_u = 8231 \text{ kg.m}$ pada balok 1 (ekterior) dan $M_n = 7891,8 \text{ Kg.m}$ $M_u = 8096,41 \text{ kg.m}$ pada balok 1 (interior). Setelah penambahan profil siku dengan dimensi profil L65x65x7 pada balok pasca kebakaran menunjukan nilai momen nominal mengalami kenaikan dengan $M_n = 24927,03 \text{ kg.m}$ $M_u = 8096,41 \text{ kg.m}$ pada balok 1 (interior) dan $M_n = 16449,5 \text{ kg.m}$ $M_u = 8231 \text{ kg.m}$ pada balok 1 (ekterior).

Kata Kunci : Kebakaran, Penurunan, Beton dan Baja Tulangan Perkuatan, Profil Siku

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbanyak keempat di dunia dengan jumlah penduduk kurang lebih 250 juta jiwa dan akan terus bertambah setiap tahunnya. Hal ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan pembangunan seperti: perumahan, gedung, ruko, gudang, dan lain-lain. Pembangunan yang dilaksanakan harus mengacu pada peraturan yang ada apabila terjadi bencana alam, bangunan tersebut masih mampu berdiri dengan tegak. Material yang sering digunakan pada konstruksi di Indonesia adalah beton karena memiliki ketahanan terhadap api, sehingga sangat cocok digunakan pada daerah tropis yang rawan terhadap kebakaran.

Akhir-akhir ini kasus kebakaran gedung di Indonesia mendapat perhatian khusus dari berbagai kalangan. Kerugian yang diakibatkan oleh bencana kebakaran yaitu harta yang habis terbakar dan trauma yang mendalam bagi korban kebakaran karena kehilangan sanak saudaranya. Selain itu, bencana kebakaran juga mempengaruhi kekuatan struktur dari bangunan tersebut walaupun bangunan itu masih berdiri. Banyak rumah atau gedung yang terbengkalai setelah kebakaran dan bahkan harus dibongkar total karena takut bangunan tersebut kekuatan strukturnya tidak mampu menahan beban hidup maupun beban sendirinya. Maka perlu dilakukan peninjauan pada gedung pasca kebakaran yang masih berdiri.

Mengadopsi dari penelitian terdahulu peneliti ingin melakukan penelitian dengan judul “Analisis Perkuatan Struktur Gedung Pasca Kebakaran dengan Penambahan Profil Siku Sebagai Perkuatan Struktur Balok” dengan harapan penelitian ini bisa berguna bagi banyak orang. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan nilai momen kapasitas sisa struktur pasca kebakaran dan mengetahui besarnya momen struktur balok pasca kebakaran setelah penambahan profil siku untuk perkuatannya.

Beton merupakan material yang memiliki ketahanan terhadap api dibandingkan dengan material lain. Hal ini disebabkan karena beton memiliki daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi panas masuk kedalam struktur beton. Menurut

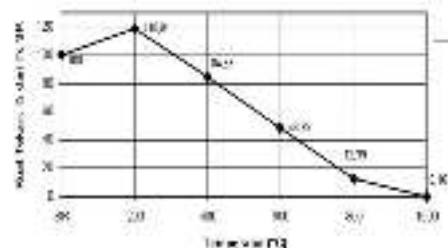
Priyosulistyo (2002) mengatakan bahwa pada temperatur dibawah 200°C beton akan mengalami peningkatan kuat tekan beton. Penurunan kekuatan lentur dan geser berturut-turut berkisar 10% sampai 20% pada saat balok beton bertulang menerima temperatur 200°C sampai 400°C.

Menurut Bayuasri T, dkk (2006) penurunan kuat tekan dipengaruhi oleh temperature dan durasi pembakaran yang bervariasi sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1. Prosentasi Kekuatan Sisa Mutu Beton (Bayuasri T, dkk . 2006)

Waktu	Suhu					
	300°C		600°C		900°C	
	21,6 Mpa	32,96 Mpa	21,6 Mpa	32,96 Mpa	21,6 Mpa	32,96 Mpa
3 jam	64,92%	65%	37,7%	31,55%	21,64%	18,03%
5 jam	63,93%	64,38%	36,4%	24,46%	20,33%	16,74%
7 jam	62,6%	63%	25,57%	19,96%	16,06%	14,16%

Selain itu menurut Suhendro (2000) apabila beton dipanasi pada suhu sekitar 200°C, kekuatannya tampak sedikit meningkat karena pada suhu diatas 100°C air bebas yang terserap beton menguap, selanjutnya ketika jauh diatas 100°C air semen secara kimiawi dalam dalam beton juga menguap. Selanjutnya panas dinaikkan lagi kekuatan beton menurun. Pada suhu antara 400°C sampai 600°C kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) berubah komposisi menjadi kalsium oksida (CaO) yang sama sekali tidak mempunyai kekuatan. Selanjutnya diatas suhu 600°C atau 700C unsur hasil hidrasi yang lain berubah komposisi sehingga kekuatan beton kehilangan kekuatan sama sekali, sebagaimana tampak pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Degradasi kuat tekan beton pada berbagai temperatur (Suhendro,2000)

Kebakaran yang terjadi pada sebuah bangunan, tidak hanya beton yang mengalami penurunan kuat tekan tetapi ada material lain yang perlu dipertimbangkan kekuatannya. Menurut Santosa. A (2009) baja tulangan yang dipanasi pada suhu 600°C dan 900°C mengalami penurunan kuat lelehnya. Adapun penurunan baja tulangan berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penurunan Kekuatan Sisa Mutu Baja Tulangan

No Uji	Benda	Suhu (°C)	Selimit Beton	Tegangan Leleh (Mpa)	Rata-Rata	Presentasi penurunan (%)
A		0	4 cm	388	386	0
1		600	2 cm	374,4	385,25	0,3
2		600	2 cm	388,82		
3		600	2 cm	392,74		
1		600	4 cm	382,91	382,5	1
2		600	4 cm	385,65		
3		600	4 cm	378,94		
1		900	2 cm	374,11	374,97	2,5
2		900	2 cm	366,87		
3		900	2 cm	383,93		
1		900	4 cm	381,15	377,48	2
2		900	4 cm	360,48		
3		900	4 cm	390,81		

2. METODE PENELITIAN

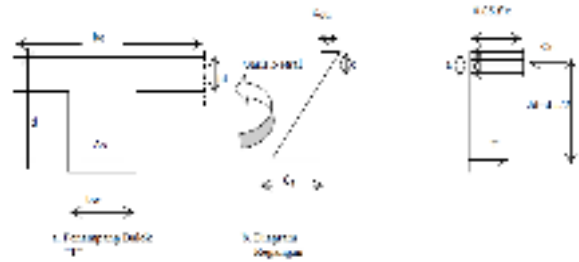
Adapun metode penelitian yang digunakan dalam Penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Tahap Pengumpulan Data :
 - Nama bangunan : Kantor Pegawai PLN
 - Lokasi bangunan : Madiun
 - Fungsi : Perkantoran
 - Jumlah lantai : 2 Lantai
 - Tinggi setiap lantai: 3,57 m
- b. Preliminary Design
 - Desain Gedung direncanakan sebagai berikut :
 - Dimensi Balok 1 (B1) : 300x500 mm
 - Balok 2 (B2) : 400x400 mm
 - Tebal pelat : 120 mm
 - Kelas situs gempa : kelas D pada wilayah gempa Indonesia
 - Mutu Beton (f_c') : 25 Mpa(Setara dengan K300)
 - Mutu Baja tulangan utama ulir (f_y): 400 Mpa
 - Mutu Baja tulangan sengkang (f_y): 240 Mpa
 - Mutu material profil baja BJ 41
 - Mutu material baut angkur (dynabolt) tipe HSL-3 dari hilti :
 - F_y = 640 Mpa
 - F_u = 800 Mpa

Perencanaan Balok :
 Dalam perhitungan momen nominal balok terdapat 2 kondisi:

- Kondisi 1, bila garis netral berada pada posisi flens (sayap) $c < hf$, maka analisis penampang

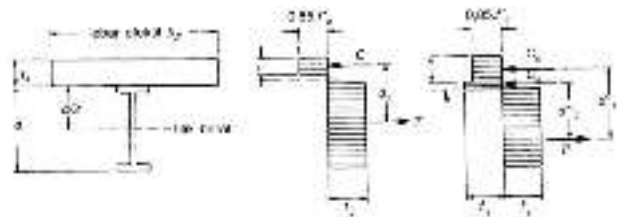
dapat dianggap sebagai balok persegi dengan lebar balok sama dengan efektif balok (b_e). Kondisi 1 dijelaskan pada diagram yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Tegangan Regangan Balok Bersayap Kondisi 1

- Kondisi 2, bila garis netral memotong badan, $c > hf$ maka balok diperlakukan sebagai balok T murni.

Kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi teganganplastis dapat dikategorikan menjadi dua kasus sebagai berikut: Sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton, dengan mengacu pada diagram yang terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kuat Lentur Nominal

Berdasarkan Distribusi Tegangan Plastis :

- a. Sumbu netral jatuh pada beton
- b. Sumbu netral plastis jatuh pada profil baja
- c. Permodelan Struktur
 - Permodelan Bangunan yang digunakan untuk penelitian menggunakan bantuan program SAP 2000.
- d. Pembebanan Struktur
 - Pembebanan merupakan faktor penting dalam perencanaan dan identifikasi struktur. Sebagai asumsi dasar gaya-gaya dan beban yang bekerja pada struktur diperlukan pembebanan pada bangunan yang dimodelkan. Secara umum, struktur bangunan dikatakan aman dan stabil apabila mampu menahan beban gravitasi (beban mati dan beban hidup), beban gempa, maupun beban angin yang bekerja pada bangunan tersebut.

Pada perencanaan suatu bangunan beban yang diterima oleh struktur berbeda-beda tergantung pada desain bangunannya. Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (1983) terdapat beberapa pembebanan yang digunakan untuk merencanakan struktur yaitu beban mati, beban hidup, beban gempa, dan lain-lain.

Adapun rincian pembebanan pada struktur yang direncanakan adalah sebagai berikut :

1. **Beban Mati**
Beban mati non struktural sesuai dengan PBI 1983 meliputi Berat Lantai Tegel, Spesi, Plumbing, Plafon+Penggantung, dan Ducting AC+Pipa.
2. **Beban Hidup**
Beban hidup sesuai dengan PBI 1983 pada pelat lantai perkantoran adalah 250 kg/m².
3. **Beban Gempa**
Pada perencanaan struktur bangunan yang memiliki ketahanan terhadap beban gempa harus disesuaikan dengan SNI-1726-2012 menggunakan renpons spektrum wilayah gempa kelas situs D dengan asumsi tanah sedang.

Supaya komponen struktur memenuhi kriteria persyaratan kekuatan maka beban-beban diatas harus dikombinasikan. Sesuai SNI-1726-2012 pasal 4.2.2 kombinasi bebannya sebagai berikut:

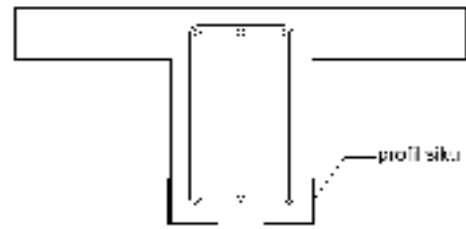
- $U = 1,4D$
 - $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(A \text{ atau } R)$
 - $U = 1,2D + 1,0L \pm 1,6W + 0,5 (A \text{ atau } R)$
 - $U = 0,9D \pm 1,6W$
 - $U = 1,2D + 1,0L \pm 1,0E$
 - $U = 0,9D \pm 1,0E$
- e. **Analisa Momen Nominal Balok Sebelum dan Pasca Kebakaran.**

Pada perhitungan momen nominal dan geser balok terdapat dua kondisi yang harus dihitung yaitu : sebelum kebakaran dan sesudah kebakaran.

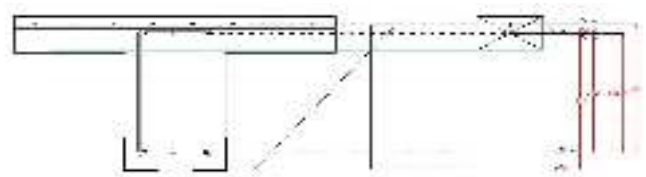
Pada perhitungan momen nominal gambar detail tulangan dapat dilihat pada lampiran 1, adapaun langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Menentukan lebar efektif balok
 2. Menghitung a, zona tekan diasumsikan berbentuk persegi.
- **Momen Nominal Balok Komposit**
Pada analisis struktur yang telah dilakukan sebelumnya pada balok B1 mengalami kondisi tidak aman karena momen nominal < momen ultimate maka struktur memerlukan perkuatan dengan menggunakan profil siku. Pada perencanaan ini profil siku menggunakan cara coba-coba sampai menemukan profil yang efisien Adapun perencanaan perkuatan struktur dengan penambahan profil siku seperti pada Gambar 4, untuk diagram distribusi Tegangan dan

Regangan Balok Komposit Interior terdapat pada Gambar 5.



Gambar 4. Perkuatan Struktur Balok 1 Dengan Penambahan Profil Siku.



Gambar 5. Distribusi Tegangan dan Regangan Balok Komposit Interior.

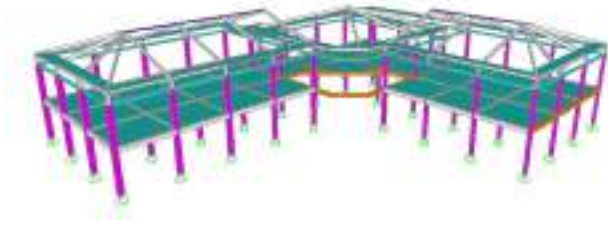
- f. **Analisa Momen Nominal Balok Komposit**
Digunakan Profil Siku 70x70x7 dan Profil Siku 65x65x7. Detail pemasangan Profil Siku Balok seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pemasangan Profil Siku Balok.

3. HASIL PENELITIAN

- a. **Permodelan Struktur**
Data lapangan pada penelitian ini adalah gedung PLN Madiun di Jalan M.T. Haryono, Kota Madiun, Jawa Timur. Gambar pemodelan struktur menggunakan bantuan Program SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Permodelan Struktur Kantor PLN Madiun

b. Hasil Analisa Momen Nominal Balok Sebelum dan Pasca Kebakaran.

Setelah dilakukan permodelan, maka dilakukan perhitungan tulangan dan perhitungan momen nominal pada Balok, hasil perhitungan momen nominal sebelum kebakaran terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Momen Nominal Sebelum Kebakaran.

Nama Balok	Lokasi	Perletakan	Mu (kg.m)	$Mn \times \phi$ (kg.m)	Ket
Balok 1	Eksterior	Tumpuan	8231	8311,3	oke
		Lapangan	4108,26	8311,3	oke
	Interior	Tumpuan	8096,41	8471	oke
		Lapangan	4260,94	8471	oke
Balok 2	Eksterior	Tumpuan	9167,05	11243,96	oke
		Lapangan	4286,97	8311,3	oke
	Interior	Tumpuan	8064,16	11243,96	oke
		Lapangan	4373,76	8471	oke

Tabel 4. Momen Nominal Pada Balok Pasca Kebakaran Dengan Fc' Sisa 65% Pada Suhu 300°C dengan Durasi 3 Jam.

Nama Balok	Lokasi	Perletakan	Mu (kg.m)	$Mn \times \phi$ (kg.m)	Ket
Balok 1	Eksterior	Tumpuan	8231	8163,89	Tidak oke
		Lapangan	4108,26	8263,89	oke
	Interior	Tumpuan	8096,41	8409	oke
		Lapangan	4260,94	8409	oke
Balok 2	Eksterior	Tumpuan	9167,05	11134,81	oke
		Lapangan	4286,97	8163,89	oke
	Interior	Tumpuan	8064,16	11134,81	oke
		Lapangan	4373,76	8409	oke

Tabel 5. Momen Nominal Pada Balok Pasca Kebakaran Pada Suhu 600°C fc' Sisa 34% dengan Durasi 3 Jam dan fy Sisa 99% dengan Durasi 2 Jam.

Nama balok	Lokasi	Perletakan	Mu (kg.m)	$Mn \times \phi$ (kg.m)	Ket
Balok 1	Eksterior	Tumpuan	8231	7780,1	Tidak oke
		Lapangan	4108,26	7780,1	oke
	Interior	Tumpuan	8096,41	8249,6	oke
		Lapangan	4260,94	8249,6	oke
Balok 2	Eksterior	Tumpuan	9167,05	10747,85	oke
		Lapangan	4286,97	7780,1	oke
	Interior	Tumpuan	8064,16	10747,85	oke
		Lapangan	4373,76	8249,6	oke

Pada hasil Tabel 3 sampai Tabel 6 menunjukkan bahwa balok 1 maupun balok 2 sebelum kebakaran kapasitas kekuatannya memenuhi syarat karena $Mu \leq \phi \times Mn$ seperti pada Tabel 3. Kemudian setelah kebakaran balok 1 dan balok 2 mengalami penurunan kapasitas kekuatan tetapi masih dalam kondisi aman seperti pada Tabel 4 sedangkan pada suhu 600°C mengalami perlemahan kekuatan sampai batas tidak aman pada balok 1 eksterior seperti pada Tabel 5. Selanjutnya pada suhu 900°C dengan durasi kebakaran 3 jam pada balok dan 2 jam pada baja tulangan seperti pada Tabel 6 interior maupun eksterior mengalami penurunan kapasitas kekuatannya sehingga tidak mampu menahan beban bangunan karena nilai $Mu \geq \phi \times Mn$.

Tabel 6. Momen Nominal Pada Balok Pasca Kebakaran Pada Suhu 900°C fc' Sisa 21% dengan Durasi 3 Jam dan fy Sisa 98% Durasi 2 Jam.

Nama Balok	Lokasi	Perletakan	Mu (kg.m)	$Mn \times \phi$ (kg.m)	Ket
Balok 1	Eksterior	Tumpuan	8231	7161,7	Tidak oke
		Lapangan	4108,26	7161,7	oke
	Interior	Tumpuan	8096,41	7891,8	Tidak oke
		Lapangan	4260,94	7891,8	oke
Balok 2	Eksterior	Tumpuan	9167,05	10280,6	oke
		Lapangan	4286,97	7161,7	oke
	Interior	Tumpuan	8064,16	10280,6	oke
		Lapangan	4373,76	7891,8	oke

c. Hasil Analisa Momen Nominal Balok Komposit

Pada analisis struktur yang telah dilakukan pada balok B1 mengalami kondisi tidak aman karena momen nominal < momen ultimate maka struktur memerlukan perkuatan dengan menggunakan profil siku. Pada perencanaan ini profil siku menggunakan cara coba-coba sampai menemukan profil yang efisien Adapun perencanaan perkuatan struktur dengan penambahan profil siku dengan cara mencari Tegangan Beton, kemudian menghitung Momen Nominal, dan divalidasi menggunakan bantuan Program SAP 2000. Hasil yang didapat terdapat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Momen Nominal Pada Balok 1 Komposit Berdasarkan Berbagai Variasi Profil Siku.

No	Balok	Profil Siku (mm)	Mu (N.mm)	Mn (N.mm)	Ket
1	Balok (300x500)	70x70x7	80964100	253602548	Oke
2	Balok (300x500)	65x65x7	80964100	249270367	Oke

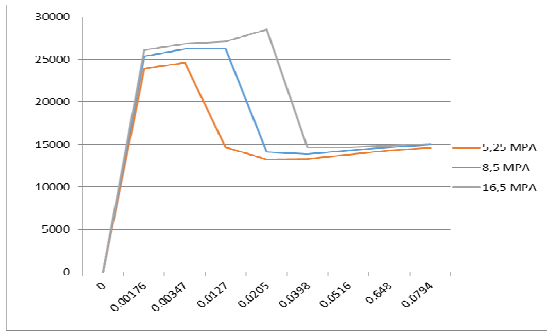
Tabel 8. Momen Nominal Pada Balok 2 Komposit Berdasarkan Berbagai Variasi Profil Siku.

No	Balok	Profil Siku (mm)	Mu (N.mm)	Mn (N.mm)	Ket
1	Balok (400x400)	70x70x7	82310000	169042379	Oke
2	Balok (400x400)	65x65x7	80964100	164494928	Oke

d. Perhitungan Balok Komposit dengan Variasi Regangan Beton (ϵ_{cu})

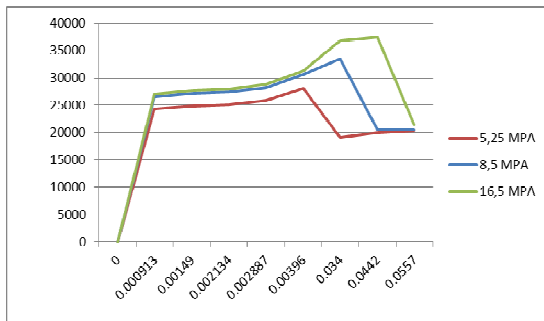
Pada perhitungan balok komposit dengan variasi regangan beton (ϵ_{cu}) ada dua kondisi yaitu dengan perhitungan manual dan perhitungan dengan bantuan dengan program SAP200 digunakan untuk mencari variasi momen yang dihasilkan oleh variasi regangan Balok Eksterior dan Interior terdapat pada Grafik pada Gambar 8 dan Gambar 9.

• Balok Komposit Eksterior



Gambar 8. Grafik Variasi Regangan Beton Dan Dan Mutu Beton Pasca Kebakaran Pada Balok Eksterior

• Balok Komposit Interior



Gambar 9. Grafik Variasi Regangan Beton Dan Dan Mutu Beton Pasca Kebakaran Pada Balok Interior

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Balok yang mengalami kebakaran pada suhu 900°C dengan durasi kebakaran 3 jam pada beton dan 2 jam pada baja tulangan mengalami perlemahan struktur sehingga ada balok yang mengalami kondisi yang tidak aman.
- Profil siku yang digunakan L65x65x7.
- Momen nominal balok setelah penambahan Profil siku L65x65x7 adalah :
 $M_n = 24927.04 \text{ kg.m}$ pada balok interior dan
 $M_n = 16449.49 \text{ kg.m}$ pada eksterior.
- Prosentasi penurunan kekuatan struktur pasca kebakaran sebagai berikut :

- Pada pelat 2,18% pada suhu 300°C dan 8,72 % pada suhu 600°C .
- Pada balok balok 1 prosentasi penurunan sebesar 1,77% dan balok 2 sebesar 1% pada suhu 300°C.
- Pada suhu 600°C Pada balok balok 1 prosentasi penurunan sebesar 6,39% dan balok 2 sebesar 3,2%.
- Pada suhu 900°C prosentase penurunan kekuatan struktur 13,83% pada balok 1 dan balok 2 sebesar 8,57%.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, dkk. 2006. *Tinjauan Kelayakan Forensik Engineering Dalam Menganalisis Kekuatan Sisa Bangunan Pasca Kebakaran. Makasar : Laporan Penelitian Dosen Muda Jurusan Sipil Dan Perencanaan Fakultas Teknik – Universitas Negeri Makasar.*

Bayuasri T, dkk. 2006. *Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi. Semarang : Laporan Tugas Akhir Magister Teknik Sipil – Universitas Diponegoro.*

Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Provinsi DKI Jakarta. 2017. *Statistik Kebakaran Berdasarkan Penyebab.*

Priyosulistyo, H. 2002. *Teknologi Beton Pasca Kebakaran. Yogyakarta : Prosiding Seminar Nasional Teknologi Beton Dan Software Untuk Perencanaan Bangunan Sipil, Pusat Studi Ilmu Teknik – Universitas Gajah Mada.*

Suhendro, B. 2000. *Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran. Yogyakarta : Makalah – Universitas Gajah Mada.*

Tjokrodimulyo K. 2000. *Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar. Yogyakarta.*

Turnip, J. M. 2014. *Perkuatan Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran (Studi Kasus Gedung Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara). Medan : Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil – Universitas Sumatera Utara.*

Wiyono D, R dan Trisina W. 2013. *Analisis Lendutan Seketika Dan Lendutan Jangka Panjang Pada Struktur Balok. Bandung: Jurnal Teknik Sipil. Vol. 14 (1) :1-83.*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

ANALISIS STRATEGI PENAWARAN PROYEK KONSTRUKSI PADA CV. BEW

Felicia T. Nuciferani¹ dan Nanda Estu Jh²

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi AdhiTama Surabaya, Surabaya

²Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi AdhiTama Surabaya, Surabaya

E-mail: nuciferani@gmail.com

ABSTRAK: Sektor konstruksi mengalami peningkatan signifikan, ditandai dengan banyaknya perusahaan jasa konstruksi. Jasa Konstruksi khususnya kontraktor yang semakin bertambah jumlahnya diikuti oleh keunggulan serta *benefit* yang ditawarkan membuat persaingan semakin kompetitif, maka penetapan dalam melakukan harga penawaran merupakan faktor permasalahan yang utama bagi kontraktor. Pembahasan penelitian strategi penawaran dengan menggunakan model *friedman* dan model *gates* pada CV.BEW dengan periode penawaran tahun 2013 – 2016 serta nilai proyek konstruksi di Surabaya berkisar antara 300 juta sampai 2 miliar rupiah. Implementasi strategi penawaran guna mencari besaran nilai *mark-up* dan probabilitas keuntungan serta harapan untuk menang pada proyek-proyek konstruksi di Surabaya dengan mengetahui besarnya *mark-up* guna penambahan estimasi biaya sehingga dapat digunakan sebagai harga penawaran. Hasil penelitian pada CV. BEW untuk proyek di Surabaya adalah model *Friedman* menghasilkan *mark-up* 6% dengan *expected profit* 4.7477% dan model *Gates* menghasilkan *mark-up* 7% dengan *expected profit* 4.8217%.

Kata Kunci : *mark-up*, *expected profit*, *model friedman*, *model gates*

1. PENDAHULUAN

Penawaran merupakan permasalahan utama karena menyangkut penetapan harga penawaran, apabila pengajuan penawaran terlalu tinggi dengan harapan mendapatkan keuntungan yang besar akan menyebabkan peluang untuk kemenangan tender menjadi sangat kecil dan sebaliknya pengajuan harga penawaran sangat rendah dengan harapan memiliki peluang besar untuk memenangkan tender, akan menyebabkan keuntungan yang besar menjadi sangat sulit untuk diperoleh (Patmadjaja,1999). Kondisi tersebut berlangsung dalam waktu yang sama, sehingga menyulitkan kontraktor untuk menentukan harga penawaran. Untuk mengantisipasi agar memenangkan tender suatu proyek, maka diperlukan strategi penawaran dalam mengikuti tender suatu proyek dari para pesaingnya

Persaingan kontraktor semakin meningkat dikarenakan jumlah kontraktor yang memiliki keunggulan tersendiri sehingga tingkat kompetisi mendapatkan pekerjaan (proyek) semakin sulit dengan peningkatan persaingan antar kontraktor. Upaya mendapatkan pekerjaan di sektor jasa konstruksi melalui proses yang dinamakan pelelangan atau tender. Proses tender menggunakan sistem layanan pengadaan secara elektronik (LPSE) atau disebut dengan *e-procurement* yang diterapkan mulai tahun 2008. Setiap kontraktor pelaksana dapat mengikuti tender setelah paket lelang dan spesifikasi lelang diumumkan oleh lembaga terkait sebagai pemilik proyek. Pada penelitian, berdasarkan LPSE pada CV. BEW dengan data penawaran pada periode 2013 – 2016.

Berbagai metode dapat digunakan dalam strategi penawaran yang bertujuan bagi kontraktor membuat penawaran lebih akurat. Metode yang sering digunakan sebagai alat untuk mendapatkan harga kompetitif beserta profit optimum adalah strategi penawaran model *Gates* dan *Friedman*. Model strategi penawaran digunakan untuk menghitung probabilitas menang. Probabilitas menang digunakan untuk mencari besaran *expected profit* maksimum dengan berbagai variasi besaran *mark-up*.

Perhitungan *expected profit* maksimum akan didapatkan *mark-up optimum* yang akan digunakan dalam pengajuan harga penawaran. *Potensial profit* adalah selisih antara harga penawaran dengan estimasi biaya sehingga harga penawaran adalah estimasi biaya proyek ditambah dengan *mark-up*. Semakin besar harga penawaran, maka semakin kecil kemungkinan untuk menjadi penawar yang terendah (*the lowest bid*), sehingga *potential profit* harus dijadikan *optimum* yang dikenal dengan *expected profit* agar menjadi penawar terendah. (Clough, 1994). *Mark-up* merupakan selisih antara penawaran dengan rencana anggaran biaya pekerjaan. Biaya pekerjaan terdiri dari biaya langsung ditambah dengan biaya tidak langsung seperti biaya *overhead*, biaya pajak, biaya tak terduga dan keuntungan.

2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data terbagi menjadi data primer yang didapatkan pada perusahaan konstruksi CV. BEW dengan data penawaran pada periode 2013 - 2016 dengan nilai proyek berkisar antara 300 juta sampai 2 miliar rupiah, berdasarkan LPSE. Data sekunder didapat dari LPSE Kota Surabaya pada periode tahun 2013-2016 untuk mencari jumlah pesaing, nama kontraktor pesaing dan nilai penawaran pesaing terhadap penawaran yang dilakukan oleh CV. BEW. Tahapan analisis data terdiri dari :

1. Pengolahan data dengan statistik probabilitas

Pengolahan data menggunakan metode statistik yaitu metode distribusi normal. Data dalam bentuk rasio dikelompokkan dari rasio terkecil dan rasio terbesar, hitung nilai rata-rata, standar deviasi dan varian (Patmadjaja,1999). Distribusi normal yang digunakan adalah multi distribusi normal dan *single* distribusi normal.

2. Pengolahan data dengan model penawaran

Perhitungan probabilitas menang menggunakan pendekatan statistik distribusi normal, selanjutnya menghitung *Expected Profit* maksimum dan menentukan *mark-up optimum* menggunakan dua model strategi penawaran, yaitu model *Gates* dan model *Friedman*. Berdasarkan data *Expected profit*

maka dipresentasikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui perbandingan dari masing – masing model.

3. Pengujian Model dengan Data Pilihan

Hasil *Optimum mark-up* diuji terhadap harga-harga penawaran dengan melihat apakah akan lebih rendah (yang berarti menang) atau lebih tinggi (yang berarti kalah) dari harga penawaran terendah. Penawaran hipotesis didapat dengan mengalihkan estimasi biaya dari kontrak dengan *mark-up optimum* hasil perhitungan dari kedua model kemudian dibandingkan dengan penawaran terendah dari kontraktor pemenang.

Data yang dipilih dalam pengujian adalah data pelelangan terbaru dari data yang digunakan dalam penelitian ini dengan anggapan bahwa data terbaru paling mendekati dengan keadaan pelelangan saat ini. Jumlah data yang diuji sebanyak 2 pelelangan tanpa memperhitungkan anggaran lelang yang ditawarkan.

3. HASIL PENELITIAN

Pengumpulan data penawaran yang didapatkan dari LPSE, diurutkan mulai dari penawar terendah hingga tertinggi kemudian dilakukan perhitungan menggunakan multi distribusi normal, distribusi dari variabel acak dan melalui pendekatan statistik, untuk data penawaran terhadap biaya real cost dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penawaran Terhadap Biaya *Real Cost*

Kode Pekerjaan	Real Cost	Penawaran
PG 01	325.640.385	353.956.940
PG 02	370.983.340	407.674.000
PG 03	363.141.360	394.719.000
PG 04	662.365.960	719.963.000
PG 05	983.018.160	1.068.498.000
PG 06	1.773.758.310	1.907.267.000
PG 07	1.073.907.135	1.173.669.000
PG 08	1.569.493.110	1.687.627.000
PG 09	1.307.402.760	1.390.854.000
PG 10	745.793.550	799.350.000
PG 11	1.361.901.028	1.499.891.000
PG 12	1.640.391.180	1.745.097.000

Untuk perhitungannya menggunakan rasio yang dikelompokkan dari rasio terendah ke rasio yang tertinggi, multi distribusi normal memiliki dua parameter yaitu mean dan varian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rasio Penawaran Terhadap Biaya *Real Cost*

Rasio Penawaran Kontraktor						
Kode	rA	r ² A	rB	r ² B	rC	r ² C
PG 01	1.1 14	1.24 1	1.13 6	1.29 0	1.17 1	1.3 72
PG 02	1.1 20	1.25 5	1.12 3	1.26 0	1.13 3	1.2 83
PG 03	1.1 46	1.31 3	1.14 8	1.31 9	1.18 7	1.4 08
PG 04	1.0 94	1.19 8	1.10 8	1.22 8	1.11 3	1.2 38
PG 05	1.1 25	1.26 6	-	-	-	-
PG 06						

PG 07	1.0 94	1.19 6	1.09 8	1.20 7	1.10 3	1.2 18
PG 08	1.0 86	1.17 9	1.09 1	1.18 9	1.09 1	1.1 91
PG 09	1.0 64	1.13 2	1.06 6	1.13 5	1.07 3	1.1 51
PG 10	1.1 30	1.27 8	1.16 9	1.36 8	1.27 4	1.6 23
PG 11	1.0 80	1.16 7	1.10 1	1.21 2	1.10 1	1.2 13
PG 12	1.0 74	1.15 4	1.08 2	1.17 1	1.15 7	1.3 38
Jumlah	20. 12 8	22.3 79	21.1 2	23.3 8	23.4 0	26. 03

Tabel 3. Nilai Mean, Standar Deviasi dan Varian

	Mean	Total X	Total X ²	SD	Varian
A	11.02 6	121.2 84	133.7 94	0.026 0	0.000 68
B	11.12 2	111.2 23	123.7 97	0.031 8	0.001 01
C	11.40 3	114.0 33	130.3 52	0.059 5	0.003 53

Untuk mencari probabilitas menang pada multi distribusi normal, terlebih dahulu harus mencari nilai Z yang berfungsi menentukan angka probabilitas pada tabel distribusi normal. Pada data distribusi normal nilai Z (*Z table*). Tabel Z adalah tabel statistik untuk uji nilai Z sebagai pembanding untuk mengetahui nilai yang berada di bawah area kurva normal (kurva yang berasal dari data – data yang terdistribusi normal) atau tidak, maka untuk mencarinya diperlukan sebuah tabel yang dinamakan tabel Z, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Nilai Z.

NO	R	Nilai Z		
		A	B	C
1	1.060	0.94	0.94	0.89
2	1.065	0.91	0.91	0.87
3	1.070	0.87	0.90	0.85
4	1.075	0.83	0.85	0.86
5	1.080	0.77	0.84	0.84
6	1.085	0.70	0.77	0.81
7	1.090	0.63	0.76	0.77
8	1.095	0.54	0.68	0.74
9	1.100	0.46	0.59	0.70
10	1.105	0.46	0.57	0.66
11	1.110	0.39	0.47	0.69
12	1.115	0.32	0.46	0.64
13	1.120	0.25	0.41	0.60
14	1.125	0.19	0.66	0.56
15	1.130	0.15	0.29	0.51
16	1.135	0.11	0.24	0.46
17	1.140	0.07	0.19	0.50
18	1.145	0.05	0.15	0.47
19	1.150	0.03	0.12	0.44
20	1.155	0.02	0.09	0.40
21	1.160	0.02	0.07	0.37
22	1.165	0.01	0.05	0.34
23	1.170	0.00	0.04	0.31

24	1.175	0.00	0.02	0.28
25	1.180	0.00	0.02	0.25
26	1.185	0.00	0.01	0.23

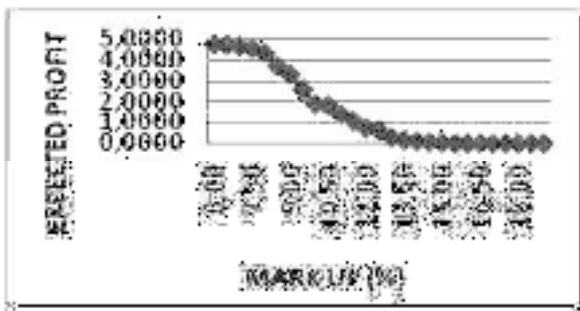
Probabilitas menang menggunakan metode Multi Distribusi Normal digunakan untuk mengetahui model strategi penawaran dan menghasilkan *profit* maksimum. Adapun analisis menggunakan model strategi penawaran *Friedman* dan *gates* sebagai berikut :

1. Model Friedman

Model strategi *Friedman* menggunakan perumusan probabilitas untuk menang dengan identitas dari pesaing dikenal, yaitu probabilitas menang yang diperoleh dari pesaing yang karakteristik penawarannya dapat diidentifikasi secara individu atau yang pernah mengikuti pelelangan proyek konstruksi secara bersama-sama. Perumusan probabilitasnya adalah $P(\text{CoWin/Bo}) = P(\text{Bo} < \text{Bi}) \times P(\text{Bo} < \text{Bi}) \times P(\text{Bo} < \text{Bi}) \times \dots \times P(\text{Bo} < \text{Bn})$, dengan $P(\text{CoWin/Bo})$ adalah probabilitas untuk menang terhadap semua pesaing yang dikenal, $P(\text{Bo} < \text{Bi})$ adalah probabilitas menang terhadap pesaing *i*. $P(\text{Bo} < \text{Bi})$ didapatkan dari hasil perhitungan nilai *z*. Probabilitas menang sangat erat kaitannya dengan rasio yang nantinya dijadikan nilai *mark-up*. Hasil perhitungan hubungan antara *expected profit* dengan *mark-up* menggunakan multi distribusi normal untuk model *friedman* dapat dilihat pada Gambar 1.

Nilai *mark-up* pada titik 17.50 sampai dengan titik 19 dengan probabilitas menang yang dihasilkan adalah 0.000 maka jika menggunakan *mark-up* 17.50 % - 19 % ada kemungkinan menang tapi tidak mendapatkan keuntungan. Jika rasio penawaran semakin kecil maka probabilitas menang semakin kecil dan apabila rasio penawaran semakin tinggi maka probabilitas menangnya semakin besar, tetapi jika penawaran terlalu tinggi belum tentu mendapatkan keuntungan karena besarnya *mark-up* pada saat tender proyek. Hasil perhitungan hubungan antara *expected profit* dengan *mark-up* menggunakan multi distribusi normal untuk model *friedman* dapat dilihat pada Gambar 1.

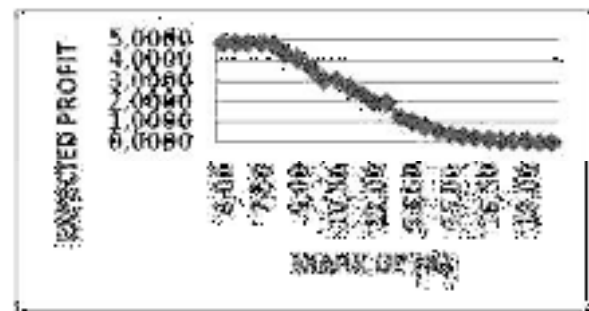
Pada Gambar 1. terlihat bahwa nilai *mark-up optimum* untuk model *Friedman* adalah sebesar 6% dengan nilai *expected profit*nya 4.7477%. Semakin tinggi nilai *mark-up* maka semakin rendah nilai *expected profit*nya, jika nilai *mark-up* semakin rendah maka kemungkinan mendapatkan *expected profit*nya semakin tinggi.



Gambar 1. Hubungan antara *expected profit* dengan *mark-up* menggunakan multi distribusi normal untuk model *friedman*.

2. Metode Gates

Model strategi *gates* menggunakan probabilitas menang dari identitas pesaing dikenal, yaitu probabilitas menang yang diperoleh dari pesaing yang karakteristik penawarannya dapat diidentifikasi secara individu atau pernah mengikuti pelelangan proyek konstruksi secara bersama-sama. Dari hasil perhitungan disimpulkan jika penawar melakukan tender dengan *mark-up* 6%, maka akan mendapatkan keuntungan (*expected profit*) sebesar 4.8268 %. Hasil perhitungan hubungan antara *expected profit* dengan *mark-up* menggunakan multi distribusi normal untuk model *gates* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara *expected profit* dengan *mark-up* menggunakan multi distribusi normal untuk model *gates*

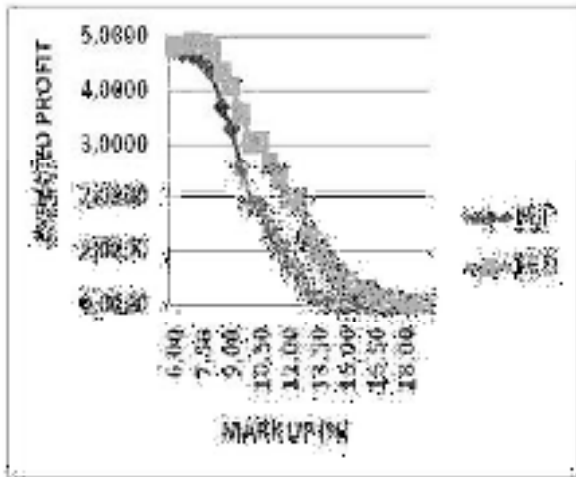
Nilai maksimum dari *expected profit* pada Gambar 2. bahwa nilai *mark-up optimum* untuk model *Gates* adalah sebesar 7% dengan nilai *expected profit* 4.8664%. Semakin tinggi nilai *mark-up* maka semakin rendah nilai *expected profit*, jika nilai *mark-up* semakin rendah maka kemungkinan mendapatkan *expected profit* semakin tinggi.

Dari analisis strategi kedua model penawaran maka disimpulkan nilai *mark-up optimum* dengan *expected profit* maksimum dari metode *Friedman* dan metode *Gates* pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Probabilitas Menang Untuk Model *Gates* (M.G) dan *Friedman* (M.F)

MARK UP (%)	R	E(P)	
		M.F	M.G
6.00	0.804	47.477	48.217
6.50	0.743	46.852	48.268
7.00	0.695	46.534	48.664
7.50	0.647	45.455	48.525
8.00	0.593	43.201	47.413
8.50	0.508	36.947	43.198
9.00	0.452	33.003	40.707
9.50	0.375	25.852	35.596
10.00	0.302	18.869	30.228
11.00	0.291	18.229	30.578
11.50	0.242	13.923	26.585
12.00	0.205	10.854	23.590
12.50	0.164	0.7366	19.656
12.50	0.155	0.6375	19.361
13.00	0.098	0.2812	12.698

13.50	0.073	0.1588	0.9854
14.00	0.054	0.1000	0.7541
14.50	0.038	1.0530	0.5548
15.00	0.026	0.0263	0.3955
15.50	0.018	0.0125	0.2738
16.00	0.016	0.0086	0.2590
16.50	0.007	0.0022	0.1149
17.00	0.004	0.0009	0.0714
17.50	0.002	0.0003	0.0426
18.00	0.001	0.0001	0.0245
18.50	0.001	0.0000	0.0136
19.00	0.000	0.0000	0.0070



Gambar 3. Hubungan antara *expected profit* dengan *mark-up* menggunakan multi distribusi normal metode *friedman* dengan metode *gates*

Pada Gambar 3. terlihat bahwa strategi penawaran model *Gates* menghasilkan *mark-up* dan *expected profit* yang lebih besar dibandingkan dengan strategi penawaran model *Friedman*.

Pengujian Model Pada Data Penawaran

Nilai *Mark-up* dari analisis perhitungan dari metode *friedman* dan diujikan terhadap harga penawaran untuk melihat perilaku penawaran akan lebih rendah atau lebih tinggi. Apabila lebih rendah maka akan menang, namun bila hasil pengujian lebih tinggi maka akan kalah terhadap penawaran terendah. Dari pengujian akan diketahui menang atau kalahnya bila menggunakan variasi *mark-up* yang dihasilkan dari analisis hitungan sebelumnya. Data pengujian diambil dari data tender LPSE tahun 2018 seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Pengujian Tender LPSE Tahun 2018

Pekerjaan	Kontraktor	HPS	Penawaran
SDN Penjaringsari II	PT. W	2.555.603.200	2.500.066.816
Lapangan Thor	CV. NW	2.215.334.000	2.194.560.000
Rusun Penjaringsari IV	PT. T	13.932.560.066	13.613.107.118

Mark-up hasil perhitungan dengan metode *Friedman* dan *Gates* diujikan terhadap penawaran tender LPSE Kota Surabaya tahun 2018, dengan *mark-up optimum* yang dibandingkan dengan penawaran terendah dari

kontraktor pemenang. Untuk hasil pengujian akan ditampilkan pada Tabel 7.

Dari kedua model terlihat bahwa baik model *Friedman* dan model *Gates* dapat mengalahkan penawar terendah dari ketiga tender pekerjaan. Hasil perhitungan diperoleh bahwa masing-masing model mempunyai kelebihan sendiri-sendiri, walaupun model *Gates* menghasilkan *mark-up* yang lebih besar dibandingkan dengan model *Friedman*. Untuk penentuan model penawaran yang akan digunakan sangat tergantung dari keadaan pesaing, artinya apakah pesaing mengerti model, pesaing tidak membutuhkan pekerjaan atau pesaing lagi sangat membutuhkan pekerjaan. Bila pesaing sangat membutuhkan pekerjaan dan sama-sama menguasai teori model strategi penawaran, maka sebaiknya digunakan model *gates* yang menghasilkan *mark-up* yang lebih besar, tetapi bila pesaing tidak membutuhkan pekerjaan atau permintaan pasar sedang banyak-banyaknya maka sebaiknya menggunakan model *Friedman* yang menghasilkan *mark-up* lebih kecil.

Tabel 7. Pengujian *Mark-Up* Berdasarkan *Friedman* dan *Gates*

PEMBANGUNAN GEDUNG TIPE B2 (SDN PENJARINGSARI II)				
ESTIMASI BIAYA (HPS)		Rp 2.555.603.200,00		
PENAWARAN TERENDAH		Rp 2.500.066.816,00		
JENIS DISTRIBUSI	MODEL	MARK UP OPTIMUM (%)	HASIL	KETERANGAN
MULTI DISTRIBUSI	<i>FRIEDMAN</i>	6	Rp 2.402.267.008,00	MENANG
NORMAL	<i>GATES</i>	7	Rp 2.376.710.976,00	MENANG
PEMBANGUNAN GEDUNG TIPE B1 (LAPANGAN THOR)				
ESTIMASI BIAYA (HPS)		Rp 2.215.334.000,00		
PENAWARAN TERENDAH		Rp 2.194.560.000,00		
JENIS DISTRIBUSI	MODEL	MARK UP OPTIMUM (%)	HASIL	KETERANGAN
MULTI DISTRIBUSI	<i>FRIEDMAN</i>	6	Rp 2.082.413.960,00	MENANG
NORMAL	<i>GATES</i>	7	Rp 2.060.260.620,00	MENANG
PEMBANGUNAN GEDUNG TIPE B (RUSUN PENJARINGSARI IV)				
ESTIMASI BIAYA (HPS)		Rp 13.932.560.066,00		
PENAWARAN TERENDAH		Rp 13.613.107.118,00		
JENIS DISTRIBUSI	MODEL	MARK UP OPTIMUM (%)	HASIL	KETERANGAN
MULTI DISTRIBUSI	<i>FRIEDMAN</i>	6	Rp 13.096.606.462,04	MENANG
NORMAL	<i>GATES</i>	7	Rp 12.957.280.861,38	MENANG

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa model *Friedman* menghasilkan *mark-up* optimum sebesar 6 % dengan *expected profit* sebesar 4.7477, sedangkan model *gates* menghasilkan *mark-up* optimum sebesar 7% dengan *expected profit* 4.8217%.

Strategi penawaran terbaik untuk kemenangan proses pelelangan adalah model strategi *Gates* yang menghasilkan *mark-up* optimum rendah serta *expected profit* tertinggi senilai 7%.

5. DAFTAR PUSTAKA

Clough, R.H., and Sears, G.A. (1994), **Construction Contracting, Sixth Edition, John Wiley & Sons, Inc., USA.**

- Guswandi, Rio . (2013). **Kebijakan, Prosedur dan Pengendalian Untuk Mendorong Efisiensi Pengadaan Barang/Jasa Khususnya Pengadaan Barang Kabupaten Lima Puluh Kota**, Tugas Akhir Universitas Negeri Padang, Yogyakarta
- Harianto, Feri. (2006), **Model Strategi Penawaran Proyek Konstruksi Yang Dilakukan Oleh Kontraktor PT.CDJW, IPTEK , ITATS.**
- Harinaldi. (2005). **Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains.** Jakarta: Erlangga
- Marianti, Afriza, 2012, **Metode Strategi Penawaran Proyek Kontruksi (studi kasus : LPSE Kotamadya Yogyakarta)**, Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Nugraha, P., Natan, I., dan Sutjipto, R. (1986). **Manajemen Proyek Konstruksi. jilid 1.** Surabaya: Kartika Yudha Utara, Medan.
- Panjaitan, M.A, (2010), **Strategi Harga Penawaran dengan Memperhitungkan Faktor Resiko pada Proyek Pembangunan Perumahan PT.PP Lonsum di Muara Rupit Provinsi Sumatera Selatan**, Tugas Akhir Universitas Sumatera.
- Patmadjaja, Harry, (1999). **Model Strategi Penawaran untuk Proyek Konstruksi di Indonesia**, Thesis Universitas Kristen Petra, Surabaya.



9 772527 554007