

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME:	NOMER:	HALAMAN:	SURABAYA	ISSN:
	02	02	166 - 171	2017	2252 - 5009

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Drs.Ir.Karyoto,M.S
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol 2 Nomer 2/rekat/17 (2017)	
PEMANFAATAN BATU APUNG DALAM PEMBUATAN BETON RINGAN DENGAN PENAMBAHAN LUMPUR SIDOARJO (LUSI) SEBAGAI SUBTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS	
<i>Abdul Ra'uf Alfansuri, Arie Wardhono,</i>	01 – 11
ANALISA SISA MATERIAL DAN PENANGANANNYA PADA PROYEK APARTEMEN ROYAL CITYLOFT SURABAYA	
<i>M. Alfin Ahfiyatna, Didiek Purwadi,</i>	12 – 23
PENGARUH PENYIRAMAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS PAVING STONE GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG	
<i>Raditya Eko Kurniawan, Arie Wardhono,</i>	24 – 35
STUDI POLA OPERASI WADUK WONOREJO UNTUK PLTA	
<i>Pandra Christanty Suharto, Kusnan,</i>	36 – 41
ANALISIS NILAI PRODUKTIVITAS PEKERJAAN PEMASANGAN DINDING PRECAST PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT	
<i>Fani Febri Dewi Utami, Mas Suryanto HS,</i>	42 – 54
PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA PEMASANGAN BEKISTING DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT DI WILAYAH SURABAYA	
<i>Rizky Astri Widyawati, Sutikno,</i>	55 – 76
ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN RANGKA BAJA MODEL K-TRUSS	
<i>Ndaru Kusumo, Karyoto,</i>	77 – 86
MODEL HUBUNGAN ANTARA KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR DAN KOMPOSISI LALU LINTAS PADA JALAN PROVINSI DI KABUPATEN MOJOKERTO (Studi Kasus: Jl. Raya Mlirip, Jl. Magersari-Ngares Kidul, Jl. Raya Gempolkerep)	
<i>Rizki Inkasari, Purwo Mahardi,</i>	87 – 97

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH ASBES SEBAGAI BAHAN TAMBAH CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELATISITAS BETON

Liga Triswasono, Sutikno, 98 – 103

PENGOPTIMALAN PEMASANGAN JARAK ANTAR BAUT TERHADAP TERJADINYA *CURLING* PADA SAMBUNGAN PELAT

Hendry Yudha Pranata, Arie Wardhono, 104 – 111

ANALISA PERBANDINGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM GANDA PADA PERENCANAAN ULANG HOTEL ICON GRESIK TERHADAP LUASAN TULANGAN BALOK DAN KOLOM

Yasher Arafat, Sutikno, 112 – 117

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH GAS ASETILEN SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN BATU BATA DITINJAU DARI KUALITAS SESUAI SNI 15-2094-2000

Mohamad Nisfi Fazar Romadhon, Arie Wardhono, 118 – 124

PENGOPTIMALISASIAN PEMASANGAN BAUT PADA TEPI SAMBUNGAN PELAT TARIK

Nurul Burhanudin, Arie Wardhono, 125 – 131

PENGARUH VARIASI BENTANG PANJANG BALOK STRUKTUR BETON TERHADAP KINERJA STRUKTUR DENGAN ANALISIS *PUSHOVER* BERDASARKAN ATC-40 DAN SNI 1726:2012

Mohamad Sahal Rifa'i Chairul Aziz, Arie Wardhono, 132 – 140

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT GESER MORTAR TANPA SEMEN BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN SODIUM HIDROKSIDA 12 MOLAR PADA APLIKASI PASANGAN BATA MERAH

Nova Bima Prayogo, Arie Wardhono, 141 – 149

ANALISA PERHITUNGAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG DIBANDINGKAN DENGAN DAYA DUKUNG *HYDRAULIC JACKING SYSTEM* PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG B LPMP PROVINSI JATIM

Akbar Setyo Romadhoni, Machfud Ridwan, 150 – 160

PERENCANAAN ULANG JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA DENGAN VARIASI JARAK KABEL
PENGANTUNG DAN JARAK GELAGAR MELINTANG (STUDI KASUS JEMBATAN BATOQ
MALEQ KABUPATEN MAHAKAM ULU)

Miftakhul Huda, Mochamad Firmansyah S., 161 – 165

PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN METODE *CABLE STAYED* DENGAN VARIASI
KABEL STRUKTUR PEMIKUL UTAMA (STUDI KASUS JEMBATAN GANTUNG BATOQ MALEQ
KABUPATEN MAHAKAM ULU)

Timur Prahnalaga Wira, Mochamad Firmansyah S. 166 – 171



PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN METODE CABLE STAYED DENGAN VARIASI KABEL STRUKTUR PEMIKUL UTAMA (STUDI KASUS JEMBATAN GANTUNG BATOQ MALEQ KABUPATEN MAHAKAM ULU)

Timur Prahnalaga Wira

Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: timur_pwr@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain ulang jembatan menggunakan metode cable stayed dengan variasi kabel pada struktur pemikul utama untuk mendapatkan desain yang kokoh namun tetap fleksibel dan efisien serta dapat menahan beban dalam bentang panjang.

Penelitian ini menggunakan metode studi kasus. Penelitian ini akan mendeskripsikan bagaimana perencanaan ulang struktur atas jembatan gantung Batoq Maleq menggunakan metode cable stayed. Data dikumpulkan dengan menggunakan kepustakaan, dan simulasi komputasi. Kepustakaan digunakan untuk memperoleh peraturan, rumus dan langkah-langkah yang digunakan untuk menghitung struktur. Simulasi komputasi digunakan untuk membuat model struktur (space frame) jembatan guna memperoleh gaya aksial, geser, dan momen yang terjadi.

Penelitian ini menggunakan 3 variabel desain yaitu trial 1, trial 2, dan trial 3 dengan variasi 2 jenis kabel (ASTM A 416-74 grade 270 dan Euronorme 138-79) dan jumlah kabel ($N = 2, 3, \text{ dan } 4$). Tiga variabel desain akan dipilih yang paling efisien berdasarkan kroscek penampang kabel.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa trial 2 merupakan desain jembatan yang paling efisien, hal itu diperoleh berdasarkan kroscek aksial penampang kabel, dan variasi kabel yang dipilih adalah jenis kabel ASTM A 416-74 grade 270. Kabel ASTM A 416-74 grade 270 dipilih karena memiliki luas penampang strand yang lebih kecil namun memiliki tegangan putus yang lebih besar dibandingkan dengan kabel Euronorme 138-79.

Kata Kunci: hitung ulang struktur, jembatan, cable stayed.

Abstract

The purpose of this research is to redesign of bridge using cable stayed method with cable variation in main bearer structure to get a sturdy design but remain flexible, efficient and can withstand load in long span.

This research is using case study method. This research discuss the process of redesign upper structure of Batoq Maleq Suspension Bridge using cable stayed method. The data collection techniques are from literature and computational simulations. Literature is used to obtain rules, formulas and steps used to calculate the structure. Computational simulation is used to create a model of a bridge (space frame) to obtain the axial force, shear, and moment that occur.

This research using three design variables are: trial 1, trial 2, and trial 3 wich all of them have 2 types of cables (ASTM A 416-74 grade 270 and Euronorme 138-79) and number of cables ($N = 2, 3, \text{ and } 4$). From those variables will be selected with the most efficient based on cable cross-section control.

The result shows that trial 2 was the most efficient design for bridge, it was obtained based on the axial control of cable cross section, and the selected type is ASTM A 416-74 grade 270. ASTM A 416-74 grade 270 wire has selected because it has strand cross-sectional smaller than others but has a larger stress-off compared with Euronorme 138-79.

Keywords: re-design structure, bridge, cable stayed.

PENDAHULUAN

jembatan Batoq Maleq yang terletak di kecamatan Long Pahangai kabupaten Mahakam Ulu provinsi Kalimantan Timur menggunakan metode cable stayed. Jembatan ini penghubung antara desa Batoq dan Maleq, serta sebagai akses ekonomi daerah tersebut. Jembatan Batoq Maleq yang sekarang memiliki dimensi 64 m x 1,7 m untuk struktur atas, dengan lebar 1,7 m jembatan tersebut hanya mampu dilewati pejalan kaki dan

pengendara motor, hal tersebut dirasa kurang memadai untuk perkembangan ekonomi masyarakat daerah sekitar. Peneliti berupaya memperlebar struktur atas jembatan agar kedepan jembatan Batoq Maleq dapat dilewati kendaraan angkut, kendaraan bermuatan material, dsb.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pemilihan metode cable stayed merupakan alternatif yang tepat karena selain bentuknya yang fleksibel namun tetap kokoh dan dapat menahan beban dalam bentang panjang.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain ulang jembatan menggunakan metode cable stayed dengan variasi kabel pada struktur pemikul utama untuk mendapatkan desain yang kokoh namun tetap fleksibel dan efisien serta dapat menahan beban dalam bentang panjang.

Berdasarkan peleburan tujuan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) Apa dasar peraturan yang dipakai dalam perencanaan Jembatan cable-stayed? (2) Beban apa saja yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur atas jembatan Gantung Batoq Maleq? (3) Data apa saja yang dihasilkan dari analisa struktur atas perencanaan jembatan Gantung Batoq Maleq menggunakan metode cable stayed? (4) *Output* apa yang perlu diperhatikan pada variasi kabel untuk menentukan jembatan cable stayed yang efisien?

Didasari bahwa isi penelitian ini dapat meluas, sehingga dapat mengenai pada tujuan semula. Oleh karena itu perlu adanya batasan masalah agar ruang lingkup bahan fokus pada masalah-masalah yang direncanakan semula. Berikut adapun batasan masalahnya: (1) Perencanaan jembatan ini hanya meninjau struktur saja (tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi). (2) Perencanaan jembatan ini hanya meninjau struktur atas saja. (3) Beban kendaraan yang dihitung sesuai dengan keadaan kondisi lapangan, yaitu kendaraan kelas I, II, dan VI (Kepmen PU No 370/KPTS/M/2007). (4) Tidak merencanakan perkerasan jalan di jembatan. (5) Perumusan yang digunakan sesuai dengan literatur yang ada.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi tentang perencanaan jembatan cable stayed yang baik.

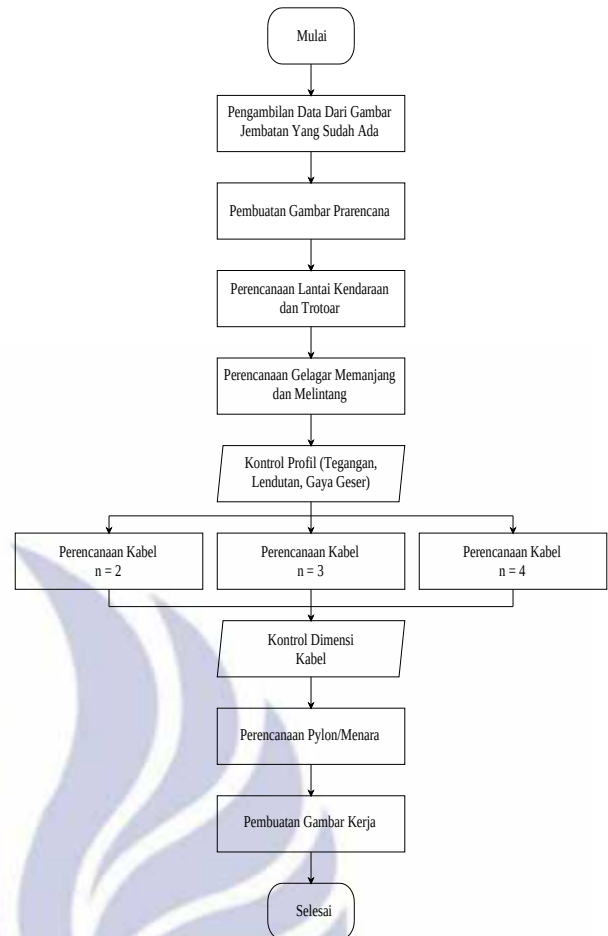
METODE

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan menggunakan metode studi kasus. Penelitian ini akan mendeskripsikan bagaimana perencanaan ulang struktur atas jembatan gantung Batoq Maleq menggunakan metode cable stayed. Data dikumpulkan dengan menggunakan kepustakaan, dan simulasi komputasi. Kepustakaan digunakan untuk memperoleh peraturan, rumus dan langkah-langkah yang digunakan untuk menghitung struktur. Simulasi komputasi digunakan untuk membuat model struktur (space frame) jembatan guna memperoleh gaya aksial, geser, dan momen yang terjadi.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

(1) Pengambilan Data Dari Gambar Yang Sudah Ada

Desain ulang jembatan Batoq Maleq memerlukan data awal (data eksisting) jembatan yang digunakan sebagai patokan untuk desain ulang. Data-data tersebut antara lain:

- Gambar jembatan yang sudah ada, (b) Panjang jembatan (64 m), (c) Lebar jembatan (1,7 m).
- Pembuatan Gambar Prarencana. Gambar rencana merupakan item gambar dalam menampilkan desain awal dari pembangunan jembatan sebelum gambar kerja dibuat. Pembuatan gambar rencana bertujuan untuk membuat konsep awal desain ulang jembatan.
- Perencanaan Lantai Kendaraan dan Trotoar. Berikut merupakan spesifikasi perencanaan lantai kendaraan dan trotoar; (a) Lantai Kendaraan ((1)) mutu beton (f_c') 30 MPa, ((2)) mutu baja (f_y) 250 MPa, ((3)) lebar jembatan 9 m (dua lajur), ((4)) bentang jembatan 64 m, ((5)) tebal Aspal 10 cm, ((6)) tebal plat 20 cm, ((7)) tebal hujan 5 cm. (b) Trotoar ((1)) mutu beton (f_c') 20 Mpa (sandaran), ((2)) mutu baja (f_y) 240 Mpa (BJ 37), ((3)) jarak antar tiang sandaran 3 m, ((4)) diameter pipa sandaran 41,20 mm, ((5)) berat pipa sandaran 4.10 kg/m, ((6)) tebal pipa sandaran 3,70 mm.
- Perencanaan Gelagar Memanjang dan

Melintang. Gelagar memanjang dan melintang direncanakan dengan profil baja WF.500.200.10.16 (gelagar memanjang) dan WF.900.300.16.28 (gelagar melintang), BJ-41. (5) Kontrol dilakukan guna mengetahui apakah perencanaan gelagar sudah memenuhi syarat yang berlaku. (6) Perencanaan kabel. Perencanaan kabel meliputi jarak antar kabel, jumlah kabel, dan dimensi kabel yang digunakan. Perencanaan kabel memiliki tiga variabel berdasarkan jumlah kabel (n) yaitu 2, 3, dan 4 buah kabel. (7) Kontrol dimensi kabel. Kontrol kabel dilakukan guna mengetahui apakah perencanaan kabel sudah memenuhi syarat yang berlaku sesuai literatur yang ada. (8) Perencanaan pylon/menara. Dalam perencanaan tinggi pylon harus benar-benar diperhatikan karena semakin pendek tinggi pylon maka gaya aksial yang dipikul oleh gelagar utama akan semakin besar. Tinggi pylon yang direncanakan adalah 19m. (9) Pembuatan gambar kerja. Gambar kerja merupakan output perencanaan **jembatan**.

HASIL PEMBAHASAN

Perencanaan Lantai Kendaraan

(1) Sandaran. (a) Panjang total jembatan = 64 m (b) Jarak tiang sandaran = 2 m (c) Bahan yang digunakan ((1)) Tiang sandaran Mutu beton $f'c = 20$ MPa, Mutu baja $f_y = 240$ MPa, tulangan pakai $4\phi 10$ ($A_{st} = 314$ mm²) ((2)) Pipa sandaran (type SCH 40), Diameter luar = 50,8 mm, berat pipa = 5,44 kg/m, tebal pipa = 3,9 mm, mutu baja = BJ 37. (2) Kerb: $h = 0,2$ m = 200 mm $b = 0,2$ m = 200 mm $l = 1$ m. tulangan pakai $\phi 10$ -250 ($A_s = 314$ mm²), kait dipasang sedalam 10 cm. (3) Pelat lantai kendaraan: D16-200 (A_s pasang = 1005 mm²) arah melintang, tulangan D13-250 (A_s pasang = 531 mm²) arah memanjang.

Perencanaan Gelagar

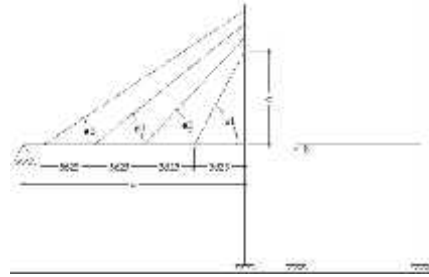
(1) Gelagar memanjang menggunakan WF.500.200.10.16 Bj-41, dengan stud konektor $64\phi 32$ -200 mm (Gelagar Melintang menggunakan WF. 900.300.16.28 Bj-41.

Perencanaan Kabel

(1) Jarak kabel pada gelagar direncanakan: *trial 1* = 7,25 m, *trial 2* = 4,833 m, *trial 3* = 3,625 m (2) Jenis kabel yang digunakan ASTM A 416-74 grade 270 dan Euronorme 138-79.

(2) Perhitungan penampang dan jumlah strand kabel:

Dimensi awal kabel didekati dengan persamaan berikut (Gimsing, 1983):



Gambar 2 Perencanaan awal kabel (*trial 3*).

$$Asc = \frac{(W\lambda + P)\cos\theta}{(0.7 \cdot f_u) \cdot (\sin\theta + \cos\theta) - \gamma \cdot a}$$

Keterangan:

Asc = Luas penampang kabel

W = Beban mati dan hidup merata

P = Beban terpusat

λ = Jarak antar angker kabel pada gelagar

θ = sudut kabel terhadap horizontal

γ = berat jenis kabel (77,01 kN/m³)

f_u = Tegangan putus kabel (1860 MPa) & (1770 MPa)

a = Jarak mendatar dari pylon ke angker kabel pada gelagar

Tabel 1 Perhitungan $W\lambda + P$ *trial 1, 2, & 3*

Keterangan	T1	T2	T3
W	600,389	408,689	312,929
P	104,68	104,68	104,68
λ	7,25	4,833	3,625
$W\lambda + P$	4457,5	2079,87	1239,05

Kabel T1 (*trial 1*)

$T1 = 7,250$ m; $\theta 1 = 40^\circ$; $W\lambda + P = 4378,92$

$$Asc_0 = \frac{(W\lambda + P)\cos\theta}{(0.7 \cdot f_u) \cdot (\sin\theta + \cos\theta) - \gamma \cdot a} = \frac{4378,92 \cdot \cos 40}{(0.7 \cdot 186000) \cdot (\sin 40 + \cos 40) - 77,01 \cdot 7,25} = 5236,81$$

Kabel tipe ASTM A 416-74 grade 270 ($\phi = 15,2$ mm; $A_s = 140$ mm²)

jumlah kabel (n) = $\frac{Asc_0}{A_{s1}} = \frac{5236,81}{140} = 37,4 \approx 38$ strand

$Asc_1 = n \cdot A_{s1} = 38 \cdot 140 = 5320$ mm²

Kabel tipe Euronorme 138-79 ($\phi = 15,7$ mm; $A_s = 150$ mm²)

jumlah kabel (n) = $\frac{Asc_0}{A_{s2}} = \frac{5236,81}{150} = 34,9 \approx 35$ strand

$Asc_2 = n \cdot A_{s2} = 35 \cdot 150 = 5250$ mm²

Tabel 2 Perhitungan penampang dan jumlah strand kabel (*trial 1*)

No	θ (°)	a (m)	$W\lambda + P$ (kN)	Asc_0 (mm ²)	A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	n ASTM	n Euronorme	Asc_1 (mm ²)	Asc_2 (mm ²)
T2	56	14,5	4457,5	6133,71	140	150	44	41	6160	6150
T1	40	7,25	4457,5	4473,06	140	150	32	30	4480	4500
T1'	40	7,25	4457,5	4473,06	140	150	32	30	4480	4500
T2'	56	14,5	4457,5	6133,71	140	150	44	41	6160	6150

Tabel 3 Perhitungan penampang dan jumlah strand kabel (trial 2)

No	θ (°)	a (m)	W λ +P (kN)	Asc ₀ (mm ²)	As ₁ (mm ²)	As ₂ (mm ²)	n ASTM	n Euronorme	Asc ₁ (mm ²)	Asc ₂ (mm ²)
T3	56	14,499	2079,87	2861,99	140	150	21	20	2940	3000
T2	48	9,666	2079,87	2390,09	140	150	18	16	2520	2400
T1	32	4,833	2079,87	1884,87	140	150	14	13	1960	1950
T1'	32	4,833	2079,87	1884,87	140	150	14	13	1960	1950
T2'	48	9,666	2079,87	2390,09	140	150	18	16	2520	2400
T3'	56	14,499	2079,87	2861,99	140	150	21	20	2940	3000

Tabel 4 Perhitungan penampang dan jumlah strand kabel (trial 3)

No	θ (°)	a (m)	W λ +P (kN)	Asc ₀ (mm ²)	As ₁ (mm ²)	As ₂ (mm ²)	n ASTM	n Euronorme	Asc ₁ (mm ²)	Asc ₂ (mm ²)
T4	56	14,5	1239,05	1704,98	140	150	13	12	1820	1800
T3	51	10,875	1239,05	1514,18	140	150	11	11	1540	1650
T2	43	7,25	1239,05	1302,34	140	150	10	9	1400	1350
T1	28	3,625	1239,05	1078,37	140	150	8	8	1120	1200
T1'	28	3,625	1239,05	1078,37	140	150	8	8	1120	1200
T2'	43	7,25	1239,05	1302,34	140	150	10	9	1400	1350
T3'	51	10,875	1239,05	1514,18	140	150	11	11	1540	1650
T4'	56	14,5	1239,05	1704,98	140	150	13	12	1820	1800

Gaya tiap kabel (P*) akibat kombinasi beban:

Kabel T1 (trial 1)

σ_1 = Tegangan tarik dalam kabel ($0.7 \cdot f_u = 1302$ MPa)

σ_2 = Tegangan tarik dalam kabel ($0.7 \cdot f_u = 1239$ MPa)

$P^* = 4457,5$ kN

$Asc_1 = \frac{4457,5}{1,302} = 3423,58$ mm²

$Asc_2 = \frac{4457,5}{1,239} = 3597,66$ mm²

Kroscek penampang berdasarkan gaya kabel P

Kabel T1 (trial 1)

$Asc_{aktual1} = 4480$ mm²

$P_n = 1,302 \cdot 4480 = 5832,96$ kN

$\phi P_n = 0,9 \cdot 5832,96 = 5249,66$ kN

$\phi P_n > P$ OK!

$5249,66$ kN $> 4457,5$ kN OK!

$Asc_{aktual2} = 4500$ mm²

$P_n = 1,239 \cdot 4500 = 5575,50$ kN

$\phi P_n = 0,9 \cdot 5575,50 = 5017,95$ kN

$\phi P_n > P$ OK!

$4995,65$ kN $> 4457,5$ kN OK!

Kabel aman dan kuat.

Kabel akan mengalami lendutan akibat berat sendiri, tetapi dalam analisa dapat digunakan kabel yang lurus dengan koreksi pada nilai modulus elastisitasnya (Munaf dan Ryanto, 2004).

$$E_{eq} = \frac{E}{1 + \frac{7 \cdot l^2}{12 \cdot \sigma \cdot E}}$$

Keterangan:

E_{eq} = Modulus elastisitas ekuivalen

E = Modulus Elastisitas kabel (200000 MPa)

γ = Berat jenis kabel ($77,01$ kN/m³ = $77,01 \cdot 10^{-6}$ N/mm³)

σ = Tegangan tarik dalam kabel ($0.7 \cdot f_u = 1302$ MPa)

l = jarak titik gantung kabel ($\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$)

Perhitungan modulus elastisitas ekuivalen:

Kabel T1 (trial 1)

$a_i = 7,250$ m; $b = 0$ m; $c_i = 8,720$ m

$l = \sqrt{7,250^2 + 0^2 + 8,720^2} = 11,34$ m

$$E_{eq} = \frac{200000}{1 + \frac{(77,01 \cdot 10^{-6} \cdot 11,34)^2}{12 \cdot 1302^2} \cdot 200000} = 199999,999998848 \text{ MPa}$$

Tabel 5 Perhitungan modulus elastisitas ekuivalen (trial 1)

No	ai (m)	ci (m)	l (m)	E _{eq} (MPa)
T2	14,5	9,72	17,46	199999,99999727
T1	7,25	8,72	11,34	199999,999998848
T1'	7,25	8,72	11,34	199999,999998848
T2'	14,5	9,72	17,46	199999,99999727

Tabel 6 Perhitungan modulus elastisitas ekuivalen (trial 2)

No	ai (m)	ci (m)	l (m)	E _{eq} (MPa)
T3	14,499	9,72	17,46	199999,99999727
T2	9,666	8,72	13,02	199999,999998482
T1	4,833	7,72	9,11	199999,999999257
T1'	4,833	7,72	9,11	199999,999999257
T2'	9,666	8,72	13,02	199999,999998482
T3'	14,499	9,72	17,46	199999,99999727

Tabel 7 Perhitungan modulus elastisitas ekuivalen (trial 3)

No	ai (m)	ci (m)	l (m)	E _{eq} (MPa)
T4	14,5	9,72	17,46	199999,99999727
T3	10,875	8,72	13,94	199999,99999826
T2	7,25	7,72	10,59	199999,999998996
T1	3,625	6,72	7,64	199999,999999477
T1'	3,625	6,72	7,64	199999,999999477
T2'	7,25	7,72	10,59	199999,999998996
T3'	10,875	8,72	13,94	199999,99999826
T4'	14,5	9,72	17,46	199999,99999727

Dari tabel 4.13, 4.14, 4.15 dapat diamati bahwa koreksi modulus elastisitas yang terjadi sangat kecil (kurang dari 0,5%) sehingga dapat diabaikan. Hal ini berarti lendutan kabel yang terjadi sangat kecil sehingga dapat sebagai kabel lurus.

Perhitungan struktur pylon

Material: Baja (BJ-41)

$f_y = 250$ MPa

$f_u = 410$ MPa

Pylon menggunakan system fan cable

Tinggi pylon:

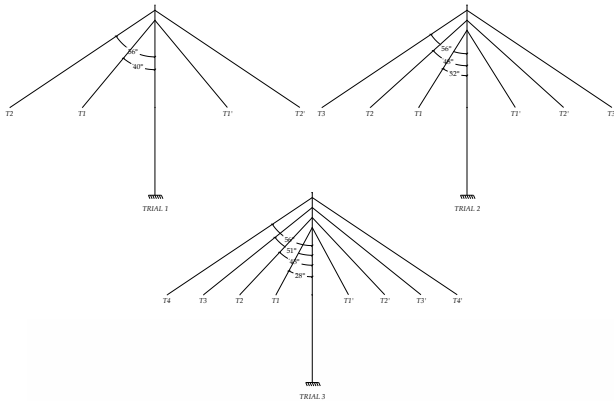
$h = L/6$

$h = 64/6 = 10,667$ m atau

$h = 0,291 \cdot L$

$h = 0,291 \cdot 64 = 18,624$ m

Direncanakan tinggi pylon 19 m.



Gambar 3 Perencanaan pylon (trial 1, 2, dan 3).

Tabel 8 Perhitungan gaya aksial pada pylon (trial 1)

No	α (°)	T (kN)
T2	56	4457.5
T1	40	4457.5
T1'	40	4457.5
T2'	56	4457.5

Tabel 9 Perhitungan gaya aksial pada pylon (trial 2)

No	α (°)	T (kN)
T3	56	2079.87
T2	48	2079.87
T1	32	2079.87
T1'	32	2079.87
T2'	48	2079.87
T3'	56	2079.87

Tabel 10 Perhitungan gaya aksial pada pylon (trial 3)

No	α (°)	T (kN)
T4	56	1239.05
T3	51	1239.05
T2	43	1239.05
T1	28	1239.05
T1'	28	1239.05
T2'	43	1239.05
T3'	51	1239.05
T4'	56	1239.05

Gaya aksial total (T) trial 1 = 17830 kN

Gaya aksial total (T) trial 2 = 12479,22 kN

Gaya aksial total (T) trial 3 = 9912,4 kN

$$A_{perlu1} = \frac{17830}{20 \times 10^{-3}} = 594333,3333 \text{ mm}^2 = 5943,33 \text{ cm}^2$$

$$A_{perlu2} = \frac{12479,22}{80 \times 10^{-3}} = 415974 \text{ mm}^2 = 4159,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{perlu3} = \frac{9912,4}{80 \times 10^{-3}} = 330413,3333 \text{ mm}^2 = 3304,13 \text{ cm}^2$$

*Asumsi akibat pengaruh momen lentur 50%, maka:

$$A_{tot1} = (1+50\%) \times 5943,33 = 8915 \text{ cm}^2$$

$$A_{tot2} = (1+50\%) \times 4159,74 = 6239,61 \text{ cm}^2$$

$$A_{tot3} = (1+50\%) \times 3304,13 = 4956,2 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas penampang } A = b \times 2b = 2b^2$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{A_{tot1}}{2}} = \sqrt{\frac{8915,22}{2}} = 66,76 \text{ cm}^2 \approx 70 \text{ cm}^2$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{A_{tot2}}{2}} = \sqrt{\frac{6239,61}{2}} = 55,86 \text{ cm}^2 \approx 70 \text{ cm}^2$$

$$b_3 = \sqrt{\frac{A_{tot3}}{2}} = \sqrt{\frac{4956,2}{2}} = 49,78 \text{ cm}^2 \approx 70 \text{ cm}^2$$

$$h = 70 \times 2 = 140 \text{ cm}^2$$

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dari analisa dan perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan (1) Panjang total bentang jembatan 64 m dan lebar jembatan 9 m dengan konfigurasi kabel berupa fan system. (2) Railing jembatan berupa profil baja spun (type SCH 40) (3) Tiang sandaran beton ukuran 200*200*1200 mm (4) Kerb ukuran 200*200 mm (5) Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal floor deck 1 mm dan pelat beton bertulang 200 mm. (6) Gelagar memanjang menggunakan WF 500.200.10.16 Bj-41. (7) Gelagar melintang menggunakan WF 900.300.16.28 Bj-41. (8) Jenis kabel menggunakan ASTM A 416-74 ($f_u = 1860$) grade 270 dan Euronorme 138-79 ($f_u = 1770$). (9) Tinggi total pylon 19 m (10,22 m pylon atas dan 8,78 m pylon bawah). Dimensi pylon 140 cm² diameter bawah dan 70 cm² diameter atas. (10) Perencanaan sambungan menggunakan pelat penyambung $t_b = 20$ mm; BJ 37, Baut db = 19 mm; A 325 (mutu tinggi), Φ lubang = 19 + 3 = 22 mm (dibor). (11) Desain perletakan jembatan menggunakan Steel-reinforced bearing. (12) Output yang perlu diperhatikan pada variasi kabel adalah gaya aksial yang diterima oleh kabel dan tegangan putus pada jenis kabel yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2005. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan. Indonesia: Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen PU Bina Marga. 2005. Standar Pembebanan Untuk Jembatan.
- Departemen PU Bina Marga. 2005. Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.
- Departemen PU Bina Marga. 1992. Bridge Management System.
- Gimsing, Neils J. dan Christos T. Georgakis. 2012. Cable Supported Bridges: Concepts and Design. West Sussex: John Wiley and Sons.
- Hendri. 2010. Desain Jembatan Cable Stayed Malangsari-Banyuwangi dengan Two

Vertical Planes System. Surabaya. FTSP-ITS.

Kepmen PU No 370/KPTS/M/2007.

Prasetyo, Wahyu. 2013. Perencanaan Ulang Jembatan Sungai Brantas pada Jalan Tol Kertosono–Mojokerto dengan Metode Cable Stayed. Jember. Universitas Jember.

Setiawan, Agus. 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Jakarta: Erlangga.

Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Mutohar. 2007. Jembatan. Yogyakarta: ISBN.

Troitsky, S.. 1997. Cable Stayed Bridges Theory and Design. Callifornia: Crosby Lockwood Staples.

