

ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIAN BAJA KANAL DAN BAJA SIKU STRUKTUR JEMBATAN PIPA AIR

Zaprulloh Ahmad¹, Nurul Chayati², Noor Ida Hayati²

¹Alumni Program Studi Teknik Sipil — Fakultas Teknik — UIKA Bogor

²Dosen Tetap Program Teknik Sipil — Fakultas Teknik — UIKA Bogor — idam_pi@yahoo.com

ABSTRAK

ANALISIS PERBANDINGAN PEMAKAIAN BAJA KANAL DAN BAJA SIKU STRUKTUR JEMBATAN PIPA AIR. Efisiensi perancangan jembatan rangka baja salah satunya dipengaruhi oleh pemilihan jenis profil yang digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan Studi kasus pada pembuatan jembatan pipa air PDAM lokasi jembatan Situ duit Warung Jambu Bogor, dengan membandingkan pemakaian profil siku dengan profil kanal. Perancangan ini didasarkan atas peraturan pembebanan SNI 03-1727-1989, Tata cara perencanaan struktur baja SNI 03-1729-2002.

Dari hasil analisis diketahui bahwa struktur rangka jembatan dengan profil siku maupun kanal sama-sama aman, karena kapasitas masing-masing profil memenuhi kekuatan, namun demikian jika dilihat dari berat jembatan rangka baja siku lebih besar dari pada jembatan rangka baja kanal.

Kata kunci : Rangka baja, profil siku dan kanal, pipa air.

ABSTRACT

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF STEEL CHANNEL BRIDGE STRUCTURES AND STEEL PIPE ELBOW WATER). Efficiency of steel frame bridge design is influenced by the selection of one type of profile used. The research was conducted with case study on creating a bridge taps water pipe bridge site Situ money Warung Jambu Bogor, by comparing the use of angled profile with a profile channel. The design is based on SNI 03-1727-1989 loading regulations, steel structural design procedure for SNI 03-1729-2002.

From the analysis of the bridge is known that the skeletal structure and canal with angled profile is equally safe, because their capacity to meet the power profile, however, when viewed from the weight of the bridge angled steel frame is greater than the steel framework of the canal bridge.

Key words : steel frame, angled profile and canals, water pipes.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Jembatan adalah suatu bangunan atau konstruksi yang memungkinkan suatu jalan menyilang saluran air, lembah atau menyilang jalan lainnya yang tidak sama tinggi permukaannya dan lalu-lintas jalan tersebut tidak terputus karenanya. Pada umumnya jembatan digunakan untuk memperlancar arus lalu-lintas kendaraan, manusia atau makhluk hidup lainnya, tetapi sekarang ini banyak kita temui jembatan yang digunakan sebagai kontruksi untuk memperlancar aliran air sehingga air tersebut bisa melintasi sungai, lembah atau lain sebagainya.

Kebutuhan air minum di kota besar seperti Bogor dan Jakarta sekarang ini merupakan kebutuhan yang sangat vital oleh sebab itu upaya pembangunan, peningkatan perawatan atau perbaikan sistem jaringan air minum merupakan pekerjaan yang sangat mendesak. Proyek perbaikan jembatan pipa PDAM yang ada di Warung jambu yang rusak akibat banjir yang tertadi pada awal bulan Pebruari 2007 merupakan salah satu pekerjaan yang sangat mendesak untuk

segera direalisasikan karena sangat dibutuhkan oleh masyarakat banyak

Efisiensi jembatan rangka baja salah satunya dipengaruhi oleh pemilihan jenis profil yang digunakan. Penelitian ini dilakukan dengan Studi kasus pada pembuatan jembatan pipa air PDAM lokasi jembatan Situ duit Warung Jambu Bogor, dengan membandingkan pemakaian profil siku dengan profil kanal.

1.2. Tujuan penelitian

Tujuan penyusunan tugas akhir ini untuk meningkatkan penguasaan masalah dibidang perancangan jembatan, adapun tujuannya adalah untuk menghitung efisiensi penggunaan profil siku dan profil kanal pada struktur jembatan.

1.3. Batasan masalah

Didalam pembuatan/penyusunan tugas akhir ini, penyusun membatasi hanya pada perbandingan penggunaan profil siku dan profil kanal pada struktur jembatan rangka baja, berdasarkan berat pada masing-masing bahan tersebut

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Jembatan ialah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang saluran air, lembah atau menyilang jalan lainnya yang tidak sama tinggi permukaannya. Apabila selisih tinggi muka jalan dan muka air saluran yang disilang tidak cukup besarnya, dibuatkan suatu syphon. Untuk saluran air yang menyilang jalan dengan dasar salurannya cukup tinggi diatas muka jalan itu tadi, dibuatkan talang.

Fungsi jembatan adalah penghubung antara daerah yang satu dengan lainnya yang melintasi rintangan supaya lalulintas tidak terputus di tempat itu.^[1]

2.4. Jembatan Rangka^[3]

Menurut struyk dan van Der Veen (1984) jembatan rangka adalah jembatan yang gelagar utamanya berbentuk rangka baja yang berfungsi menyalurkan beban ke struktur bawah jembatan.

Fabrikasi jembatan rangka membutuhkan tenaga-tenaga ahli pada bidangnya dan melaksanakan pekerjaan sesuai dengan petunjuk (gambar dan spesifikasi). Ketelitian sangat diperlukan supaya seluruh bagian yang dibuat dapat cocok satu sama lain sehingga dapat mempermudah pemasangannya.

Keuntungan dari penggunaan jembatan rangka baja prapabrikasi di Indonesia adalah sebagai berikut:

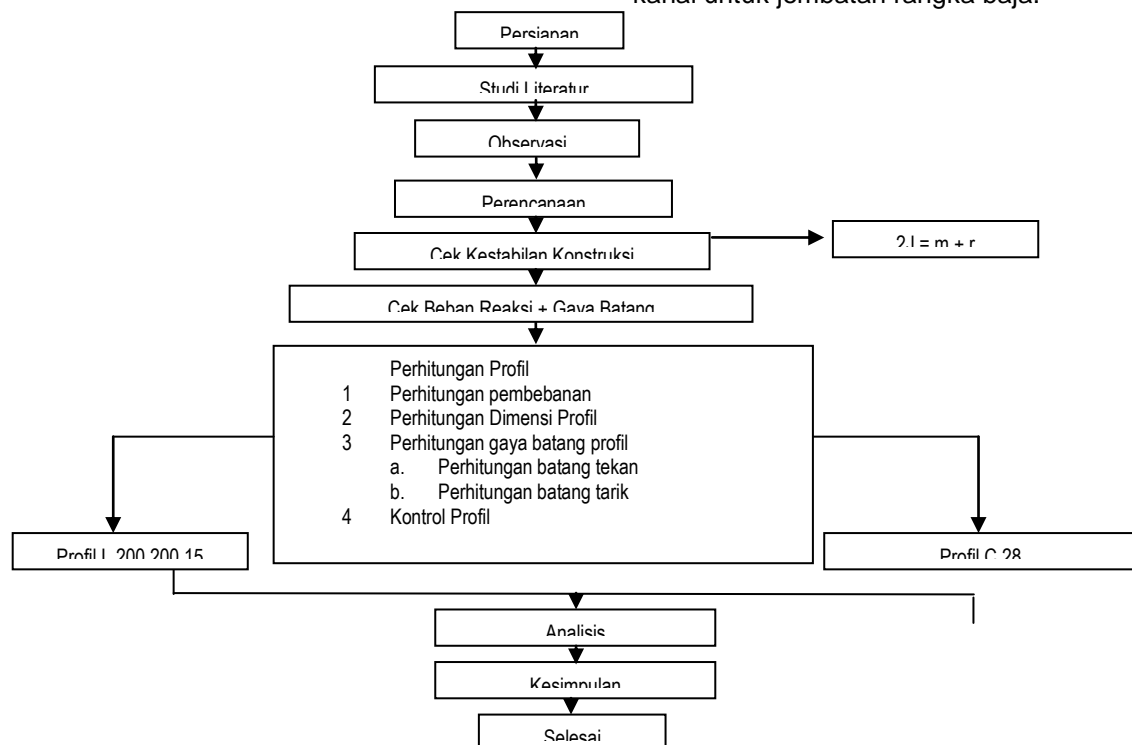
- 1) Komponen standar dapat disimpan siap pakai untuk diangkat ke lokasi.
- 2) Rencana/gambar dan bahan tersedia untuk segera dimulai setelah panjang dan konfigurasi jembatan ditentukan sehingga perencanaan lebih sederhana.
- 3) Produksi massal dapat mengurangi biaya dan menjamin mutu komponen.
- 4) Tahapan standar mengurangi masalah pemasangan dan keperluan supervisi.
- 5) Mudah dalam pengangkutannya.
- 6) Penyimpanan dan penanganan dari komponen lebih mudah dengan peralatan minimum.
- 7) Hubungan atau sambungan lapangan cukup sederhana.
- 8) Pemasangan relatif cepat (<12 bulan).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi

Pengumpulan data-data untuk pembuatan/penyusunan tugas akhir ini, penyusun mendapatkan atau mengumpulkan data yang sebenarnya / asli dari lokasi yang dijadikan rencana pembuatan jembatan ini, karena dengan data yang asli akan dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya, adapun metodologi yang dipergunakan sebagai berikut:

Melakukan perhitungan profil siku dan profil kanal untuk jembatan rangka baja.



Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

4. ANALISIS PEMAKAIAN PROFIL SIKU DAN PROFIL KANAL

4.1. Data Jembatan

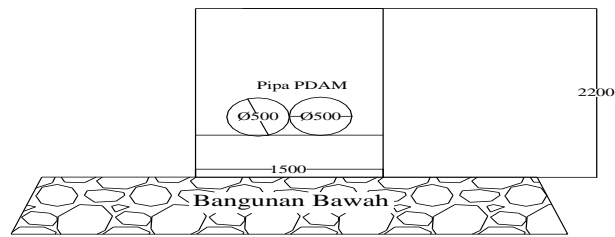
Dengan data jembatan :

- 1) Tinggi jembatan = 2.200 mm = 2,2 m
- 2) Panjang jembatan = 56.000 mm = 56 m
- 3) Lebar jembatan = 1.500 mm = 1,5 m
- 4) Jenis konstruksi = Rangka batang baja
- 5) Mutu Baja = 34 = 340 Mpa



Penampang perpipaan dengan rangka disisi jembatan

Gambar 2 Tampak Memanjang Jembatan



Gambar 3 Tampak Melintang Jembatan

4.4 Perhitungan Pembebanan

Beban yang didukung jembatan pipa PDAM terdiri dari beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya, beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat air yang bergerak pada jembatan, dan beban angin. Beban mati mencakup berat sendiri rangka baja dan pipa PDAM sedang beban hidup terdiri dari berat air. Sesuai dengan Tata cara perencanaan struktur baja SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2, jembatan minimal harus mampu menahan beban kombinasi sebagai berikut:

- 1) $1,4 D$
- 2) $1,2 D + 1,6 L + 0,5 La$
- 3) $1,2 D + 1,3 W + L + 0,5 La$, dengan D = beban mati, L = beban hidup, W beban angin dan La = beban pekerja dan peralatan

Dalam perhitungan pembebanan perencanaan jembatan ini karena struktur rangka simetris maka perhitungan pembebanannya di ambil hanya satu sisi saja, sehingga dilakukan perhitungan sebagai berikut:

4.5 Data Pembebanan Pada Baja Profil L 200.200.15

Data Baja Profil L :

Beban mati

- 1) Berat pipa Ø 500 mm sebesar = 192,64 kg/m (PDAM)
- 2) Berat profil L 200.200.15 sebesar = 45,3 kg/m
- 3) Beban angin (kurang dari 9 m) = 75 kg/m²
- 4) Beban hidup = $\frac{1}{4} \pi \varnothing^2 \times b_j \text{ air} = \frac{1}{4} (3,14) \times 0,5^2 \times 1000 = 196,25$ kg/m
- 5) Beban pekerja dan peralatan = 100 kg/m

Tabel 1 Perhitungan pembebanan profil siku

No	Uraian	Jumlah Batang (Batang)	Panjang profil (m)	Jumlah Profil (batang)	Berat Perbatang (kg)	Jumlah (kg/m)	Type Profil
I	Rangka baja						
1	batang horisontal atas	27	2	2	45.3	4,892.400	2L200.200.15
2	batang horisontal bawah	28	2	2	45.3	5,073.600	2L200.200.15
3	batang diagonal	57	2.417	2	14.9	4,105.516	2L100.100.10
	Total berat I					14,071.516	
II	Rangka tambahan angin Dan Pipa	29	1.5	1	14.9	648.150	2L100.100.10
		28	2.23	1	14.9	930.356	2L100.100.10
	Total berat II					1,578.506	
III	Sambungan	59			30	1,770.000	
IV	Pipa		56		192.64	10,787.840	
V	air		56		196.25	10,990.000	
VIII	pekerja		56		100	5,600.000	

Hasil perhitungan beban mati dari tabel 1:

- 1) Berat rangka baja = 14.071,516 kg

2) Sambungan	= 1.770,00 kg	
3) Berat tambatan angin dan pipa		= 1.578,506 kg
4) Berat pipa		= 10.787,84 kg
Total Berat beban mati (D)		= 28.207,862 kg
Perhitungan beban hidup dari air		= 10.990,00 kg
Beban pekerja dan alat = 100 kg/m x 56 m		= 5.600,00 kg
Kombinasi pembebanan:		
1) 1,4 D = 1,4		= 39.491,00708 kg
2) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 La		= 54.233,435 kg
3) 1,2 D + 1,3 W + L + 0,5 La		= 51.243,035 kg
Dari ketiga kombinasi pembebanan tersebut dipilih yang terbesar		
		= 54.233,435 kg
Beban tiap titik buhul (P)		P = 54233,435/29
		= 1.870,118 kg
Reaksi Perletakan		
(Ra) = 54.233,435/2		= 27.116,717 kg

4.6 Data Pembebanan pada Baja Profil C 28

Data Baja Profil Kanal

Beban mati		
1) Berat pipa Ø 500 mm sebesar		= 192,64 kg/m
2) Berat propil C28 sebesar		= 41,8 kg/m
3) Beban angin (konstruksi kurang dari 9 m)		= 75 kg/m ²
4) Beban hidup sebesar = $\frac{1}{4} \Pi \text{Ø}^2 \times \text{bj air}$		= $\frac{1}{4} (3,14) \times 0,5^2 \times 1000$
		= 196,25 kg/m
5) Beban pekerja dan peralatan		= 100 kg/m

Tabel 2 Perhitungan pembebanan profil kanal

NO	URAIAN	Jumlah batang (batang)	Panjang profil (m)	Jumlah Profil (batang)	Berat Perbatang (kg)	Jumlah	Type Profil
I	Rangka baja						
1	batang horisontal atas	27	2	2	41.8	4,514.400	2C28
2	batang horisontal bawah	28	2	2	41.8	4,681.600	2C28
3	batang diagonal	57	2.417	2	13.4	3,692.209	2C12
						12,888.209	
II	Rangka tambatan angin Dan Pipa	29	1.5	1	13.4	582.900	2C12
		28	2.23	1	13.4	836.696	2C12
						1,419.596	
III	Sambungan	59			30	1,770.000	
IV	Pipa		56		192.64	10,787.840	
V	air		56		196.25	10,990.000	
VIII	pekerja		56		100	5,600.000	

4.7 Perhitungan Dimensi Profil

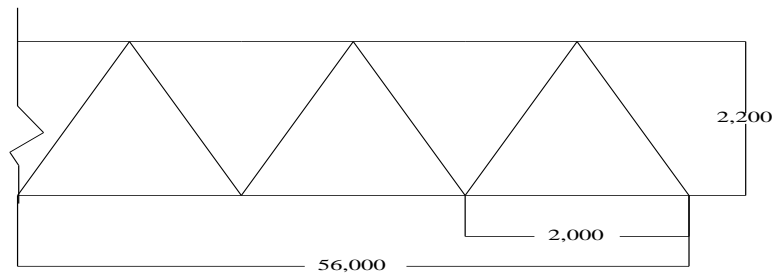
Perhitungan struktur untuk mengetahui besarnya gaya pada masing masing batang dilakukan dengan metode kesetimbangan joint dan perhitungan ini dilakukan dengan cara manual, pemilihan metode ini didasarkan atas pertimbangan kesederhanaan, keakuratan nilai yang dihasilkan dan memudahkan untuk dilakukan pengecekan. Metode kesetimbangan joint didasarkan atas *resultan* gaya yang terjadi pada suatu *joint* sama dengan nol atau $\sum F_v = 0$ dan $\sum F_h = 0$. Untuk memudahkan dalam perhitungan akan

diberikan notasi (ha) untuk batang horisontal atas, (hb) untuk batang horisontal bawah dan (d) untuk batang diagonal. Pemberian nomor urut batang yang dimulai dari sebelah kiri ke kanan.

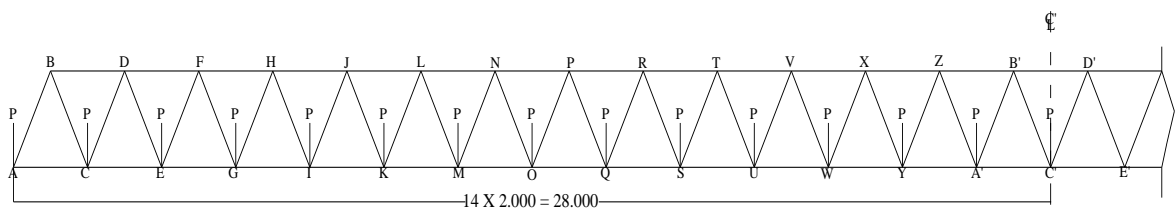
Karena struktur dan beban simetris, maka perhitungan gaya batang bisa dilakukan dengan hanya menghitung setengah dari jembatan rangka batang dan pengecekan bisa dilakukan dengan membandingkan besaran gaya batang yang berlaku pada batang yang simetris harus sama.

Dengan data jembatan :

- 1) Tinggi rangka jembatan = 2200 mm = 2,2 m
- 2) Panjang antar joint jembatan = 2000 mm = 2,0 m
- 3) Lebar rangka jembatan = 1500 mm = 1,5 m
- 4) sin 65 = 0,91
- 5) cos 65 = 0,414



Gambar 4 Potongan Jembatan



Gambar 5 Denah Masing-masing Joint

Dari hasil pengecekan besaran gaya pada batang yang semestris untuk batang horizontal bagian atas $h_{b13} = h_{b15}$, batang Untuk perhitungan dimensi rangka batang dipilih

- 1) Batang diagonal terjadi pada batang tekan
- 2) Batang diagonal terjadi pada batang tarik
- 3) Batang horizontal atas terjadi pada batang
- 4) Batang horizontal bawah terjadi pada batang

horizontal bagian bawah $h_{b15} = h_{b14}$ dan batang diagonal $d_{26} = d_{31}, d_{27} = d_{30}, d_{28} = d_{29}$, sehingga hasil perhitungan sudah benar.

gaya yang terbesar pada masing masing batang :

- (d_1) = **-27743,515 kg** (tekan)
- (d_2) = **27743,515 kg** (tarik)
- (h_{a14}) = **-155271,207 kg** (tekan)
- (h_{b15}) = **166331,622 kg** (tarik)

Dari hasil pengecekan besaran gaya pada batang yang semestris untuk batang horizontal bagian atas $h_{b13} = h_{b15}$, batang

horizontal bagian bawah $h_{b15} = h_{b14}$ dan batang diagonal $d_{26} = d_{31}, d_{27} = d_{30}, d_{28} = d_{29}$, sehingga hasil perhitungan sudah benar.

Untuk perhitungan dimensi rangka batang dipilih

- 1) Batang diagonal terjadi pada batang tekan
- 2) Batang diagonal terjadi pada batang tarik
- 3) Batang horizontal atas terjadi pada batang
- 4) Batang horizontal bawah terjadi pada batang

gaya yang terbesar pada masing masing batang :

- (d_1) = **-26919,570 kg** (tekan)
- (d_2) = **26919,570 kg** (tarik)
- (h_{a14}) = **-150659,860 kg** (tekan)
- (h_{b15}) = **161391,795 kg** (tarik)

4.8 Perhitungan Profil Baja Siku

Untuk perhitungan dimensi jembatan digunakan rumus :

Batang tekan :

- 1) $\lambda_c = \frac{k \cdot I_k}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)
- 2) $\lambda_c \leq 0,25$ harga $\omega = 1$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)
- 3) $0,25 < \lambda_c \leq 1,2$ harga $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)
- 4) $\lambda_c > 1,2$ harga $\omega = 1,25 \lambda_c^2$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)

$$5) \quad Ag \leq \frac{Nu \cdot \omega}{0,85 fy}$$

Tabel 3 Perhitungan batang tekan baja siku

Batang	Gaya (kg)	Panjang (cm)	λ_c	ω	f_y (kg/cm ²)	Ag perlu (cm ²)	Ag dipakai (cm ²)	Profil
ha14	-155271,207	200,000	0,340	1,103	2100	-95,946	115,500	2L200.200.15
d1	-27743,515	241,700	1,296	2,100	2100	-32,632	38,000	2L100.100.10

Batang tarik :

- 1) $Nu \leq \Phi N_n$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)
- 2) $Nu \leq 0,75 Ae \cdot fu$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)
- 3) $Nu \leq 0,75 \cdot 0,9 \cdot Ant \cdot fu$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)
- 4) $Nu \leq 0,75 \cdot 0,9 \cdot fu \cdot (Ag - n \cdot d \cdot t)$ atau (SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)
- 5) $Nu \leq 0,75 \cdot 0,9 \cdot fu \cdot (0,85 Ag)$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)
- 6) $Ag \leq \frac{Nu}{0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,85 fu}$ atau
- 7) $Ag \leq \left(\frac{Nu}{0,75 \cdot 0,9 fu} \right) + n \cdot d \cdot t$
- 8) $E = 2 \cdot 10^5$ Mpa
- 9) Jenis baja Bj 34 fu = 340 Mpa, fy = 210 Mpa = 2100 kg/cm²

Tabel 4 Perhitungan batang tarik baja siku

Batang	Gaya (kg)	Panjang (cm)	0,9*0,85	f_y (kg/cm ²)	Ag perlu (cm ²)	Ag dipakai (cm ²)	Profil
hb14							
&hb15	166331,622	200,000	0,765	2100	103,537	115,500	2L200.200.15
d2	27743,515	241,700	0,765	2100	17,270	38,000	2L100.100.10

4.9 Perhitungan Profil Baja Kanal

Untuk perhitungan dimensi jembatan digunakan rumus :

Batang tekan :

- 1) $\lambda_c = \frac{k \cdot I_k}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{fy}{E}}$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)
- 2) $\lambda_c \leq 0,25$ harga $\omega = 1$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)
- 3) $0,25 < \lambda_c \leq 1,2$ harga $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)
- 4) $\lambda_c > 1,2$ harga $\omega = 1,25 \lambda_c^2$ (SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.2)
- 5) $Ag \leq \frac{Nu \cdot \omega}{0,85 fy}$

Tabel 5 Perhitungan batang tekan baja kanal

Batang	Gaya (kg)	Panjang (cm)	λ_c	ω	f_y (kg/cm ²)	Ag perlu (cm ²)	Ag dipakai (cm ²)	Profil
ha14	-155271,207	200,000	0,340	1,103	2100	-93,097	106,600	2C28
d1	-27743,515	241,700	1,296	2,100	2100	-31,663	34,000	2C12

Batang tarik :

- 1) $Nu \leq \Phi N_n$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)
- 2) $Nu \leq 0,75 Ae \cdot fu$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)
- 3) $Nu \leq 0,75 \cdot 0,9 \cdot Ant \cdot fu$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)
- 4) $Nu \leq 0,75 \cdot 0,9 \cdot fu \cdot (Ag - n \cdot d \cdot t)$ atau (SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)

- 5) $Nu \leq 0,75 \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot (0,85 A_g)$ (SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)
- 6) $A_g \leq \frac{Nu}{0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,85 f_u}$ atau
- 7) $A_g \leq \left(\frac{Nu}{0,75 \cdot 0,9 f_u} \right) + n.d.t$
- 8) $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$
- 9) Jenis baja Bj 34 fu = 340 Mpa, fy = 210 Mpa = 2100 kg/cm²

Tabel 6 Perhitungan batang tarik baja kanal

Batang	Gaya (kg)	Panjang (cm)	0,9*0,85	fy (kg/cm ²)	Ag perlu (cm ²)	Ag dipakai (cm ²)	Profil
hb14 & hb15	166331,622	200,000	0,765	2100	100,462	106,600	2C28
d2	27743,515	241,700	0,765	2100	16,757	34,000	2C12

4.10 Hasil Pembahasan

Dari hasil pengecekan besaran gaya pada batang yang simetris untuk batang horisontal bagian atas $h_{b13} = h_{b15}$, batang horisontal bagian bawah $h_{b15} = h_{b14}$ dan batang diagonal $d_{26} = d_{31}$, $d_{27} = d_{30}$, $d_{28} = d_{29}$, sehingga hasil perhitungan sudah benar.

Hasil perhitungan pembebanan memperlihatkan bahwa berat baja profil kanal = 26.865,645 kg, dan berat baja profil siku = 26.865,645 kg sehingga dihasilkan berat baja profil kanal 4,996% lebih efisien dibandingkan dengan berat baja profil siku

Hasil perhitungan rangka batang dari profil siku maupun profil kanal, terlihat bahwa profil yang di gunakan menghasilkan gaya batang yang lebih besar dibandingkan dengan gaya batang yang di perlukan.

Dilihat dari kekuatan rangka jembatan dengan profil siku maupun kanal sama-sama aman, karena kapasitas masing-masing profil memenuhi kekuatan, namun demikian jika dilihat dari berat jembatan rangka baja siku lebih besar dari pada jembatan rangka baja kanal, dengan demikian pemakaian rangka baja profil kanal lebih efisien dilihat dari berat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Hasil perhitungan pembebanan didapatkan bahwa total beban mati untuk baja profil siku sebesar 28.207,862 kg.
- 2) Hasil perhitungan pembebanan didapatkan bahwa total beban mati untuk baja profil kanal sebesar 26.865,645 kg.

- 3) Hasil perhitungan pembebanan memperlihatkan bahwa berat baja profil kanal 4,996% lebih efisien dibandingkan dengan berat baja profil siku.

5.2. Saran

Mengingat kemampuan yang penulis miliki sangat terbatas, maka dalam hal ini saran yang dapat diberikan adalah :

- 1) Untuk penelitian yang akan datang penulis menyarankan supaya bentuk konstruksi rangkanya lebih bervariasi.
- 2) Untuk perencanaan konstruksi jembatan, sebaiknya membandingkan dengan jembatan lantai beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Iqbal H. Manu, *Konstruksi Jembatan Dasar*, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1978.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja*, SNI 03 – 1729 – 2002 – F.
- Hanis Burhan, *Konstruksi Baja*, Institut Teknologi Bandung.
- Heinz Friek, *Mekanika Teknik 2 Statika dan Kegunaannya*, Penerbit Yayasan Kanisius Yogyakarta, 1978.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga, *Peraturan Pembebanan*, SNI 03 – 1727 – 1989.
- Rudy, *Tabel Baja*
- Sunggono, K. H, *Buku Teknik Sipil*, Penerbit Nova, Bandung, 1995