

METODE KANTILEVER PELAKSANAAN JEMBATAN RANGKA BAJA SEI PUTING BENTANG 60 M

Matthew Gunawan¹, Rafael Reinaldo Lorens², Gunawan Budi Wijaya³, dan Handoko Sugiharto⁴

ABSTRAK: Jembatan Sei. Puting merupakan jembatan rangka baja yang direncanakan membentangi sungai aktif selebar 60 m. Pelaksanaan konstruksi jembatan hanya dimungkinkan untuk dilakukan dengan metode kantilever satu arah. Maka dari itu, akan didirikan struktur penunjang selama fase konstruksi, yaitu jembatan penyeimbang sepanjang 30 m yang akan dihubungkan dengan jembatan utama menggunakan batang penghubung. Jembatan penyeimbang dilengkapi dengan beban penyeimbang dan ankur. Dimensi beban penyeimbang dan ankur akan direkayasa dengan tujuan menghasilkan momen penahan untuk menahan momen guling akibat beban fase konstruksi. Selain itu, akan dilakukan pemeriksaan kapasitas pondasi dan defleksi pada ujung bentang jembatan kantilever 60 m saat fase konstruksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban penyeimbang yang optimal adalah kombinasi pasir berdimensi 10m x 8,8m x 2m dan sistem ankur. Angkur berupa 8 buah *channel* 200x80x7,5x11 dengan 4 buah tulangan berdiameter 19 mm pada masing-masing *channel*. Batang penghubung menggunakan profil WF 490x400x20x25. Seluruh sistem pondasi mampu memikul beban pada setiap fase dengan angka keamanan minimal 1,16. Nilai defleksi maksimum fase konstruksi adalah 399,81 mm, sehingga akan diberikan peninggian 600 mm pada pangkal jembatan. Seluruh elemen jembatan telah didesain untuk mampu menahan gaya dalam akibat pembebanan fase konstruksi dan fase layan dengan mengacu pada SNI 1725:2016.

KATA KUNCI: jembatan rangka baja, metode kantilever satu arah, ankur, beban penyeimbang, batang penghubung, fase konstruksi, fase layan

1. PENDAHULUAN

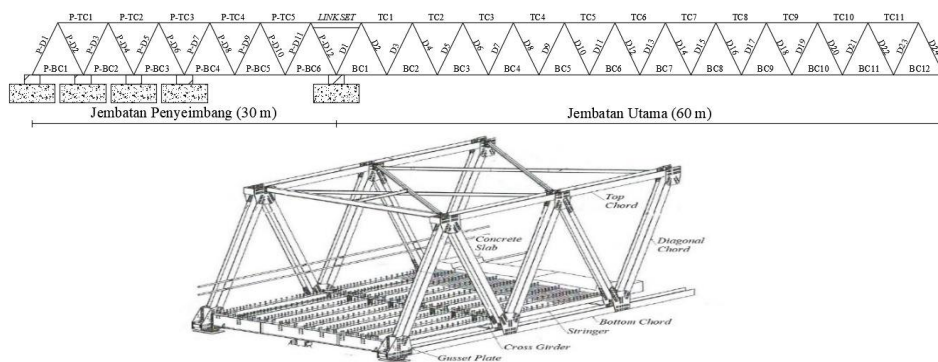
Jembatan Sei. Puting terletak di Kabupaten Tapin provinsi Kalimantan Selatan. Jembatan ini menghubungkan ruas Margasari – Marabahan dan didesain sebagai jembatan rangka baja dengan dimensi panjang 60 m yang terdiri atas 12 segmen; lebar 9,60 m; tinggi vertikal 6,55 m. Komponen rangka baja berupa *top chord*, *bottom chord*, dan *diagonal chord* didesain untuk menahan gaya aksial. Sedangkan *inner stringer* (WF 420x176x8x8), *outer stringer* (WF 250x150x8x8), dan *cross girder* (WF 930x280x12x20) didesain untuk menahan gaya geser dan momen. Bentang satu segmen adalah sama dengan jarak antar *cross girder*, yaitu 5 m. Sedangkan jarak antar balok *stringer* adalah 1,1 m (**Gambar 1**). Untuk menunjang keperluan metode konstruksi kantilever satu arah, akan didirikan jembatan penyeimbang sepanjang 30 m dengan modul serupa jembatan utama. Jembatan penyeimbang akan dilengkapi dengan ankur, dan beban penyeimbang yang diletakkan pada dua segmen terbelakang dari jembatan penyeimbang. Hal ini bertujuan untuk menahan momen pengguling akibat beban fase konstruksi. Seluruh elemen jembatan telah didesain untuk mampu memikul beban fase konstruksi dan fase akhir mengacu pada SNI 1725:2016.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21415143@john.petra.ac.id.

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, m21415091@john.petra.ac.id.

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, gunawanbw@petra.ac.id.

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, hands@petra.ac.id.



Gambar 1. Elemen Struktur Jembatan

2. LANDASAN TEORI

2.1. Umum

Terdapat dua jenis pemeriksaan terhadap komponen struktur jembatan. Pemeriksaan pertama adalah pemeriksaan terhadap kekuatan elemen (*strength*). Pemeriksaan kedua merupakan pemeriksaan dengan memerhatikan kenyamanan pengguna jembatan (*serviceability*).

2.2. Keadaan Batas Ultimit: Kapasitas Aksial

Beban aksial yang terjadi pada elemen struktur berupa dua kemungkinan, yaitu tarik atau tekan. Untuk kapasitas batang tarik, kapasitas elemen struktur tidak tereduksi oleh faktor tekuk seperti pada batang tekan dan dihitung sesuai dengan ketentuan pada RSNI T-03-2005.

2.3. Keadaan Batas Ultimit: Kapasitas Momen

Kemampuan profil baja dalam menahan lentur dibatasi oleh kekompakan profil dan pengaruh tekuk lateral. Sedangkan kemampuan struktur beton dalam menahan lentur berdasarkan kesetimbangan gaya antara penampang beton tertekan dengan penampang tulangan baja dalam kondisi tarik dan dihitung sesuai dengan ketentuan pada RSNI T-03-2005.

2.4. Keadaan Batas Ultimit: Kapasitas Geser

Kemampuan profil baja dalam menahan geser dipengaruhi oleh jarak pemasangan pengaku vertikal pada profil dan dihitung sesuai dengan ketentuan pada RSNI T-03-2005.

2.5. Kapasitas Baut dan Pelat Sambungan

Sambungan baut pada jembatan menggunakan tipe *High Strength Friction Grip Grade 8.8/TF*. Kapasitas baut terdiri dari kapasitas friksi dan kapasitas geser. Sedangkan kapasitas pelat sambung ialah berdasarkan kapasitas tumpu terhadap baut, kapasitas leleh pelat, dan kapasitas putus pelat dan dihitung sesuai dengan ketentuan pada RSNI T-03-2005.

2.6. Pembebanan Jembatan

Pembebanan jembatan dibagi menjadi dua fase, yaitu fase konstruksi dan fase layan. Beban pada fase konstruksi antara lain seperti beban peralatan, beban pekerja, dan *counterweight*. Beban pada fase layan terdiri dari beban mati berupa berat sendiri struktur dan beban hidup untuk jembatan. Beban hidup untuk jembatan terdiri dari beban terbagi rata, beban garis terpusat, dan beban truk. Dalam fase layan juga dilakukan perhitungan terhadap beban gempa sesuai dengan ketentuan pada SNI 1725:2016.

2.7. Metode Kantilever Satu Arah

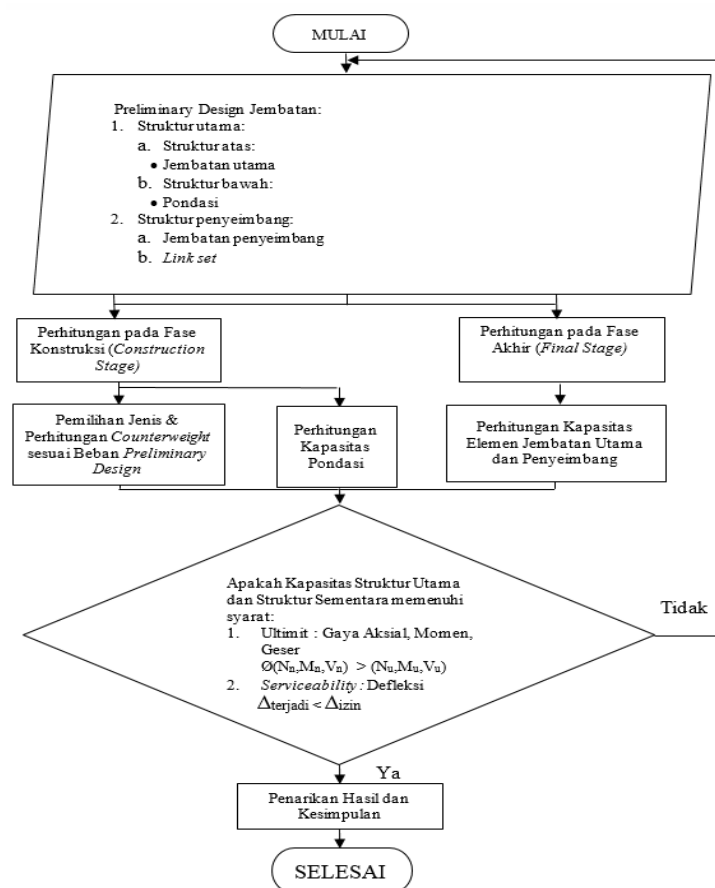
Dalam metode kantilever satu arah perlu diperhatikan kestabilan struktur terhadap guling. Perlu dilakukan rekayasa agar momen penahan lebih besar paling sedikit 1,25 kali dari momen pengguling. Momen pengguling merupakan kontribusi dari berat jembatan utama pada fase konstruksi (kantilever), berat pekerja pada jembatan utama, berat peralatan pada jembatan utama. Sedangkan momen penahan merupakan kontribusi dari berat jembatan penyeimbang, *counterweight*, dan kapasitas angkur yang terpasang di bagian belakang jembatan penyeimbang.

2.8. Keadaan Batas Layan: Defleksi

Perhitungan defleksi perlu dilakukan pada ujung kantilever pada fase konstruksi untuk mengetahui berapa peninggian yang diperlukan sehingga jembatan mampu mencapai tinggi elevasi sesuai dengan rencana desain.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dilakukan *preliminary* ukuran profil jembatan terkait komponen-komponen jembatan. Untuk fase konstruksi dilakukan pemilihan jenis dan penentuan dimensi dari *counterweight*, pengecekan kapasitas pondasi, dan elemen-elemen jembatan utama dan jembatan penyeimbang terhadap beban-beban pada fase konstruksi. Sedangkan untuk fase layan juga dilakukan perhitungan kapasitas pondasi dan elemen-elemen jembatan utama terhadap beban-beban pada fase layan mengacu pada SNI 1725:2016. Pengecekan elemen-elemen struktur ialah secara keadaan batas ultimit dan keadaan batas layan. Berikut ialah diagram alir penelitian yang dilakukan (**Gambar 2**).



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Perencanaan *Counterweight*

Counterweight akan menggunakan material pasir dengan berat jenis sebesar $1,50 \text{ t/m}^3$. *Counterweight* memiliki dimensi luas $8,80 \text{ m} \times 10,00 \text{ m}$ dengan tinggi yang divariasikan antara 2 m dan 3 m dan ditempatkan pada dua segmen paling belakang jembatan penyeimbang. Selain penempatan *counterweight*, juga dipasang angkur pada ujung belakang jembatan penyeimbang untuk meningkatkan nilai momen penahan. Direncanakan 5 opsi dalam merencanakan momen penahan untuk mengatasi momen pengguling. Momen pengguling diperoleh dari seluruh beban fase konstruksi yaitu: berat sendiri jembatan utama, *lifting frame*, lantai kerja, peralatan, dan pekerja. Perbandingan skema setiap opsi

beserta *safety factor* yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Perbandingan Momen Penahan terhadap Momen Pengguling

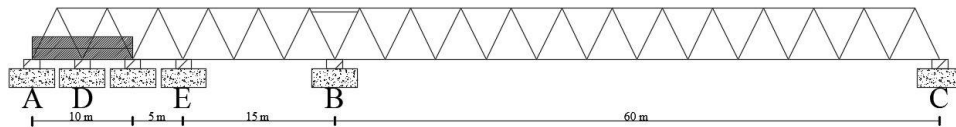
Opsi	Tinggi <i>Counterweight</i> (m)	Sistem Angkur	Momen Pengguling (kN.m)	Momen Penahan (kN.m)	<i>Safety Factor</i>
1	0	Ada	42010	56748	1,35
2a	2	Ada	42010	116148	2,76
2b	3	Ada	42010	145848	3,47
3a	2	Tidak ada	42010	69300	1,65
3b	3	Tidak ada	42010	99000	2,36

4.2 Pemeriksaan Kapasitas Pondasi

Terdapat dua jenis pondasi yang digunakan, yaitu tiang pancang pipa baja dan *spun piles*. Kapasitas tekan satu tiang pancang ditentukan dari daya dukung tanah, yaitu 75 ton. Pemeriksaan yang dilakukan adalah pada *abutment* jembatan utama dan titik-titik poer dimana jembatan penyeimbang bertumpu seperti dapat dilihat pada **Gambar 2**. Opsi *counterweight* yang digunakan sebagai acuan perhitungan pondasi adalah opsi 3b. Hal ini dikarenakan opsi 3b menghasilkan beban terbesar pada sistem pondasi. Setiap titik poer yang ditinjau memiliki konfigurasi tiang yang berbeda dan ditinjau terhadap 3 fase, yaitu:

- Fase 1: fase pra konstruksi dimana jembatan penyeimbang selesai didirikan dan dibebani dengan *counterweight*.
- Fase 2: fase konstruksi paling menentukan yaitu saat jembatan utama membentang sepanjang 60 m secara kantilever dan tersambung dengan jembatan penyeimbang.
- Fase 3: fase pasca konstruksi dimana jembatan utama telah bertumpu pada kedua *abutment* dan jembatan penyeimbang masih berada di tempatnya.

Beban yang harus ditanggung dan kapasitas poer pada setiap titik yang ditinjau dapat dilihat pada **Tabel 2**.



Gambar 2. Penamaan Titik Poer

Tabel 2. Perbandingan Beban dan Kapasitas Setiap Titik Poer

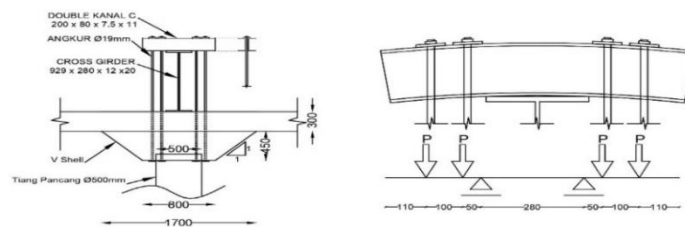
Fase	Titik	Jumah Tiang	Kapasitas (ton)	Reaksi (ton)	<i>Safety Factor</i>
1	A	4	300	154,03	1,95
	D	10	300	258,11	1,16
	E	10	750	484,30	1,55
	B	25	1875	622,49	3,00
2	A	4	300	276,92	1,08
	D	10	300	49,50	6,04
	E	10	750	463,38	1,61
	B	25	1875	944,81	1,98
3	A	4	300	157,41	1,90
	D	10	300	251,39	1,19
	E	10	750	478,41	1,56
	B	25	1875	700,59	2,67

Tabel 3. Perbandingan Beban dan Kapasitas Setiap Titik Poer (Lanjutan)

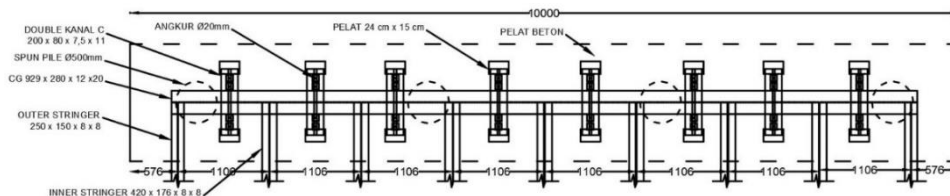
Fase	Titik	JumahTiang	Kapasitas (ton)	Reaksi (ton)	Safety Factor
3	C	25	1875	666,26	2,81

4.3 Perencanaan Sistem Angkur

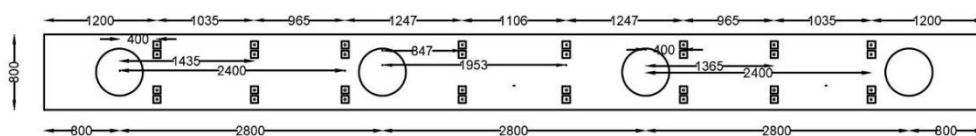
Sistem angkur menggunakan *double* kanal C berukuran 200 x 80 x 7,5 x 11 untuk menahan *cross girder* pada ujung akhir jembatan penyeimbang. Pada setiap sistem angkur terdapat 4 tulangan berdiameter 19 mm untuk menahan pelat *bearing* pada bagian bawah poer tempat angkur dipasang. Tampak depan, atas, dan bawah dari poer *v-shell* tempat angkur dipasang dapat dilihat pada **Gambar 3** , **Gambar 4.**, **Gambar 5**.



Gambar 3. Tampak Depan Sistem Angkur pada V-Shell



Gambar 4. Tampak Atas Sistem Angkur pada V-Shell

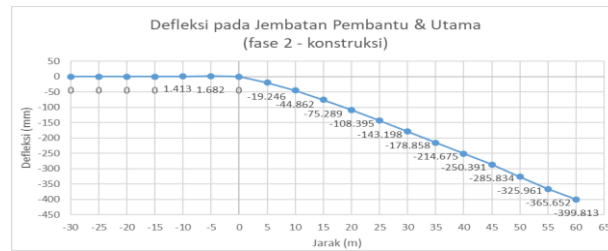


Gambar 5. Tampak Bawah Sistem Angkur pada V-Shell

Desain sistem angkur dilakukan secara *capacity design* terhadap kapasitas tarik 4 tiang pancang. Jumlah angkur yang terpasang telah didesain secara *capacity design* dengan rasio jumlah pemasangan terhadap yang dibutuhkan sebesar 2,09. *Double* kanal C menerima beban terpusat dari 4 tulangan yang terpasang. *Double* kanal C juga didesain secara *capacity design* terhadap kapasitas tarik tulangan. *Double* kanal C memiliki nilai $M_u/\phi M_n$ sebesar 0,38 dan nilai $V_u/\phi V_n$ sebesar 0,92 sehingga menghasilkan interaksi geser dan lentur sebesar 0,96.

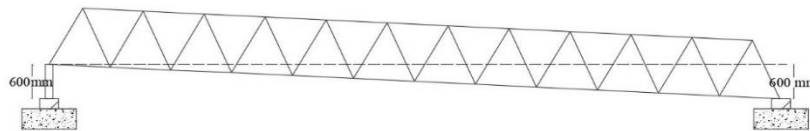
4.4 Defleksi

Pemeriksaan defleksi dalam metode kantilever secara satu arah sangat penting. Hal ini dikarenakan nilai defleksi diperlukan agar dapat dilakukan peninggian sesuai dengan defleksi yang terjadi pada ujung kantilever. Nilai defleksi yang terjadi pada jembatan penyeimbang dan jembatan utama saat fase konstruksi dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Nilai Defleksi pada Fase Konstruksi

Mengacu pada nilai defleksi pada ujung kantilever 60 m sebesar 399,813 mm, akan dilakukan peninggian sebesar 1,5 kali defleksi estimasi yang terjadi yaitu sebesar 600 mm pada titik awal ereksi (**Gambar 7**).



Gambar 7. Sketsa Peninggian Jembatan Utama

4.5 Pemeriksaan Kapasitas Elemen-Elemen Jembatan

Pemeriksaan kapasitas elemen jembatan akan dilakukan terhadap beban fase konstruksi dan fase layan. Beban pada fase konstruksi menggunakan faktor beban mati sebesar 1,4. Sedangkan untuk beban fase layan menggunakan kombinasi beban Kuat 1 pada SNI 1725:2016 dikarenakan beban angin tidak memberikan pengaruh signifikan pada jembatan rangka baja. *Inner Stringer* dan *Outer Stringer* tertumpu sederhana pada *cross girder*. Sedangkan *cross girder* tertumpu pada 4 perletakan pada fase konstruksi dan tertumpu sederhana pada pelat buhul yang tersambung dengan rangka baja pada fase layan. Kapasitas elemen terlentur selama fase konstruksi dihitung sebagai profil non-komposit, sedangkan saat fase layan dihitung sebagai profil komposit dengan tebal plat beton setebal 220mm. Perhitungan kapasitas penampang dilakukan sesuai dengan ketentuan pada RSNI-T-03-2005.

Tabel 4. Perbandingan Kapasitas Elemen Terlentur terhadap Beban Fase Konstruksi

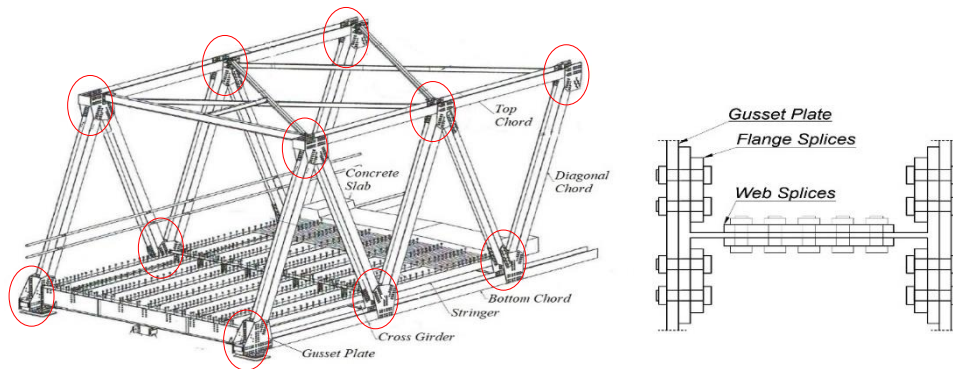
Elemen	Kondisi	V_u (kN)	ϕV_n (kN)	$V_u/\phi V_n$	M_u (kNm)	ϕM_n (kNm)	$M_u/\phi M_n$
<i>Inner Stringer</i>	Non-Komposit	172,46	628,30	0,27	215,57	244,94	0,88
<i>Outer Stringer</i>	Non-Komposit	86,58	363,92	0,24	108,23	112,23	0,96
<i>Cross Girder</i>	Non-Komposit	398,03	1747,42	0,33	522,59	2107,06	0,19

Tabel 5. Perbandingan Kapasitas Elemen Terlentur terhadap Beban Fase Layan

Elemen	Kondisi	V_u (kN)	ϕV_n (kN)	$V_u/\phi V_n$	M_u (kNm)	ϕM_n (kNm)	$M_u/\phi M_n$
<i>Inner Stringer</i>	Komposit	503,05	628,30	0,80	350,09	443,25	0,79
<i>Outer Stringer</i>	Komposit	246,88	363,92	0,67	262,31	271,95	0,96
<i>Cross Girder</i>	Komposit	1020,86	1572,67	0,65	2873,09	3880,31	0,74

Hubungan antara elemen *truss* menggunakan pelat penyambung yang terdiri dari *gusset plate*, *flange splices*, dan *web splices* seperti dapat dilihat pada **Gambar 8**. Setiap elemen elemen *truss* akan

disambung dengan cara dibaut pada *gusset plate*. Antar elemen *truss* juga disambung pada bagian *flange* dengan *flange splices* dan pada bagian *web* dengan *web splices*. Baut yang digunakan untuk sambungan ialah tipe *High Strength Friction Grip grade 8.8*. Kapasitas baut ialah akumulasi kapasitas friksi dan kapasitas geser dari baut. Kapasitas sambungan juga ditentukan kapasitas tumpu pelat penyambung. Kapasitas pelat penyambung juga ditinjau terhadap kapasitas leleh luasan *gross* dan kapasitas putus luasan *netto* dari pelat penyambung.



Gambar 8. Penempatan *Gusset Plate*, *Flange Splices*, *Web Splices*

Elemen rangka baja didesain terhadap fase konstruksi dan fase layan. Kedua kondisi ini menghasilkan gaya dalam dengan kondisi yang berbeda (tekan/tarik). Kapasitas *chord* beserta gaya dalam ultimit pada masing-masing fase dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**. *Link set* yang menghubungkan jembatan utama dengan jembatan penyeimbang pada fase konstruksi akan menggunakan elemen *truss* dengan dimensi terbesar yaitu profil WF 400 x 490 x 20 x 25.

Tabel 6. Perbandingan Kapasitas Elemen *Chord* terhadap Gaya Dalam pada Jembatan Utama

Item	Member	Dimensi Profil	L (m)	ϕN_n tekan (kN)	ϕN_n tarik (kN)	Fase Konstruksi		Fase Layan			
						Nu (kN)	Kondisi	Nu / ϕN_n	Nu (kN)	Kondisi	Nu / ϕN_n
Diagonal Member	D1	WB 400x410x20x20	7.01	4884.90	6059.34	-960.375	TEKAN	0.20	-3614	TEKAN	0.74
	D2	WB 400x380x15x18	7.01	3768.98	5282.739	929.85	TARIK	0.18	3586.06	TARIK	0.75
	D3	WB 400x380x15x18	7.01	3768.98	5282.739	-876.958	TEKAN	0.23	-3026.2	TEKAN	0.80
	D4	WB 400x330x10x18	7.01	2760.31	4085.424	851.585	TARIK	0.21	2996.75	TARIK	0.84
	D5	WB 400x380x15x118	7.01	3768.98	5282.739	-799.819	TEKAN	0.21	-2456.4	TEKAN	0.65
	D6	WB 400x330x8x15	7.01	2293.95	3380.265	773.523	TARIK	0.23	2427.72	TARIK	0.72
	D7	WB 400x330x8x15	7.01	2293.95	3380.265	-721.421	TEKAN	0.31	-1905.7	TEKAN	0.83
	D8	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2077.11	694.022	TARIK	0.33	1875.45	TARIK	0.90
	D9	WB 400x330x8x15	7.01	2293.95	3380.265	-640.059	TEKAN	0.28	-1371.8	TEKAN	0.60
	D10	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2077.11	611.94	TARIK	0.29	1340.96	TARIK	0.65
	D11	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2368.17	-556.063	TEKAN	0.60	-856.91	TEKAN	0.93
	D12	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2368.17	527.606	TARIK	0.22	825.73	TARIK	0.40
	D13	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2368.17	-449.766	TEKAN	0.49	825.73	TARIK	0.40
	D14	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2368.17	421.309	TARIK	0.18	-856.91	TEKAN	0.93
	D15	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2077.11	-365.432	TEKAN	0.40	1340.96	TARIK	0.65
	D16	WB 400x330x8x15	7.01	2293.95	3380.265	337.313	TARIK	0.10	-1371.8	TEKAN	0.60
	D17	WB 400x250x8x10	7.01	920.86	2077.11	-283.35	TEKAN	0.31	1875.45	TARIK	0.90
	D18	WB 400x330x8x15	7.01	2293.95	3380.265	255.95	TARIK	0.08	-1905.7	TEKAN	0.83
	D19	WB 400x330x8x15	7.01	2293.95	3380.265	-203.849	TEKAN	0.09	2427.72	TARIK	0.72
	D20	WB 400x380x15x118	7.01	3768.98	5282.739	177.553	TARIK	0.03	-2456.4	TEKAN	0.65
	D21	WB 400x330x10x18	7.01	2760.31	4085.424	-125.786	TEKAN	0.05	2996.75	TARIK	0.84
	D22	WB 400x380x15x18	7.01	3768.98	4758.831	100.414	TARIK	0.02	-3026.2	TEKAN	0.80
	D23	WB 400x380x15x18	7.01	3768.98	4758.831	-47.5218	TEKAN	0.01	3586.06	TARIK	0.75
	D24	WB 400x410x20x20	7.01	4884.90	5913.81	27.9096	TARIK	0.00	-3614	TEKAN	0.74
Link Set	WB 400x490x20x25	5	8430.36	8053.7625	4186.12	TARIK	0.52	-	-	-	

Tabel 7. Perbandingan Kapasitas Elemen *Chord* terhadap Gaya Dalam pada Jembatan Utama (Lanjutan)

Item	Member	Dimensi Profil	L (m)	ØNn tekan (kN)	ØNn tarik (kN)	Fase Konstruksi			Fase Layan		
						Nu (kN)	Kondisi	Nu / φ Nn	Nu (kN)	Kondisi	Nu / φ Nn
Bottom Chord	BC1	WB 400x330x10x18	5	3615.78	3430.539	-3236.66	TEKAN	0.90	1026.21	TARIK	0.25
	BC2	WB 400x330x10x18	5	3615.78	3430.539	-2628.48	TEKAN	0.73	3039.36	TARIK	0.74
	BC3	WB 400x380x15x18	5	4699.56	4627.854	-2147.75	TEKAN	0.46	4692.42	TARIK	0.89
	BC4	WB 400x410x20x20	5	5945.66	5913.81	-1718.92	TEKAN	0.29	5971.76	TARIK	0.90
	BC5	WB 400x430x25x20	5	6574.77	6191.64	-1325.42	TEKAN	0.20	6825.13	TARIK	0.91
	BC6	WB 400x430x25x25	5	7698.17	6912.675	-977.594	TEKAN	0.13	7234.96	TARIK	0.85
	BC7	WB 400x430x25x25	5	7698.17	6912.675	-679.328	TEKAN	0.09	7234.96	TARIK	0.85
	BC8	WB 400x430x25x20	5	6574.77	6191.64	-436.281	TEKAN	0.07	6825.13	TARIK	0.91
	BC9	WB 400x410x20x20	5	5878.94	5913.81	-248.099	TEKAN	0.04	5971.76	TARIK	0.90
	BC10	WB 400x380x15x18	5	4648.48	4627.854	-112.452	TEKAN	0.02	4692.46	TARIK	0.89
	BC11	WB 400x330x10x18	5	3579.09	3430.539	-28.312	TEKAN	0.01	3039.36	TARIK	0.74
	BC12	WB 400x330x10x18	5	3579.09	3430.539	5.7515	TARIK	0.00	1026.21	TARIK	0.25
Top Chord	TC1	WB 400x400x12x18	5	4718.21	4504.815	3515.92	TARIK	0.78	-2566.8	TEKAN	0.54
	TC2	WB 400x400x12x18	5	4718.21	4504.815	2902.81	TARIK	0.64	-4670.2	TEKAN	0.99
	TC3	WB 400x470x15x20	5	6408.32	5530.14	2344.48	TARIK	0.42	-6308.2	TEKAN	0.98
	TC4	WB 400x460x15x25	5	7484.52	6251.175	1842.15	TARIK	0.29	-7480.5	TEKAN	1.00
	TC5	WB 400x490x20x20	5	8430.36	7326.1125	1397.87	TARIK	0.19	-8184.2	TEKAN	0.97
	TC6	WB 400x490x20x25	5	8430.36	7326.1125	1013.51	TARIK	0.14	-8419	TEKAN	1.00
	TC7	WB 400x490x20x25	5	8430.36	7326.1125	700.832	TARIK	0.10	-8184.2	TEKAN	0.97
	TC8	WB 400x460x15x25	5	7484.52	6251.175	448.075	TARIK	0.07	-7480.5	TEKAN	1.00
	TC9	WB 400x470x15x20	5	6408.32	5530.14	253.364	TARIK	0.05	-6308.2	TEKAN	0.98
	TC10	WB 400x400x12x18	5	4718.21	4504.815	114.658	TARIK	0.03	-4670.2	TEKAN	0.99
	TC11	WB 400x400x12x18	5	4718.21	4504.815	30.7267	TARIK	0.01	-2566.8	TEKAN	0.54

5. KESIMPULAN

1. Metode kantilever satu arah dapat dilakukan dengan merekayasa momen penahan agar nilainya lebih besar dari momen pengguling. Momen penahan diperoleh dari kontribusi angkur dan *counterweight* dengan dimensi 10 m, x 8,8 m x 2 m dengan angka keamanan sebesar 2,76. *Counterweight* diletakkan pada dua segmen paling belakang dari jembatan penyeimbang.
2. Semua pondasi tiang pancang memiliki kapasitas yang cukup dengan angka keamanan minimum sebesar 1,16.
3. Sistem angkur menggunakan 8 buah *channel* 200 x 80 x 7,5 x 11 dengan 4 tulangan diameter 19 mm pada masing-masing *channel* untuk menahan *cross girder* paling belakang dari jembatan penyeimbang dengan angka keamanan 2,09. Interaksi geser dan lentur beban terhadap kapasitas profil *channel* 200 x 80 x 7,5 x 11 adalah sebesar 0,96.
4. Defleksi yang terjadi pada ujung sistem kantilever saat fase konstruksi ialah sebesar 399,81 mm sehingga perlu dilakukan peninggian pada pangkal jembatan sebesar 600 mm.
5. *Link set* yang berfungsi sebagai batang penghubung antara jembatan penyeimbang dengan jembatan utama akan profil *WF* 400 x 490 x 20 x 25.
6. Seluruh kapasitas elemen jembatan telah didesain untuk mampu menahan gaya dalam yang terjadi akibat beban pada saat fase konstruksi maupun fase akhir dengan rasio beban terhadap kapasitas maksimal sebesar 0,99.

6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *Pembebanan untuk Jembatan, SNI 1725-2016*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, RSNI T-03-2005*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.