Modifikasi Struktur Jembatan Pranti Pada Ruas Jalan Tol KLBM (Krian–Legundi–Bunder–Manyar) Seksi I Kabupaten Gresik dengan Menggunakan Sistem Busur Rangka Baja

Muhammad Anas Asshiddiqi*[1], Dita Kamarul Fitriyah[2], Yanisfa Septiarsilia[3]

[1,2,3]Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: *[1]m.anas.asshiddiqi@gmail.com,, [2]ditaka.fitriyah@gmail.com, [3]yanisfa.septi@itats.ac.id

Abstract

The Pranti Bridge is located on the KLBM (Krian—Legundi—Bunder—Manyar) Toll Road Section I in Gresik Regency. This bridge is a prestressed concrete bridge, with the top structure supported by 2 abutments on the rice fields and 2 pillars on the road body. In this plan, the Pranti Bridge was modified into a steel-framed arch bridge of the Through Arch type to remove the two pillars on the road body. The bridge was designed with a span of 90 m, an arc height of 17 m, a section height of 3.5 m, and a width of 10 m. Calculations in this planning employed the regulations of SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, SNI 2847:2013, RSNI T-03-2005, and RSNI T-12-2004. The auxiliary programs were SAP2000 for the structural analysis and AutoCAD for the plan drawings. The calculation results had the thickness of the floor slab at 20 cm, the largest wind bond profile dimension at 273x10, the largest main frame profile dimension at 600x600x25, the dimensions of the final portal column and beam at 500x500x25 Box, the diameter of the hanging cable at 60 mm, and the placement of the POT bearing type. The foundation had 30 pieces of the spun pile as deep as 42 meters on each abutment.

Keywords: *Steel Frame Arch Bridge, Through Arch, Pot Bearing, Abutment, Spun Pile.*

Abstrak

Jembatan Pranti terletak pada Ruas Jalan Tol KLBM (Krian – Legundi – Bunder – Manyar) Seksi I Kabupaten Gresik. Jembatan Pranti merupakan jembatan beton pratekan dengan struktur atas Jembatan Pranti yang ditopang oleh 2 abutment pada bagian sawah dan 2 pilar pada bagian badan jalan. Dalam perencanaan ini, Jembatan Pranti dimodifikasi menjadi jembatan busur rangka baja dengan tipe Through Arch untuk menghilangkan 2 pilar yang ada pada badan jalan. Jembatan didesain dengan bentang 90 m, tinggi busur 17 m, tinggi tampang 3,5 m, dan lebar 10 m. Perhitungan yang dilakukan dalam perencanaan menggunakan peraturan SNI 1725:2016, SNI 2833:2016, SNI 2847:2013, RSNI T-03-2005, RSNI T-12-2004. Program bantu yang digunakan adalah SAP2000 untuk analisa struktur dan AutoCAD untuk gambar perencanaan. Dari hasil perhitungan didapatkan tebal pelat lantai 20 cm, dimensi profil ikatan angin terbesar CHS 273x10, dimensi profil rangka utama terbesar Box 600x600x25, dimensi kolom dan balok portal akhir Box 500x500x25, diameter kabel penggantung 60 mm, perletakan tipe POT bearing. Pondasi berupa Spun Pile sebanyak 30 buah sedalam 42 meter. pada tiap abutment.

Kata kunci: Jembatan Busur Rangka Baja, Through Arch, Pot Bearing, Abutment, Spun Pile.

1. Pendahuluan

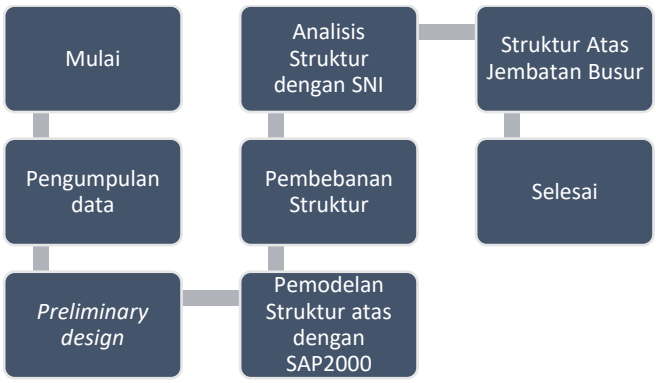
Jembatan Pranti merupakan bagian dari jalan tol KLBM (Krian-Legundi-Bunder-Manyar) yang melintasi jalan di Desa Pranti, Kecamatan Menganti, Kabupaten Gresik. Rencana awal (kondisi eksisting) jembatan Pranthi ini memiliki panjang 86,75m dengan 3 bentang masing-masing 20m, 40m, 20m menggunakan struktur beton prategang dan 2 tiang penyangga setiap bentang. Jembatan memiliki lebar 25,2 m di setiap arah.

Jembatan busur sering digunakan sebagai jembatan bentang panjang karena bentuk busur pada struktur pendukung utama mampu mengurangi nilai momen medan akibat beban yang ada. Jika bentang jembatan sama, maka bentang struktur pelengkung mungkin lebih kecil dari bentang jembatan beton (Hakikie & Wahyuni, 2017), (Septiarsilia et al., 2020)(Prasmoro et al., 2017)(Glvhuwdl & Vhedjdl, 2017). Tujuan Pemilihan rangka batang sebagai penopang beban utama adalah untuk menggabungkan bentuk-bentuk menjadi struktur segitiga yang dapat menciptakan bentuk yang stabil (1,2,7)(Propika & Septiarsilia, 2016)(Istiono & Susanti, 2020)(Fitriyah, 2019).

Dalam hal ini, Jembatan Pranti telah dimodifikasi dengan struktur lengkung berbingkai baja dari tipe lengkung tembus. Jenis jembatan lengkung truss juga digunakan karena menghilangkan penggunaan pilar untuk menopang setiap bentang jembatan. Jembatan dirancang dengan bentang 90 m, tinggi lengkung 17 cm, tinggi penampang 3,5 m dan lebar jembatan 10 m pada setiap lintasan. Jembatan lengkung rangka baja ini memiliki nilai estetika yang tinggi dan juga menjadi landmark baru jalan tol KLBM.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa tahapan terkait desain beberapa sistem yang akan dibandingkan dengan melakukan perbandingan terhadap perilaku atau kinerja struktur serta daktilitas yang terjadi pada struktur gedung, pada Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian.

Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data yang dilakukan meliputi peninjauan elevasi dan stationing dari jembatan eksisting, serta peninjauan kekuatan tanah di lokasi jembatan eksisting. Data umum yang perencanaan jembatan baru, antara lain:

1. Lokasi : Ruas Jalan tol KLBM SEKSI 1 STA 14+350
2. Jenis : Jembatan Busur Rangka Baja lantai Kendaraan Bawah
3. Bentang : 90 m
4. Lebar : 10 m
5. Tinggi : 17 m
6. Material : Baja

Preliminary design dilakukan untuk menentukan mutu bahan dan dimensi struktur yang didesain.

1. Penentuan Mutu Bahan yang digunakan.
   a) Mutu Beton Pelat (f'c) = 40 MPa.
   b) Mutu Beton Abutment (f'c) = 40 MPa.
   c) Mutu Baja Tulangan (fy) = 390 dan 420 Mpa
   d) Struktur utama:
      - Profil Box GR50A.
      - Profil Circullar Hollow YST310.
      - Profil WF BJ41dan Siku BJ55.
   e) Mutu baut sambungan menggunakan ASTM A325 untuk sambungan baut antar profil.
   f) Mutu las yang digunakan adalah E70xx.

2. Memperkirakan Tebal Pelat Lantai Kendaraan.
   Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum ts, dengan ketebalan 20 cm.

3. Menentukan Dimensi Busur.
   Sketsa *preliminary design* busur dapat dilihat pada Gambar 2. Tinggi Busur ditentukan dengan formula (1):

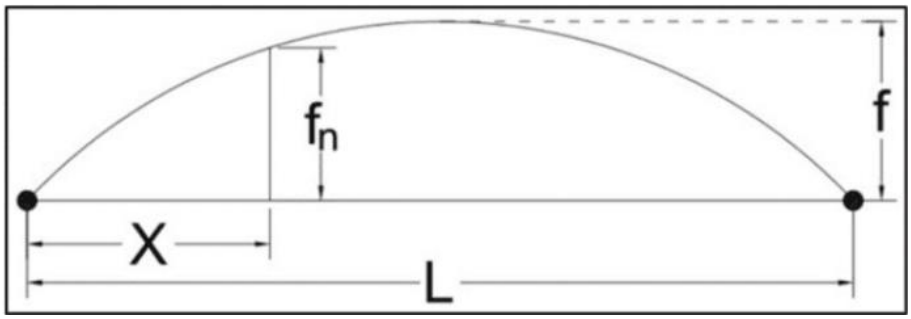
$$Syarat: \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \quad (1)$$

   Tinggi tampang busur rangka batang dengan batang tarik dapat menggunakan syarat pada formula (2):

$$Syarat: \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{20} \quad (2)$$

   Lebar jembatan dapat menggunakan syarat pada formula (3):

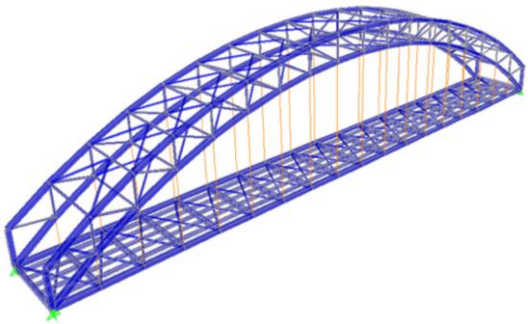
$$Syarat: \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20} \quad (3)$$



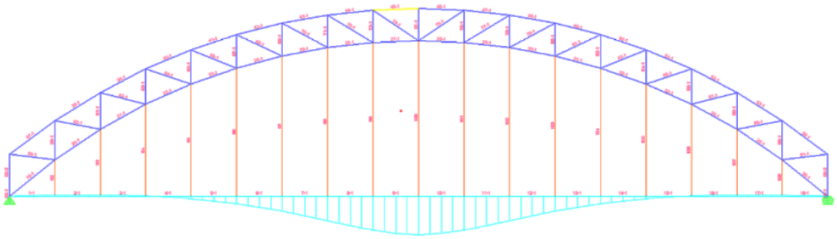
Gambar 2. Preliminary Design Busur.

4. Pembebanan.
   Pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, beban angin dan beban gempa sesuai (Badan Standarisasi Nasional, 2016) SNI 1725:2016.

5. Analisis Struktur Jembatan.
   Jembatan Sipait dimodelkan dengan menggunakan progam bantu SAP2000. Pemodelan 2 Dimensi untuk mendapatkan garis pengaruh pada jembatan dan pemodelan 3 Dimensi untuk mendapatkan profil yang digunakan sesuai kombinasi pembebanan SNI 1725-2016. Gambar permodelan 3 dimensi dan 2 dimensi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



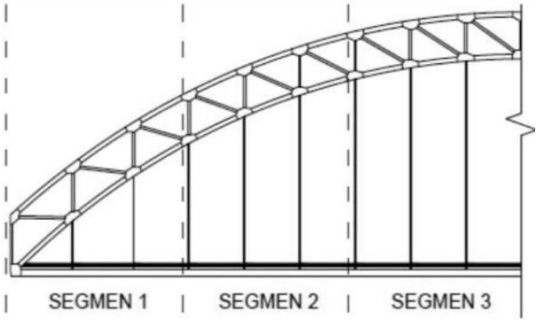
Gambar 3. Permodelan jembatan 3D dengan SAP2000.



Gambar 4. Permodelan jembatan 2D dengan SAP2000 untuk Mencari Garis Pengaruh.

3. Hasil dan Pembahasan

Pelat lantai kendaraan direncanakan miliki panjang 5m dengan lebar 1,7m menggunakan beton bertulang. Tebal beton bertulang 20 cm dengan lapisan perkerasan aspal setebal 5 cm. Pelat lantai kendaraan menumpu langsung pada gelagar memanjang dan melintang yang didesain menggunakan profil WF dengan mutu baja BJ41 (fu = 410 Mpa dan fy = 250 Mpa). Profil untuk gelagar memanjang berupa WF 450x300x10x15 dan untuk gelagar melintang berupa WF 900x300x15x23. Profil ikatan angin pada rangka busur ataupun pada lantai kendaraan menggunakan profil *circular hollow steel* dari Tata Steel dengan mutu YST310 dan profil *Box* dengan mutu GR50A dari PT. Gunung Raja Paksi. Profil rangka utama menggunakan produk dari PT. Gunung Raja Paksi dengan mutu GR50A. Bagian jembatan terdiri dari tiga segmen untuk mempermudah dalam pemilihan profil. Sketsa pembagian segmen jembatan dapat dilihat pada Gambar 5. Profil yang digunakan setiap segmen dapat dilihat pada Tabel 1. Profil yang digunakan antara lain :



Gambar 5. Pembagian Segmen Struktur Jembatan.

Tabel 1. Rekapitulasi Profil Struktur Jembatan Busur

Element	Profil	Status
Balok gelagar memanjag	WF 450x300x10x15	Safe
Balok gelagar melintang	WF 900x300x15x23	Safe
Ikatan angin bawah	Circular Hollow 273 x 10	Safe
Ikatan angin atas	Circular Hollow 273 x 10	Safe
Ikatan angin rangka	Circular Hollow 273 x 10	Safe
S3:Rangka atas	Box 600x600x25	Safe

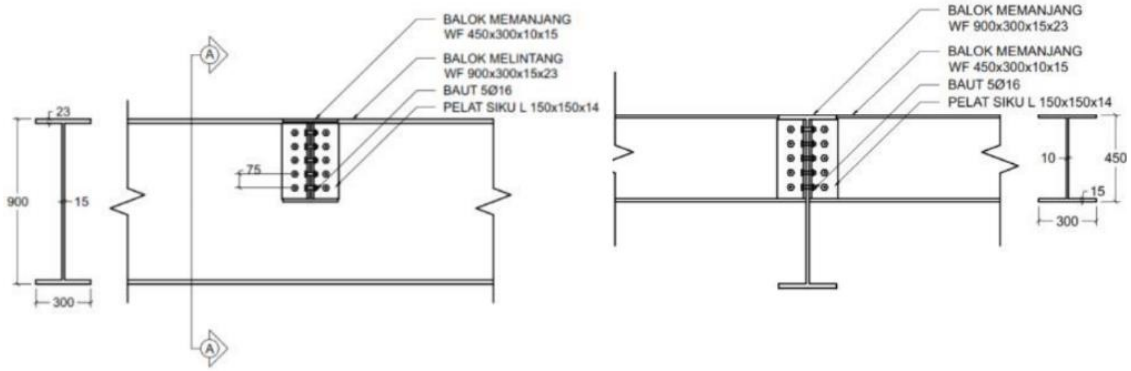
Element	Profil	Status
S3:Rangka bawah	Box 600x600x25	Safe
S3:Rangka diagonal	Box 200x200x12	Safe
S3:Rangka vertikal	Box 200x200x12	Safe
S2:Rangka atas	Box 600x600x25	Safe
S2:Rangka bawah	Box 600x600x25	Safe
S2:Rangka diagonal	Box 200x200x12	Safe
S2:Rangka vertikal	Box 200x200x12	Safe
S1:Rangka atas	Box 600x600x25	Safe
S1:Rangka bawah	Box 600x600x25	Safe
S1:Rangka diagonal	Box 200x200x12	Safe
S1:Rangka vertikal	Box 200x200x12	Safe
Batang tarik	Box 600x600x25	Safe

Perencanaan kabel penggantung menggunakan kabel dan *fitting* dari perusahaan Macalloy tipe Macalloy 520 M64 dengan diameter *strand* 60 mm dan *yield load* sebesar 1360 kN. Perletakaan yang digunakan mengguanakan Pot Bearing dari perusahaan VSL dengan tipe PL 1000/600 (*free*), PU 1700/1200 (*guided*), PF 1700/1200 (*fixed*). Sambungan yang digunakan pada studi ini adalah sambungan baut tipe friksi dan sambungan las. Analisis pada sambungan dapat dilihat pada Tabel 2.

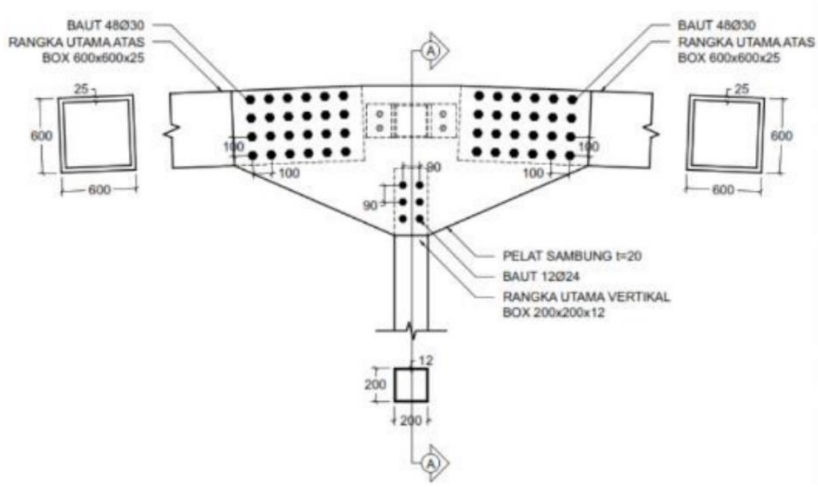
Tabel 2. Rekapitulasi Sambungan Pada Struktur Jembatan

Element	Jumlah Baut (buah)	Kontrol Leleh ØTn=ø.fy.Ag Ø Tn > Tn	Kontrol Putus ØTn=ø.fu.Ae Ø Tn > Tn
Sambungan memanjang dan melintang	2	148707 kg > 10499,37 kg	124678 kg > 10499,37 kg
Sambungan melintang dan memanjang	3		
Sambungan ikatan angin	2	120884 kg > 2054,56 kg	101351 kg > 2054,56 kg
Sambungan gelagar melintang ke rangka	6	276750 kg > 34350,82 kg	232031 kg > 34350,82 kg
Sambungan kabel penggantung	12		
Sambungan rangka atas	42	590400 kg > 40247 kg	495000 kg > 40247 kg
Sambungan rangka vertikal	8	590400 kg > 40247 kg	222750 kg > 40247 kg

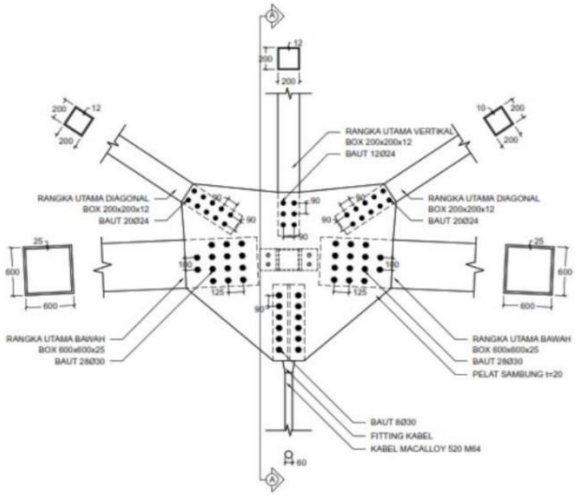
Berdasarkan Tabel 2 dapat digambarkan sambungan yaitu sebagai berikut:



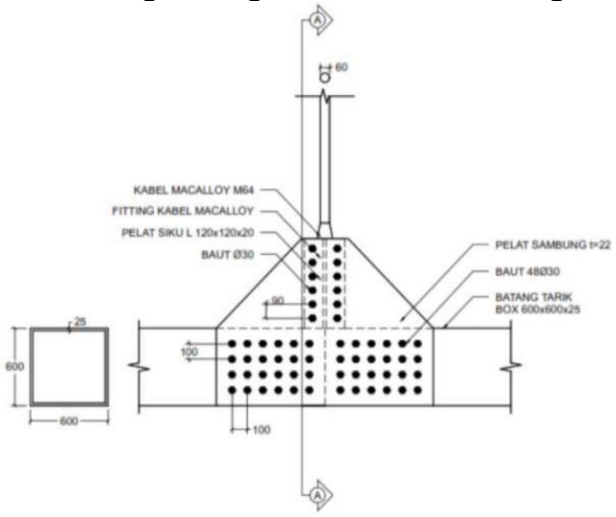
Gambar 6. Sambungan Balok Memanjang dan Melintang.



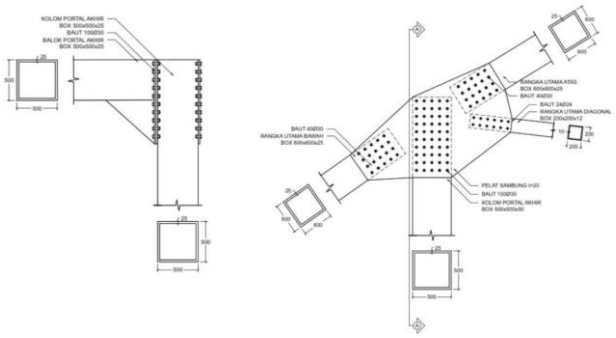
Gambar 7. Sambungan Rangka Horizontal Atas dan Rangka Vertikal.



Gambar 8. Sambungan Rangka Horizontal dan Rangka Diagonal.



Gambar 9. Sambungan Rangka Horizontal Bawah dan Rangka Vertikal.



Gambar 10. Sambungan Portal Akhir.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1) Pelat lantai kendaraan menggunakan beton f'c 40 Mpa dengan ketebalan 0,2 m yang dilapisi aspal dengan ketebalan 0,05 m.
2) Gelagar memanjang menggunakan profil dengan mutu BJ41. Ikatan angin menggunakan profil Circular Hollow dengan mutu YST310 dari Tata Steel dan profil Box dengan mutu GR50A dari PT. Gunung Raja Paksi.
3) Rangka utama menggunakan profil baja dari PT. Gunung Raja Paksi dengan mutu GR50A.
4) Kabel penggantung menggunakan tipe Macalloy 520 64 dari perusahaan Macalloy.

Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. In *Badan Standarisasi Nasional*.

Fitriyah, D. K. (2019). Modifikasi Jembatan Mataraman II Malang Menggunakan Struktur Gelagar Beton Bertulang. *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, *4*(1), 13. https://doi.org/10.53712/rjrs.v4i1.613

Glvhuwdl, S., & Vhedjdl, D. (2017). *3Huhqfdqddq 0Rglilndvl 5Dqjnd %Xvxu %Dmd Sdgd -Hpedwdq 3Hpdol Glvhuwdl 'Dpshu Vhedjdl /Rqjlwxglqdo 6Wrsshu*. *6*(1), 3–7.

Hakikie, P. N., & Wahyuni, E. (2017). Perencanaan Ulang Jembatan Lemah Ireng II pada Jalan Tol Semarang-Bawen Menggunakan Jembatan Busur Rangka Baja. *Jurnal Teknik ITS*, *6*(2). https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25682

Istiono, H., & Susanti, E. (2020). Pola Keruntuhan Jembatan Rangka Menerus Tipe Waren. *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, *3*(2), 73–80. https://doi.org/10.35334/be.v3i2.1169

Prasmoro, R., Masiran, H. S., & Wahyuni, E. (2017). Modifikasi Jembatan Sembayat Baru II Menggunakan Sistem Jembatan Busur Rangka Baja. *Jurnal Teknik ITS*, *6*(1). https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21505

Propika, J., & Septiarsilia, Y. (2016). *Re-Design Jembatan THP dengan Sistem Box Girder Segmental*.

Septiarsilia, Y., Fitriyah, D. K., & Propika, J. (2020). *Perencanaan Struktur Jembatan Sumber Sari , Kutai Barat , Kalimantan Timur dengan Sistem Busur Baja*.