

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

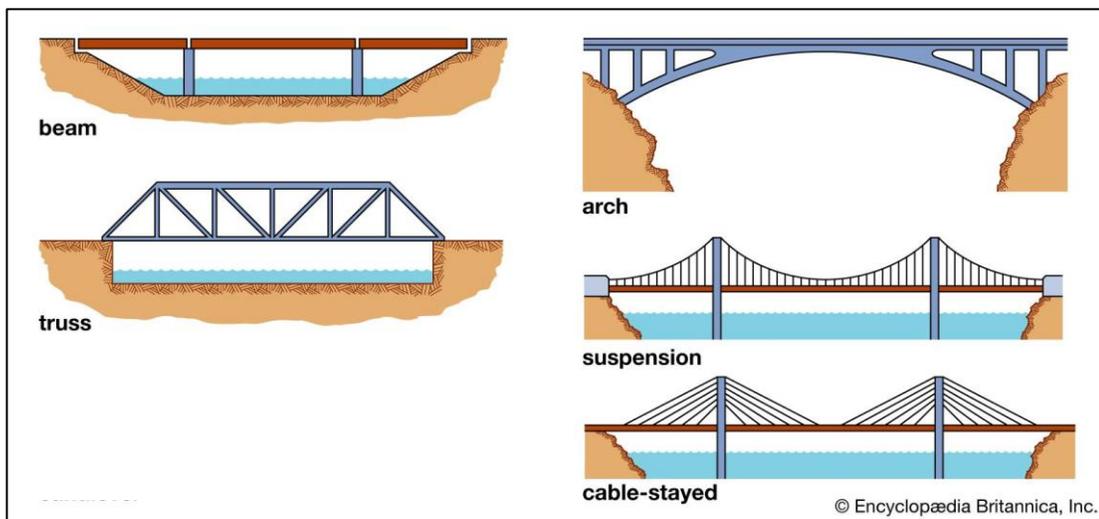
Kereta api merupakan sarana transportasi massal yang menggunakan tenaga gerak, terdiri dari lokomotif dan rangkaian kereta atau gerbong. Sebagai transportasi umum dan massal yang efektif sebagian negara, termasuk Indonesia, menggunakannya sebagai angkutan darat, baik di dalam kota, antar kota, hingga ke antar negara. Sejak zaman kolonial Belanda, Kementerian Perhubungan mencatat bahwa jumlah panjang rel kereta api di negara ini telah mencapai 632.000 km, berdasarkan data pada tahun 2020 hingga 2021. Lintasan kereta api dapat dibangun di tanah, terowongan, *underpass*, hingga jembatan. Di Indonesia sendiri, salah satu infrastruktur yang sering dibangun untuk menopang perlintasan rel kereta api adalah menggunakan jembatan (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020).

Jembatan kereta api merupakan infrastruktur yang dibangun untuk menghubungkan satu tempat ke tempat lainnya yang terbelah oleh rintangan, seperti lembah, sungai, jalan raya, jalur kereta api, dan rintangan lainnya, serta untuk menahan beban lintasan kereta api yang melewati jembatan. Berdasarkan Citarum Harum Juara (2022), tercatat sebanyak 70.000 sungai dan anak sungai di Indonesia. Selain itu, Indonesia juga disebut sebagai negara maritim karena memiliki luas perairan yang sangat besar, melebihi jumlah wilayah daratannya. Luas perairan di Indonesia sebesar 70% dan luas wilayah sebesar 30% (Rifiana, 2022).

Pembangunan infrastruktur jembatan kereta api menjadi salah satu prioritas utama pemerintah Indonesia sebagai prasarana transportasi darat untuk mendukung pertahanan dan juga pertumbuhan perekonomian negara (Irianingsih, 2019). Selain itu, pembangunan jembatan dilakukan untuk meratakan perekonomian, memperlancar lalu lintas, menumbuhkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), pertukaran budaya, hingga mempercepat mobilisasi masyarakat di daerah tersebut. Berdasarkan

Kementerian Pertahanan Republik Indonesia (2019), jembatan kereta api dapat menjadi infrastruktur dalam menghadapi apabila terjadi ancaman militer.

Bentuk-bentuk jembatan kereta api yang telah dibangun di dunia ada berbagai macam, bergantung pada efisiensi dan efektivitas saat pembangunan maupun fungsi dari jembatan itu sendiri. Bentuk-bentuknya sebagai berikut: jembatan alang (*beam bridge*), jembatan rangka (*truss bridge*), jembatan lengkung (*arch bridge*), jembatan kabel pancang (*cable-stayed bridge*), dan jembatan gantung (*suspension bridge*). Jenis-jenis jembatan tersebut memiliki fungsi, kelebihan, dan kekurangannya masing-masing.



Gambar I.1 Jenis-Jenis Jembatan

(Sumber: David P. Billington, 2023)

Jembatan alang atau *beam bridge* merupakan jenis jembatan yang paling lama telah ditemukan di dunia. Jembatan ini telah dikenal dengan desainnya yang sederhana dan mudah untuk dibangun. Strukturnya terdiri dari pondasi *piers* dan dan balok, serta cocok untuk kebutuhan bentang pendek. Apabila ingin bentang yang lebih panjang, maka dibutuhkan pondasi *piers* yang jumlahnya lebih banyak (Walter B. Jones Bridge, 2005). Berikut adalah kelebihan dari jembatan alang atau *beam bridge*:

1. Mudah untuk dibangun;
2. biaya paling terjangkau dibandingkan dengan jenis jembatan lainnya, dan;
3. biasanya dibangun di pusat kota (*urban*) dan pedesaan (*rural*).

Namun, dibalik kelebihan dari jembatan alang, terdapat juga kekurangan dari jembatan ini, yaitu (Walter B. Jones Bridge, 2005):

1. Bentang yang dapat dibangun terbatas panjangnya;
2. tidak dapat dibangun di atas perairan yang terdapat lalu lintas kapal, terutama kapal-kapal besar, dan;
3. desain jembatan tidak menarik mata.

Selanjutnya, terdapat jembatan lengkung atau *arch bridge* yang mulanya dibangun oleh orang Romawi dan terkenal karena bentuknya yang lengkung. Kelengkungannya di bawah jembatan yang menjadi penahan kekuatan yang sangat baik pada jembatan dan dikedua ujungnya terdapat *abutment* yang memperkuat struktur tersebut. Jembatan ini dapat diperuntukkan untuk bentang panjang hingga 240 meter (Balasubramanian, 2017). Berikut adalah kelebihan dari jembatan lengkung atau *arch bridge*:

1. Pembangunan jembatan dapat menggunakan berbagai material;
2. desain jembatan yang artistik dan menarik, dan;
3. kekuatannya yang sangat kuat.

Namun, dibalik kelebihan dari jembatan lengkung, terdapat juga kekurangan dari jembatan ini, yaitu (Balasubramanian, 2017):

1. Biaya pembangunan yang relatif mahal dibandingkan dengan beberapa jenis jembatan lainnya dan;
2. Pembangunan terbatas untuk di wilayah tertentu karena jembatan membutuhkan struktur tanah yang kokoh.

Selanjutnya, jembatan gantung atau *suspension bridge* merupakan jembatan yang dikenal sangat kuat dan dibangun untuk jembatan bentang panjang. Struktur jembatan ini terdiri dari dua *tower* yang menghubungkan kabel utama ke bagian *anchor* dan kabel pendukungnya terpasang pada kabel utama untuk menopang beban jalan raya. Pembangunan jembatan gantung terkenal paling mahal karena pembangunannya yang membutuhkan waktu lama dan penggunaan material dalam jumlah besar (Walter B.

Jones Bridge, 2005). Berikut adalah kelebihan dari jembatan gantung atau *suspension bridge*:

1. Panjang bentang yang dibangun sangat panjang, dapat mencapai lebih dari 2100 meter;
2. dapat dibangun di atas perairan yang terdapat lalu lintas kapal, terutama kapal-kapal besar;
3. kekuatannya yang sangat kuat, dan;
4. desain jembatan yang artistik dan menarik.

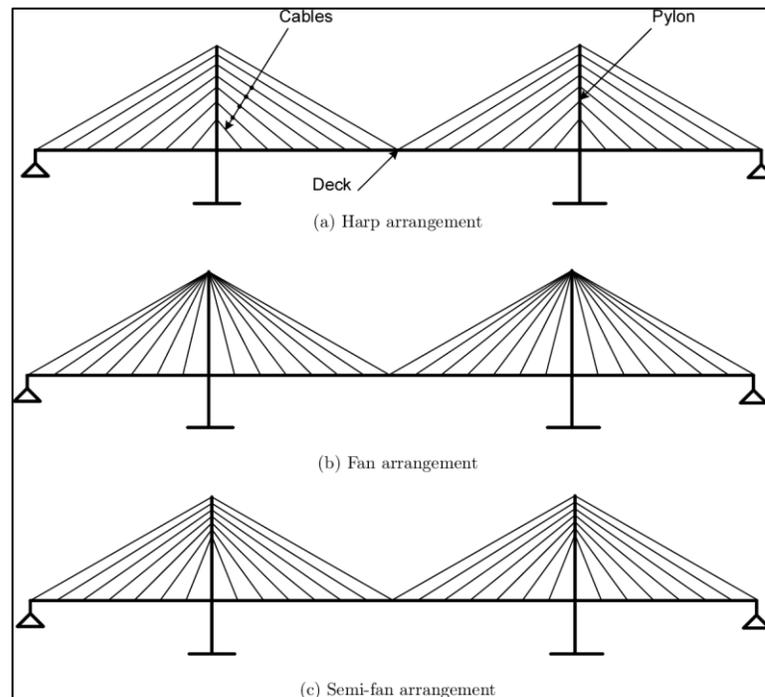
Namun, dibalik kelebihan dari jembatan gantung, terdapat juga kekurangan dari jembatan ini, yaitu (Walter B. Jones Bridge, 2005):

1. Biaya pembangunan sangat mahal dan;
2. pembangunan yang dilakukan sangat kompleks dan sulit.

Kemudian, terdapat jembatan kabel pancang atau *cable-stayed bridge* yang dari desainnya mirip dengan jembatan gantung, serta pembangunannya yang lebih ekonomis. Walaupun mirip, pembangunannya menggunakan prinsip konstruksi yang berbeda dan memiliki 3 jenis bentuk, yaitu *fan type*, *harp type*, dan kombinasi antara *fan* dan *harp type* (Balasubramanian, 2017). Berikut adalah kelebihan dari jembatan kabel pancang atau *cable-stayed bridge*:

1. Jembatan dengan bentang sedang (150 – 850 meter);
2. biaya pembangunan lebih murah dan waktu lebih cepat dibandingkan jembatan gantung;
3. gaya horizontal yang seimbang sehingga tidak membutuhkan *ground anchor* yang besar;
4. desain jembatan yang artistik dan menarik, dan;
5. jembatan lebih kaku dibandingkan jembatan gantung.

Namun, dibalik kelebihan dari jembatan kabel pancang, terdapat juga kekurangan dari jembatan ini, yaitu biaya pembangunan sangat mahal, kecuali dibandingkan dengan jembatan gantung.



Gambar I.2 Jenis Jembatan Kabel Pancang

(Sumber: Zadeh, 2012)

Terakhir adalah jembatan rangka batang atau *truss bridge* yang akan dibahas. Jembatan rangka batang merupakan gabungan dari batang-batang yang membentuk segitiga yang saling mengunci dan menyebabkan struktur ini menjadi *rigid*. Selain kaku, jembatan rangka batang dapat menahan beban yang besar dan sangat kuat (Walter B. Jones Bridge, 2005). Berikut adalah kelebihan dari jembatan rangka batang atau *truss bridge*:

1. Jembatan memiliki kapasitas kekuatan yang besar, dan;
2. Biaya lebih murah karena pembangunannya yang cepat dan penggunaan material yang lebih efisien.

Namun, dibalik kelebihan dari jembatan rangka batang, terdapat juga kekurangan dari jembatan ini, yaitu (Walter B. Jones Bridge, 2005):

1. Pembangunan yang dilakukan kompleks,
2. membutuhkan pemeliharaan yang rutin, dan;

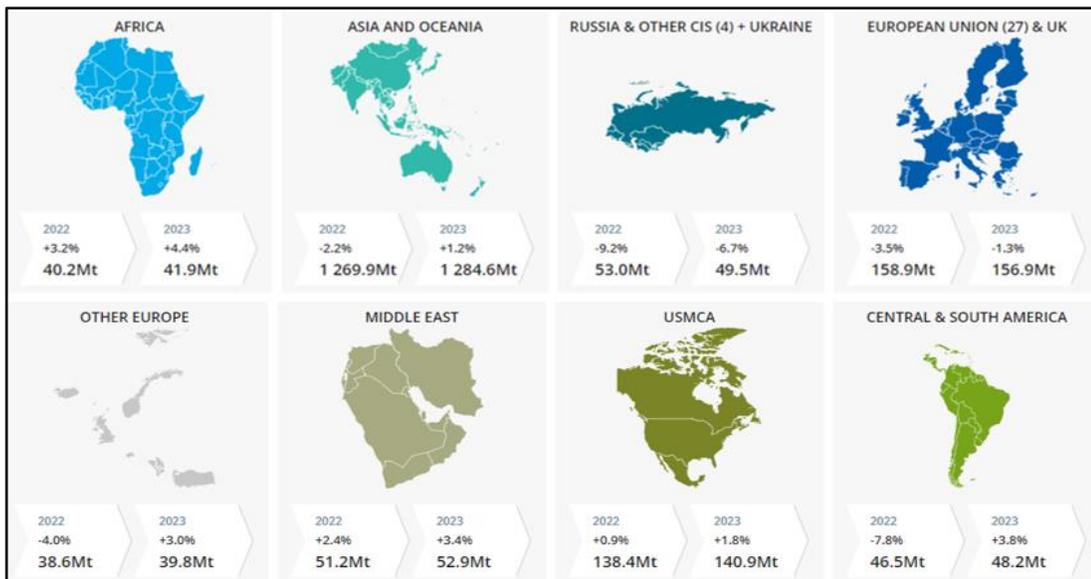
3. desain yang kurang menarik.

Setelah memaparkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing jenis jembatan di atas, serta menjadi opsi untuk pembangunan jembatan kereta api, maka pemilihan jembatan kereta api dapat dipertimbangkan. Jembatan rangka batang menjadi salah satu jenis jembatan yang menjadi opsi terbaik untuk proyek akhir ini karena mempertimbangkan efisiensi biaya dan waktu pembangunan, serta fungsi dan kekuatan dari jembatan itu sendiri. Jembatan rangka batang tidak membutuhkan biaya yang mahal, seperti jembatan gantung dan kabel pancang, mengingat sesuai dengan anggaran yang dikeluarkan dari pemerintah dan pembangunan juga tidak begitu lama sehingga tidak menyebabkan anggaran membengkak.

Menurut Bridge (2005), karena kekuatan tahanan jembatan rangka batang yang besar, biasanya jenis jembatan ini yang sering digunakan untuk peruntukkan jembatan kereta api. Sebab jembatan ini tidak memerlukan estetika, seperti jenis jembatan lengkung, gantung, dan kabel pancang, jembatan kereta api hanya membutuhkan kekuatan yang besar dan dapat menopang beban-beban kereta api, serta pendukungnya. Sebenarnya jembatan alang juga memenuhi syarat karena efisiensi biayanya dan juga kuat, namun jembatan kereta api ini direncanakan akan dibangun di atas sungai yang memiliki mobilitas kapal sehingga kurang cocok menggunakan jembatan alang. Salah satu jembatan kereta api yang paling awal dipakai dan masih banyak ditemukan di Indonesia adalah jembatan rangka batang baja. Beberapa jembatan kereta api Indonesia yang menggunakan struktur rangka batang baja, yaitu Jembatan Bekasi, Jembatan Cidurian, dan Jembatan Kedunggedeh.

Seperti yang telah disebutkan di atas, jembatan rangka batang merupakan salah satu opsi pemerintah Indonesia untuk membangun jembatan untuk kereta api. Banyak material yang dapat digunakan untuk membangun jembatan rangka batang, salah satunya menggunakan material baja. Baja sendiri merupakan material yang banyak digunakan di negara-negara maju, khususnya di Asia. Berdasarkan data dari World Steel Association pada Oktober 2022, penggunaan material baja di dunia diprediksikan

mencapai 1796.7 ton metrik pada tahun 2022 dan akan meningkat lagi setiap tahunnya. Penggunaan baja dapat menurun apabila terdapat permasalahan, seperti masa pandemi kemarin. Benua Asia dan Oseania merupakan pemakai material baja terbesar hingga 1269.9 ton metrik pada tahun 2022, seperti terlihat pada Gambar 1.1. Penggunaan material baja terbesar dikuasai oleh negara-negara maju, seperti China, India, Amerika Serikat, Jepang, Korea Selatan, dan masih banyak negara maju lainnya, seperti terlihat di Gambar 1.2.



Gambar I.3 Prediksi Data Penggunaan Material Baja di Setiap Benua

(Sumber: World Steel Association, 2022)

2021—2023 TABLE			
Countries	Top 10 Steel Using Countries		
	2021	2022 (f)	2023 (f)
China	952.0	914.0	914.0
India	106.2	112.7	120.3
United States	97.1	99.2	100.8
Japan	57.4	57.5	58.5
South Korea	56.0	54.6	54.6
Russia	43.9	41.3	37.2
Germany	35.3	33.6	32.3
Türkiye	33.4	32.0	33.3
Italy	26.6	25.7	24.9
Brazil	26.3	24.1	25.3

f = forecast

Gambar I.4 Daftar Negara Penggunaan Material Baja Terbesar di Dunia

(Sumber: World Steel Association, 2022)

Industri baja sebagai “*mother of industries*” menyebabkan pemerintah Indonesia memberikan perhatian ekstra pada sektor industri tersebut. Berdasarkan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia pada 2022, sektor ini mencatat pertumbuhannya mencapai hampir 8% pada bulan Januari - Maret 2022, sebagian besar dari ekspor perdagangan besi baja yang naik sebesar 133.6% dari tahun 2019 - 2021. Sektor logam di Indonesia juga mendapatkan Penanaman Modal Asing (PMA) sebanyak 37.5 triliun Rupiah dan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) sebanyak 2.68 triliun Rupiah.

Banyaknya material baja yang digunakan untuk kebutuhan infrastruktur, salah satunya baja digunakan sebagai struktur rangka batang untuk jembatan kereta. Namun, pembangunan jembatan rangka batang untuk kereta api dibutuhkan perencanaan yang matang, baik dari segi desain hingga kekuatan dari jembatan tersebut. Oleh sebab itu, penulis memutuskan untuk mendalami prinsip dan cara desain jembatan rangka batang dengan menggunakan material baja.

I.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan di atas, berikut ini adalah beberapa rumusan masalah untuk mendesain dan merencanakan jembatan rangka batang bentang 62 meter untuk jalur rel kereta api, yaitu:

1. Bagaimana cara untuk mendesain jembatan kereta api rangka batang berdasarkan pedoman dari AREMA, AISC, SNI, dan Permenhub?
2. Berapakah nilai kapasitas jembatan kereta api rangka batang untuk menahan beban-beban statis, maupun dinamis yang memengaruhi jembatan?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Setelah memaparkan rumusan masalah di atas, berikut adalah tujuan dan manfaat dari penelitian untuk mendesain dan merencanakan jembatan rangka batang bentang 62 meter, yaitu:

1. Untuk mendesain jembatan kereta api rangka batang berdasarkan pedoman dari AREMA, AISC, SNI, dan Permenhub.
2. Untuk mengetahui berapa nilai kapasitas jembatan kereta api rangka batang untuk menahan beban-beban statis, maupun dinamis yang memengaruhi jembatan.

I.4 Batasan Penelitian

Desain dan perencanaan dari jembatan rangka batang bentang 62 meter ini hanya dibatasi pada struktur bangunan atas, mendesain dan menghitung kekuatan dari rangka bajanya saja sesuai dengan persyaratan dan peraturan yang ada dengan enam profil jembatan. Selain itu, penulisan ini juga merencanakan sambungan pada jembatan, mutu sambungan yang juga sesuai dengan standar dan peraturan. Penulisan ini tidak merencanakan dari sisi persyaratan untuk desain dan kekuatan kereta api, rel, struktur bangunan bawah, dan bagian pondasi, serta tidak mempertimbangkan rencana anggaran biaya dari proyek ini.