

PELUANG PENGGUNAAN KONSTRUKSI BAJA UNTUK JEMBATAN BENTANG PANJANG DAN TEROWONGAN BAWAH LAUT

Basuki Muchlis

Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia
DPD DKI Jakarta
basukimuchlis284@gmail.com

Abstract

Steel material has an important role in the development of construction technology. High tensile strength, durable, and lighter than concrete, makes steel structures widely used in the construction of transportation infrastructure, especially for long-span bridges and underwater tunnels. In this study, the opportunities for using steel construction for use in the construction of long-span bridges, namely cable stayed bridges or cable suspension bridges, and in underwater tunnels are examined. This study shows that the choice of long-span bridge type or technology is largely determined by local conditions and the planned bridge span length. The use of steel tubes for underwater tunnel construction can be an alternative for use in the construction of underwater tunnels to be built in the new capital city of Indonesia.

Keywords: steel; long span bridges; cable stayed bridge; cable suspension bridge; underwater tunnel

Abstrak

Material baja memiliki peran penting dalam pengembangan teknologi konstruksi. Kuat tarik tinggi, tahan lama, dan lebih ringan dibandingkan dengan beton, membuat struktur baja digunakan secara luas dalam pembangunan infrastruktur transportasi, khususnya untuk jembatan bentang panjang dan terowongan bawah laut. Pada studi ini dikaji peluang penggunaan konstruksi baja untuk digunakan pada konstruksi jembatan bentang panjang, yaitu jembatan pancang atau jembatan gantung, dan pada terowongan bawah laut. Studi ini menunjukkan bahwa pemilihan tipe atau teknologi jembatan bentang panjang sangat ditentukan oleh kondisi setempat dan panjang bentang jembatan yang direncanakan. Penggunaan tabung baja untuk konstruksi terowongan bawah laut dapat menjadi salah satu alternatif untuk digunakan dalam pembangunan terowongan bawah laut yang akan dibangun di Ibu Kota Nusantara.

Kata-kata kunci: baja; jembatan bentang panjang; jembatan pancang; jembatan gantung; saluran bawah laut

PENDAHULUAN

Baja merupakan jenis material konstruksi yang umum digunakan pada konstruksi jembatan bentang panjang. Jenis baja yang digunakan adalah baja kinerja tinggi, seperti ASTM A992 atau ASTM A572, yang memiliki kuat tarik yang tinggi, lebih ringan, lebih ekonomis, lebih murah dalam pemeliharaan, dan dapat digunakan pada desain dengan bentuk yang memiliki nilai estetika tinggi. Kabel baja mutu tinggi juga umum digunakan untuk pembangunan jembatan pancang atau jembatan *cable stayed*.

Saat ini, Indonesia telah sukses membangun jembatan bentang panjang yang bentuknya lebih estetik. Telah banyak jembatan bentang panjang dibangun, seperti jembatan bentang panjang yang pernah dibangun di Kutai Kartanegara tahun 2001, tetapi mengalami kerun-

tuhan pada tahun 2011 (Supartono, 2021a). Pengalaman pahit tersebut mungkin dapat menjadi pelajaran dalam pembangunan jembatan bentang panjang di masa depan di Indonesia, termasuk rencana pembangunan jembatan yang akan menghubungkan Pulau Buton dan Pulau Muna.

Material baja juga telah banyak digunakan untuk pembangunan terowongan bawah laut dengan teknologi *immersed tunnel*, yang secara luas telah digunakan di Amerika Serikat (Zakhary, 2014). Sebagai contoh adalah proyek Trans Bay, yang dibangun di bawah jembatan Golden Gate tahun 1974, dan yang sampai tahun 2010 masih merupakan terowongan bawah laut terpanjang yang menggunakan teknologi terowongan terbenam menggunakan konstruksi tabung baja. Hingga saat ini, setelah 50 tahun, terowongan tersebut masih berfungsi dengan baik. *Best practice* pembangunan terowongan bawah laut yang menggunakan konstruksi tabung baja di AS ini mungkin dapat menjadi salah satu alternatif untuk pembangunan terowongan bawah laut terbenam yang direncanakan akan dibangun di Ibu Kota Nusantara (IKN).

PERKEMBANGAN JEMBATAN BENTANG PANJANG

Jembatan yang Estetis

Sejak Kemerdekaan Republik Indonesia, Pemerintah telah membangun banyak jembatan, tetapi bentuknya monoton dan kurang memiliki nilai estetika tinggi. Padahal, dalam perkembangan yang terjadi di dunia, jembatan bukan hanya harus memiliki kekokohan dalam menahan beban, namun juga harus memiliki nilai estetika tinggi. Jembatan bukan hanya dianggap sebagai prasarana transportasi, tetapi juga sebagai *landmark* suatu kota atau bahkan menjadi tujuan wisata (Hilda, 2021).

Dengan munculnya kesadaran tersebut, mulailah dibangun berbagai tipe jembatan nonkonvensional, seperti yang dibangun di Pulau Batam dan disebut sebagai Jembatan Bareleng, yang dibangun pada tahun 1992-1998. Tipe jembatan yang dibangun tersebut adalah tipe kabel pancang atau *cable stayed*. Sejak selesai dibangun, Jembatan Bareleng menjadi salah satu tujuan wisata utama di Pulau Batam. Tidak berselang lama, di beberapa daerah Indonesia kemudian dibangun lebih banyak lagi jembatan bentang panjang dengan konstruksi *cable stayed*, yang memiliki nilai estetika tinggi.

Secara umum, terdapat 2 jenis teknologi jembatan bentang panjang yang banyak digunakan di dunia, yaitu jembatan pancang (*cable stayed bridge*) dan jembatan gantung (*suspension bridge*). Bagi orang awam kedua jenis jembatan ini mirip, karena sama-sama menggunakan kabel gantung, tetapi secara teknis memiliki beberapa perbedaan dan implikasi terhadap biaya maupun lebar bentang yang dapat dicapai.

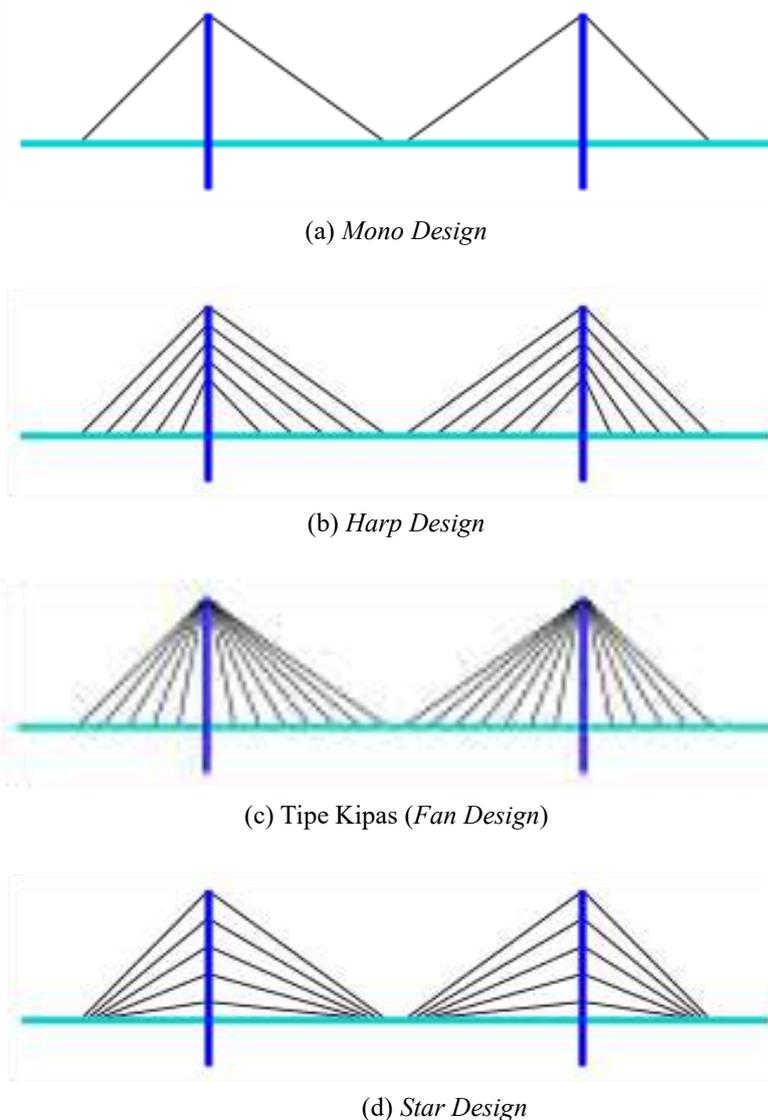
Jembatan Pancang

Jembatan pancang bekerja atas dasar beban dek jembatan yang ditopang oleh kabel-kabel diagonal dalam keadaan tegang, yang secara langsung menuju ke satu atau dua menara

vertikal. Menara itu mengalihkan beban-beban dari kabel ke pondasi melalui tekanan secara vertikal. Gaya-gaya tarik pada kabel juga membuat dek jembatan berada dalam tekanan secara horizontal.

Konstruksi jembatan pancang biasanya mengikuti metode kantilever, sehingga konstruksi dimulai dengan membenamkan pondasi Caisson dan *erection* dari menara dan angkur-angkur. Setelah menara terbangun, satu kabel dan bagian dek dibangun di masing-masing arah. Setiap bagian dek di-*prestres* sebelum dilanjutkan. Proses ini diulang hingga bagian-bagian dek bertemu di tengah dan kemudian disambung, serta bagian ujung diangkur ke abutmen (Virlogeux, 2001).

Jembatan pancang menawarkan berbagai variasi dalam desain, baik yang terkait dengan penggunaan material pada kabel dan dek jembatan, maupun yang terkait dengan bentuk geometris susunan kabelnya (lihat Gambar 1). Hal ini membuat jembatan tipe ini memiliki bentuk yang lebih estetik dan bervariasi.



Gambar 1 Jenis-Jenis Desain Jembatan Cable Stayed

Jembatan pancang pertama kali berkembang pada sekitar abad 16. Namun jembatan ini mulai banyak digunakan pada abad 20, dengan material baru, menggunakan peralatan yang lebih modern, dan dengan biaya yang lebih murah untuk mengganti jembatan lama. Beberapa keuntungan yang terkait dengan bentuk susunan kabel adalah:

- 1) Bentuk desain mono, menggunakan kabel tunggal dari menara, merupakan jenis yang jarang digunakan.
- 2) Bentuk harpa atau paralel, dengan kabel-kabelnya mendekati paralel sehingga menempel di tower dan jaraknya proporsional terhadap menara dan deck.
- 3) Bentuk kipas (*fan*), dengan semua kabelnya melalui bagian puncak menara, dan pada bentuk variasinya, kabel menempel di dekat puncak menara namun diberi jarak yang cukup.
- 4) Bentuk bintang (*star*), merupakan bentuk yang jarang, dengan jarak kabel seperti jarak kabel pada bentuk harpa, tetapi menyambung ke dek di titik yang berdekatan.

Selain itu, terdapat beberapa jenis *cable stayed* dilihat dari penggunaannya, yaitu *single*, *double*, *portal*, *A-shaped*, *H-shaped*, *inverted Y*, dan *M-shaped*, dengan bentuk ketiga terakhir tersebut merupakan gabungan antara 2 susunan menjadi 1. Beberapa keuntungan jembatan pancang adalah: (1) kekakuannya lebih besar dibandingkan dengan jembatan gantung, sehingga deformasi dek terhadap beban bisa berkurang, (2) dapat dikonstruksi dengan metode kantilever dari menara, sehingga fungsi kabel bisa bersifat temporer dan permanen, dan (3) gaya horizontal seimbang dan tidak diperlukan ankur ke tanah untuk jembatan yang simetris, yang mana panjang bentang di kedua menara sisi sama.

Saat ini jembatan pancang sudah banyak dibangun di Indonesia, mulai dari skala kecil hingga skala besar. Jembatan Bareleng (Batam, Rempang, dan Galang), yang terdiri atas 6 buah jembatan, salah satu di antaranya menggunakan konstruksi *cable stayed* atau kabel pancang. Saat ini di Indonesia sudah terdapat 12 jembatan dengan konstruksi *cable stayed*, yaitu: (1) Jembatan Bareleng-Kepulauan di Provinsi Riau, (2) Jembatan Suramadu di Provinsi Jawa Timur, (3) Jembatan Merah Putih di Provinsi Maluku, (4) Jembatan Soekarno di Provinsi Sulawesi Utara, (5) Jembatan Pulau Balang di Provinsi Kalimantan Timur, (6) Jembatan Teluk Kendari di Provinsi Sulawesi Tenggara, (7) Jembatan Sei Alalak di Provinsi Kalimantan Selatan, (8) Jembatan Palibaja di Provinsi Jawa Barat, (9) Jembatan Musi IV di Provinsi Sumatera Selatan, (10) Jembatan Pasopati di Provinsi Jawa Barat, (11) Jembatan Interchange Klodran di Provinsi Jawa Tengah, dan (12) Jembatan Sungai Dareh di Provinsi Sumatera Barat.

Jembatan tipe *cable stayed* yang terpanjang di Indonesia saat ini adalah Jembatan Pulau Balang, yang menghubungkan Kota Balikpapan dengan Pulau Balang di Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur, dan yang saat ini sudah berfungsi (lihat Gambar 2). Jembatan ini memiliki panjang total 804 m dengan bentang terpanjang 402 m, dengan biaya pembangunan sebesar Rp1,33 triliun (Supartono, 2021b).

Palam tahap kajian Jembatan Pulau Balang, Supartono (2021b) membandingkan antara menggunakan jembatan pancang atau jembatan gantung. Ternyata hasilnya menunjukkan bahwa jembatan pancang lebih murah dibandingkan dengan jembatan gantung. Pada

studi yang dilakukan tahun 2015, untuk panjang jembatan yang sama, biaya untuk jembatan pancang adalah Rp1,39 triliun, sedangkan biaya jika menggunakan jembatan gantung adalah Rp3,05 triliun (perkiraan tahun 2010). Selain itu, secara teknis akan sulit jika menggunakan jembatan gantung, karena kondisi tanah setempat yang tidak mendukung untuk membuat angkur eksternal (Supartono, 2021a).



Gambar 2 Jembatan Pulau Balang yang Mendukung Transportasi ke Ibu Kota Negara Nusantara

Saat ini, Tiongkok sangat maju dan memimpin dalam pembangunan jembatan pancang. Dari 10 jembatan pancang dengan bentang terpanjang di dunia, 7 di antaranya dibangun di Tiongkok. Bahkan jembatan pancang dengan panjang peringkat kedua di dunia berada di Tiongkok (lihat Tabel 1).

Tabel 1 Jembatan Pancang (*Cable Stayed*) dengan Bentang Terpanjang di Dunia

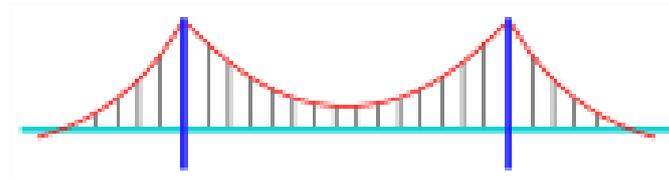
No.	Nama Jembatan	Panjang Bentang Utama (m)	Negara	Selesai Dibangun
1	Russky Bridge	1.104	Rusia	2012
2	Husutong	1.092	Tiongkok	2020
3	Sutong Yangtze River	1.088	Tiongkok	2008
4	Stonecutters	1.018	Tiongkok (Hongkong)	2009
5	Qingshan Yangtze River	938	Tiongkok	2021
6	Edong Yangtze River	926	Tiongkok	2010
7	Jaiyu Yangtze River	920	Tiongkok	2019
8	Tatara	890	Jepang	1999
9	Pont de Normande	856	Perancis	1995
10	Chizhou Yangtze River	828	Tiongkok	2019

Sumber: Lin (2020)

Jembatan Gantung

Pada jembatan gantung, kabel besar utama, yang umumnya berjumlah 2 buah, digantung di antara dua menara dan di kedua ujung diangkur ke tanah (lihat Gambar 3). Konstruksi ini akan sangat sulit untuk dilaksanakan jika kondisi tanah di kedua sisi jembatan tidak baik. Kabel utama yang bebas bergerak tergantung di menara menahan beban dek jembatan. Sebelum dek jembatan terpasang, kabel berada dalam tegangan akibat beratnya sendiri. Sepanjang kabel utama, kabel lebih kecil atau berbentuk batang baja disambungkan ke lantai jembatan. Seiring dengan pekerjaan, tegangan pada kabel bertambah, dan demikian

ketika ada pembebanan dari beban hidup lalu lintas di atas jembatan. Tegangan pada kabel utama dialirkan ke tanah melalui angkur tanah dan melalui tekanan ke bawah melalui menara.



Gambar 3 Jembatan Gantung

Tipe jembatan gantung berkembang pesat di Amerika Serikat dan mengalami perkembangan pesat pada panjang bentangnya. Jembatan gantung pertama dibangun sekitar tahun 1826, di Amerika Serikat, dengan panjang bentang 170 m, kemudian disusul oleh *Brooklyn Bridge* pada tahun 1883 dengan panjang bentang 488 m, dan disusul lagi oleh *Golden Gate Bridge* dengan panjang bentang 1.280 m pada tahun 1937 (Podolny dan Goodyear, 2006). Terlihat bahwa terjadi perkembangan pada panjang bentang jembatan, yang setiap sekitar setengah abad naik sekitar 2 kali lipat. Perbandingan kelebihan dan kekurangan tipe jembatan pancang dan jembatan gantung dapat dilihat pada Tabel 2 (Supartono, 2021a).

Tabel 2 Perbandingan Jembatan Pancang dan Jembatan Gantung

Jembatan Pancang (<i>Cable Stayed Bridge</i>)	Jembatan Gantung (<i>Suspension Bridge</i>)
- Ketinggian pylon sangat terbatas, khususnya jika dekat dengan daerah bandar udara.	- Ketinggian pylon bisa lebih rendah untuk daerah tertentu.
- Panjang bentang akan ekonomis sampai dengan 1000 m.	- Panjang bentang bisa mencapai lebih dari 3000 m.

Secara ekonomis, dari sisi biaya, untuk bentang 800 m sama antara Jembatan Pancang dan Jembatan Gantung

Jembatan gantung juga pernah dibangun di Indonesia pada tahun 2001, yang terletak di Kutai Kartangera. Jembatan yang mirip dengan Jembatan *Golden Gate* di Amerika Serikat ini memiliki panjang total 710 m dengan bentang terpanjang 270 m. Namun, jembatan gantung ini mengalami keruntuhan pada tahun 2011.

Belum ada jembatan gantung lain yang dibangun di Indonesia saat ini. Namun direncanakan akan ada jembatan gantung baru yang dibangun, yang sekarang masih dalam tahap studi, yaitu, Jembatan Buton-Muna. Jembatan ini direncanakan akan menggunakan konstruksi jembatan gantung, dengan bentang utama sepanjang 765 m dan dek jembatan terbuat dari konstruksi kotak baja orthotropic (Supartono, 2021c).

Jembatan gantung dengan bentang terpanjang di dunia yang sudah terbangun adalah Jembatan Canakkale 1915, di Turki, yang selesai dibangun pada tanggal 18 Maret 2022 (lihat Tabel 3). Jembatan gantung ini memiliki bentang terpanjang 2.023 m, yang mana bentang tersebut lebih panjang daripada Jembatan Akashi Kakyo di Jepang yang dibangun pada tahun 1998, dengan bentang terpanjang 1.991 m (Lin, 2020). Sementara itu, Jembatan Selat Sunda, kalau jadi dibangun, akan memiliki bentang terpanjang 2,2 km.

Tabel 3 Jembatan Gantung Bentang Terpanjang di Dunia

No.	Nama Jembatan	Panjang Bentang Utama (m)	Negara	Selesai Dibangun
1	Canakkale 1915	2.023	Turki	2022
2	Akashi Kaikyo	1.991	Jepang	1998
3	Yangsigang Yangtze River	1.700	Tiongkok	2019
4	Nansha	1.688	Tiongkok	2019
5	Xihoumen	1.650	Tiongkok	2009
6	Great Belt	1.624	Denmark	1998
7	Osman Gazi	1.550	Turki	2016
8	Yi Sun-sin	1.545	Tiongkok	2012
9	Runyang	1.490	Korea Selatan	2005
10	Second Dongtinghu	1.480	Tiongkok	2018

Sumber: Lin (2020)



Gambar 4 Jembatan Canakkale 1915 di Turki

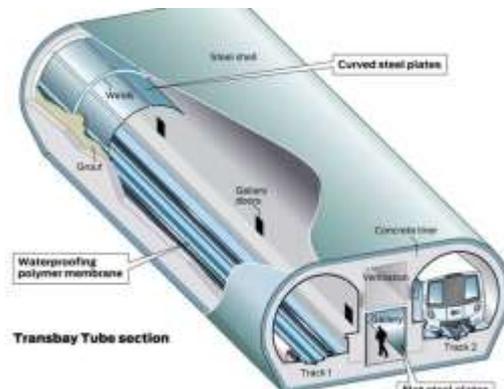
Penggunaan konstruksi baja untuk jembatan bentang panjang mulai secara luas digunakan. Sebagai contoh adalah Jembatan Canakkale 1915, di Turki, yang merupakan jembatan gantung terpanjang di dunia saat ini (lihat Gambar 4). Hasil riset mutakhir terhadap baja berkinerja tinggi semakin mengkonfirmasi keunggulan konstruksi baja untuk jembatan bentang panjang baja, seperti penggunaan baja *orthotropic* untuk dek jembatan (Virlogeux, 2001).

KONSTRUKSI BAJA UNTUK TEROWONGAN BAWAH LAUT

Ibu Kota Nusantara (IKN) direncanakan akan memiliki jalan tol bawah tanah dengan teknologi terowongan bawah laut (*immersed tunnel*). Pembangunan terowongan bawah laut di IKN ini akan menggunakan teknologi yang digunakan di Korea Selatan. Terowongan bawah laut ini direncanakan akan memiliki panjang 1,5 km dan merupakan bagian jalan tol yang akan menghubungkan Balikpapan-Samarinda-Jembatan Pulau Balang, dengan panjang total sekitar 47 km.

Konstruksi terowongan di IKN direncanakan menggunakan teknologi yang berbeda dibandingkan dengan konstruksi terowongan yang sudah ada di Indonesia. Terowongan ter-

sebut nantinya akan dibuat di daratan dan akan ditenggelamkan ke dalam laut. Teknologi ini sudah pernah dipraktikkan, seperti di Transbay Area dan di bawah Jembatan Golden Gate Amerika Serikat (lihat Gambar 5 dan Gambar 6).



Gambar 5 Teknologi *Immersed Tunnel* dengan Konstruksi Tabung Baja di Transbay Area



Gambar 6 Jalur Kereta Api Menggunakan Terowongan Terbenam dengan Konstruksi Tabung Baja di Bawah Jembatan Golden Gate

Terdapat 2 jenis teknologi terowongan bawah laut saat ini, yaitu: (1) menggunakan konstruksi beton, dan (2) menggunakan konstruksi baja. Sebagai contoh, teknologi *immersed tunnel* yang digunakan pada terowongan di Busan, Korea, menggunakan konstruksi beton berbentuk kotak, dengan panjang total 3.240 m dan kedalaman maksimal 48,5 m. Pelaksanaan transportasi untuk segmen tabung pipa baja yang akan ditenggelamkan dapat dilihat pada Gambar 7.

Saat ini proyek terowongan Busan ini merupakan terowongan *immersed tunnel* yang terdalam di dunia. Jumlah elemen kotak beton adalah sebanyak 18. Diperkirakan terowongan bawah laut IKN akan lebih dalam dibandingkan dengan terowongan Busan.

Teknologi terowongan bawah laut juga berkembang di Amerika Serikat, namun banyak yang menggunakan konstruksi baja (Kuesel, 1986; BART, 2024). Di negara tersebut berkembang pembangunan terowongan bawah laut dengan teknologi tabung baja (*steel immersed tube*), dan terowongan untuk transportasi pertama yang dibangun dengan menggu-

nakan metode *immersed tube* adalah terowongan Boston Harbour, yang dibangun pada tahun 1896. Selanjutnya, pada tahun 1906 dibangun di Michigan Central Railroad dan menyusul Trans Bay Tunnel pada tahun 1974.



Gambar 7 Pelaksanaan Transportasi Segmen Tabung Pipa Baja yang Akan Ditenggelamkan

Terowongan bawah air Transbay, di San Fransisco, memiliki panjang total 5,8 km, dengan terowongan kembar yang masing-masing berdiamter 5,2 m. Setiap bagian tabung baja yang diangkut memiliki panjang sekitar 100 m, ditenggelamkan dengan kedalaman maksimum 41 m. Terowongan bawah laut ini mampu bertahan terhadap gempa Loma Prieta, di California, tahun 1989, dengan kekuatan 6,9 skala Richter, tanpa mengalami kerusakan, padahal saat itu di dalam terowongan sedang ada kereta api. Untuk mencegah terjadinya korosi air laut, digunakan sistem proteksi katodik dan sistem proteksi ini masih efektif berfungsi hingga sekarang (BART, 2024).

Beberapa keuntungan menggunakan konstruksi tabung baja ini adalah fabrikasi bisa dilakukan sepenuhnya di darat sehingga kendali mutunya lebih baik, termasuk kontrol terhadap potensi kebocoran. Selain itu, pelaksanaan konstruksi beton umumnya lebih lama dibandingkan dengan pelaksanaan konstruksi baja, yang selisihnya dapat mencapai 2 tahun lebih lama (Kuesel, 1986). Penggunaan konstruksi tabung baja ini dapat dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif untuk pembangunan terowongan bawah laut yang direncanakan akan dibangun di IKN.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perkembangan teknologi baja berkinerja tinggi telah mendorong inovasi dalam pembangunan jembatan bentang panjang di dunia, sehingga dapat dilaksanakan dengan lebih cepat dan lebih ekonomis. Berkembangnya teknologi jembatan bentang panjang tersebut memungkinkan dibangunnya jembatan yang tidak saja berfungsi sebagai prasarana infrastruktur transportasi yang kokoh, tetapi juga memiliki nilai estetika yang tinggi, sehingga jembatan bisa menjadi *landmark* suatu kota dan sekaligus bisa menjadi destinasi wisata.

Pemilihan tipe atau teknologi jembatan bentang panjang, jembatan pancang (*cable stayed bridge*) atau jembatan gantung (*cable suspension bridge*) sangat ditentukan oleh kondisi setempat dan panjang bentang yang direncanakan. Hal ini memerlukan studi yang mendalam, terkait dengan aspek-aspek teknologi dan biayanya.

Penggunaan tabung baja, seperti yang telah diterapkan di Amerika Serikat, dapat menjadi salah satu alternatif dalam pembangunan terowongan bawah laut yang akan dibangun di Ibu Kota Nusantara (IKN). Hal ini tentu perlu disesuaikan dengan kemampuan teknologi dan sumber daya lokal yang mendukung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bay Area Rapid Transit (BART). 2024. *An Engineering Marvel: "Nobody has A Tube Like Ours.* (Online), (<https://www.bart.gov/news/articles/2024/news20240916>, diakses 5 Oktober 2024).
- Hilda, B.A. 2021. *Indonesia Punya 12 Jembatan Cable Stayed Ikonik.* (Online), (<https://www.kompas.com/properti/read/2020/11/20/100000421/indonesia-punya-12-jembatan-cable-stayed-ikonik>, diakses 5 Oktober 2024).
- Kuesel, T.R. 1986. *Immersed Tube Tunnel, Concept, Design & Constrction.* Civil Engineering Practice Journal, 1 (1): 57-78.
- Lin, T.T. 2020. *International Wins Detailed Design Engineering Bid for Bataan-Cavite Interlink Bridge in the Philippines.* San Francisco, CA: T.Y. Lin International Group
- Podolny, W. Jr., Goodyear, D. 2006. *Cable-Suspended Bridges.* New York, NY: McGraw-Hill.
- Supartono. 2021a. *Balang Island Bridge.* Makalah dipresentasikan pada HAKI Webinar 2021. Jakarta.
- Supartono. 2021b. *Balang Island Bridge.* (Online), (https://www.youtube.com/results?search_query=Seminar+HAKI+Jembatan+Pulau+Balang, diakses 5 Oktober 2024).
- Supartono. 2021c. *Jembatan Buton-Muna.* Makalah Dipresentasikan pada HAKI Webinar 2021. Jakarta.
- Virlogeux, M. 2001. Bridges with Multiple Cable-Stayed Spans. *Structural Engineering International*, 11 (1): 61–82.
- Zakhary, M. 2014. *The Second Transbay Tube Needed to Help Keep BART on Track.* *San Francisco Chronicle.* San Francisci, CA.