

Dalihan Na Tolu Sebagai Konsep Dasar Rancangan Jembatan Tano Ponggol (Studi Kelayakan Jembatan Tano Ponggol)

Wiryawan Purboyo¹

¹ Lembaga Sertifikasi Badan Usaha Asosiasi Kontraktor Terintegrasi Indonesia (AKTI) Pusat
Jl. Cipinang Kebembem I Blok Cipinang Kebembem I Nomor 2A, RT.6/RW.7 Cipinang,
Kecamatan Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13230
wiryawan.punkq@gmail.com

Received 10 September 2020, Revised 2 March 2021, Accepted 29 October 2021

Abstract — *Lake Toba National Tourism Strategic Area (NTSA) requires tourism relevant road and bridge to support tourism. For this reason, the road segment for Tele - Pangururan - Nainggolan - Onan Runggu - Lagundi - Tomok - Ambarita - Pangururan was implemented and plans to build the Tano Ponggol Bridge in Pangururan District, Samosir Regency as land access to Samosir Island. The government plans to replace the Tano Ponggol bridge as well as make it a landmark for Pangururan Tourism City. The local wisdom approach to the bridge design is put on the concept of kinship which is owned by all ethnic groups around the Lake Toba area. The principles of the kinship concept in Batak culture are: Dalihan Na Tolu: elek marboru, somba marhula hula, and manat mardongan tubu. These three principles are manifested in the design of a three-legged bridge. The results of the multi-criteria analysis of selecting 3 alternative bridge designs show that the greatest value in alternative 3, namely replacing the main pylon bridge and cable stayed bridge using a concrete box structure 47.5+95+47.5 m (the erection balance cantilever method), the architectural aesthetic concept "Dalihan Na Tolu" with the construction of three symmetrical parallel pillars as bridge accessories, so that the purpose the bridge design which is also a landmark can still be achieved.*

Keywords: *Lake Toba NTSA, Tourism relevant road and bridge, Local wisdom, Dalihan Na Tolu.*

Abstrak — *Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Danau Toba membutuhkan jalan dan jembatan pendukung pariwisata. Untuk itu dilaksanakan peningkatan Ruas Jalan Tele – Pangururan – Nainggolan – Onan Runggu – Lagundi – Tomok – Ambarita - Pangururan dan rencana Pembangunan Jembatan Tano Ponggol di Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samosir sebagai akses darat menuju Pulau Samosir. Pemerintah merencanakan penggantian jembatan Tano Ponggol sekaligus menjadikannya sebagai landmark Kota Wisata Pangururan. Pendekatan kearifan lokal rancangan jembatan diletakkan pada konsep kekerabatan yang dimiliki semua etnis di sekitar Kawasan Danau Toba. Prinsip konsep kekerabatan di Budaya Batak adalah: Dalihan Na Tolu: elek marboru, somba marhula hula, dan manat mardongan tubu. Ketiga prinsip tersebut diwujudkan dalam rancangan jembatan berkaki tiga. Hasil analisis multi-kriteria pemilihan 3 alternatif rancangan jembatan menunjukkan bahwa nilai terbesar pada alternatif 3, yaitu mengganti jembatan utama pylon dan cable stayed dengan menggunakan struktur box beton 47,5+95+47,5m (metode erection balance cantilever), konsep estetika arsitektur "Dalihan Na Tolu" dengan konstruksi tiga pilar sejajar simetris sebagai asesoris jembatan, sehingga tujuan perancangan jembatan yang sekaligus sebagai landmark tetap tercapai.*

Kata Kunci: *KSPN danau Toba, Jalan dan Jembatan Pendukung Pariwisata, Kearifan lokal, Dalihan Na Tolu*

PENDAHULUAN

Danau Toba merupakan salah satu kaldera terbesar di dunia dan reservoir air tawar (*fresh water*) terbesar di Asia Tenggara harus dikelola secara baik agar memberikan dampak positif bagi kehidupan masyarakat. Danau Toba berbatasan langsung dengan tujuh kabupaten yaitu Kabupaten Samosir, Simalungun, Toba Samosir, Tapanuli Utara, Humbang Hasudutan, Dairi, Karo, (dan Pakpak Bharat, walau tidak berbatasan langsung dengan Danau Toba, tapi merupakan sumber utama air Danau Toba). Upaya pelestarian Danau Toba dilakukan dengan menetapkannya sebagai Kawasan Strategis Nasional (KSN), berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2014. Danau Toba ditetapkan pula sebagai Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) sesuai Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2011, dan termasuk pula sebagai salah satu dari 10 destinasi wisata unggulan.

Masyarakat Danau Toba diidentifikasi sebagai masyarakat adat (*Indigenous People*), sama seperti Suku Batak pada umumnya. Oleh karenanya penduduk yang berada di rencana lokasi proyek menganut sistem kekerabatan/ interaksi sosial dan aspek budaya lainnya seperti penghormatan pada leluhur melalui pembangunan makam. Dalam kekerabatan dan interaksi sosial, Dalihan na tolu itu menjadi lambang sistem sosial Batak Toba yang mempunyai tiga tiang penopang, yaitu pihak semarga (*dongan tubu*), pihak penerima istri (*boru*) dan pihak pemberi istri (*hula-hula*), yang ketiga-tiganya harus hadir pada setiap upacara adat masyarakat Batak Toba.

Dalihan na tolu merupakan dasar atau landasan interaksi masyarakat yang berfungsi sebagai pedoman menentukan kedudukan, hak dan kewajiban masyarakat, untuk mengatur dan mengendalikan tingkah laku masyarakat dalam kehidupan sehari-hari, dan untuk menjadi dasar demokrasi untuk penyelesaian masalah terutama secara musyawarah dan mufakat dalam masyarakat Batak. Oleh karena itu *dalihan na tolu* merupakan satu sistem budaya yang bagi orang Batak Toba nilai yang dikandungnya dijadikan tatanan hidup dan sekaligus menjadi sumber motivasi berperilaku. Orang Batak Toba menghayati dalihan na tolu sebagai satu sistem nilai budaya yang memberi pedoman bagi orientasi, persepsi, dan definisi terhadap kenyataan atau realitas (Harahap dan Siahaan, 1987).

Pengendalian ini didasarkan pada pola perilaku terhadap tiga unsur *dalihan na tolu* yaitu hormat kepada pihak pemberi istri (*somba marhula-hula*), membujuk kepada pihak penerima istri (*elek marboru*) dan hati-hati kepada teman semarga (*manat mardongan tubu*). Inilah yang mengendalikan pola bertingkah laku masyarakat Batak Toba sehingga setiap orang Batak Toba bertemu, dia akan mempraktekkan pola bertingkah laku itu.

Aspek Budaya lain yang penting adalah penghormatan pada leluhur melalui pembangunan

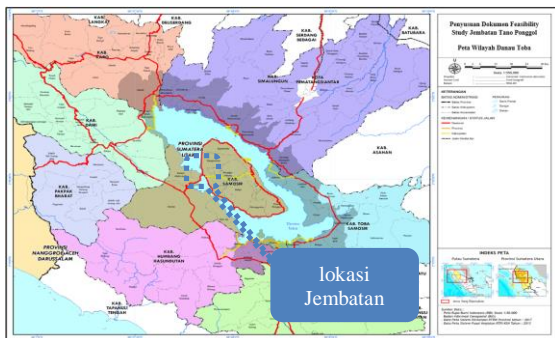
makam berbentuk Tugu (*tambak na Timbo*) dan makam keluarga (*tambak*). Pembangunan tugu marga dan makam/kuburan keluarga yang megah telah dimulai sejak tahun lima puluhan. Masing-masing marga berlomba membangun tugu marga mereka. Sehingga pada tiap kantong-kantong (*bona pasogit*) marga, dapat dijumpai berdirinya tugu marga. Tugu dan kuburan itu dibangun dengan berbagai model, dimana dananya berasal dari sumbangan seluruh keturunan marga atau anggota keluarga masing-masing. Pembangunan tugu dan kuburan megah ini mendapat dukungan yang luas dari masyarakat Batak, baik yang berada di *bona parsogit* (kampung halaman), maupun yang berada di perantauan (*parsearahan*).

Salah satu pusat dari agama leluhur Batak adalah penghormatan kepada roh orang tua dan pemujaan kepada roh-roh leluhur. Penghormatan dan pemujaan ini berakar dari keyakinan akan adanya hubungan antara manusia yang masih hidup dengan roh orang yang telah mati (*adong pardomuan ni halak na mangolu dohot angka na mate*). Di samping itu, ada juga tulang belulang yang disimpan dalam kuburan yang dipahat dari batu, seperti kuburan Raja Sidabutar yang ada di Tomok. Dengan hilangnya kemampuan orang Batak dalam seni memahat batu, keberadaan guci batu digantikan dengan tugu dan makam-makam megah keluarga. Tugu dan makam itu dibangun dengan menggunakan semen, batu bata dan keramik, yang ditata dengan megah. Pada setiap kuburan dibuat beberapa lubang-lubang sebagai tempat diletakkannya tulang belulang anggota keluarga yang telah digali (*na ni ongal*). Bahkan ada juga lubang-lubang yang disediakan bagi anggota keluarga yang masih hidup. Kuburan-kuburan ini dibangun dengan berbagai model sesuai dengan keinginan dan selera mereka. Kuburan-kuburan megah itu biasanya dibangun menghadap ke jalan raya perkampungan, menghadap ke Danau Toba, di tempat-tempat yang agak tinggi atau di lereng bukit. Kehadiran roh itu disimbolkan dengan membuat patung-patung leluhur di atas tugu atau makam, dengan tujuan agar roh leluhur dapat memandang daerah sekitarnya (*manatap humaliang*) dengan bebas, dan dapat melihat jikalau ada keturunannya yang datang dari jauh. Keyakinan akan adanya hubungan dengan roh orang mati pada masa kini juga dilihat dengan masih adanya orang Batak yang memberikan makanan persembahan (*mamele*) di rumahnya. Ikatan dengan roh orang yang telah mati ini dapat kita lihat juga dalam kebiasaan orang Batak berziarah ke kuburan orang tua, kakek atau keluarganya yang telah meninggal. Dengan marsuap, segala kesialan yang menimpa kehidupan seseorang akan dibersihkan dari dalam dirinya. Pembawa sial itu akan tertinggal di kuburan dan kemudian sahala dari roh keluarga itu akan memberkati (*mamasu-masu*) kehidupannya. Dengan harapan pada masa mendatang mereka dapat mencapai segala cita-citanya. Dalam kepercayaan Batak, manusia yang hidup di dunia masih dapat berhubungan dengan roh-roh dari anggota keluarganya

yang telah mati. Demikian juga sebaliknya, roh orang mati masih dapat berhubungan dengan anggota keluarga atau keturunannya yang hidup di dunia.

Untuk mencapai Kawasan Danau Toba dapat menggunakan berbagai moda transportasi: udara, laut dan darat. Transportasi udara melalui Bandar Udara Kuala Namu (dilanjutkan angkutan darat melalui rute Medan-Tebing Tinggi-Pematang Siantar-Parapat dan rute Medan- Brastagi- Kabanjahe- Sidikalang-Pangururan) dan Bandar Udara Silangit (dilanjutkan angkutan darat melalui rute Silangit-Balige atau ke Muara atau ke Pangururan melalui rute Silangit-Dolok Sanggul-Tele-Pangururan). Transportasi laut melalui Pelabuhan Belawan, Tanjung Balai dan Kuala Tanjung. Transportasi darat kereta api dengan rute Medan-Tebing Tinggi-Pematang Siantar dilanjutkan dengan mobil dari Pematang Siantar ke Parapat, Balige dan kota-kota lainnya. Sementara dengan mobil dapat melewati jalan-jalan yang disebutkan di atas. Selain itu, terdapat juga rencana pengembangan jalan bebas hambatan (TOL) Medan- Tebing Tinggi- Pematang Siantar- Parapat- Balige- Silangit.

Menuju Pulau Samosir dapat menggunakan menggunakan kapal melalui pelabuhan-pelabuhan yang tersebar di pinggir Danau Toba, sementara transportasi darat melalui jembatan Tano Ponggol pada ruas jalan Tele-Pangururan. Pada saat ini Jembatan Tano Ponggol memiliki panjang eksisting 20 meter sehingga tidak memenuhi standar teknis jembatan berstatus jalan nasional (baik dimensi lebar lajur lalu lintas maupun standar pembebanan jembatan). Selain itu belum tersedianya jalur pejalan Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan. Adapun pendekatan yang dilakukan disajikan pada bagan alir pada Gambar 2. di bawah ini.



Gambar Error! No text of specified style in document.. Wilayah Danau Toba dan Lokasi Jembatan Tano Ponggol
Sumber: Peta RBI, 2019

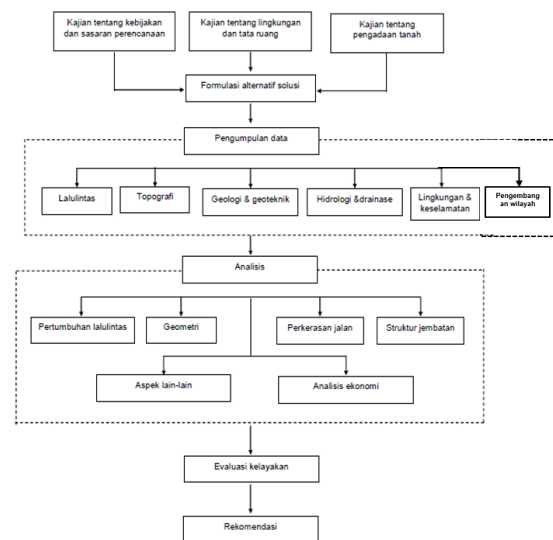
kaki dan masih menggunakan standar kegunaan tahun 2010. Oleh sebab itu, perlu jembatan baru yang sudah sesuai dengan standar yang berlaku.

Maksud dan tujuan studi kelayakan ini adalah untuk merancang Jembatan Tano Ponggol yang berupa konstruksi *cabl stayed simetris, cabl stayed asimetris* dan Jembatan Box Beton dan asesoris (*Balance Cantilever-Box Girder*). Dari hasil perancangan ketiga alternatif tersebut kemudian diadakan penilaian kelayakan dengan membandingkan dengan pendekatan dan evaluasi ekonomi, serta pertimbangan lainnya termasuk pertimbangan arsitektur berdasarkan nilai kearifan lokal budaya setempat.

Lingkup wilayah kegiatan studi kelayakan ini adalah wilayah Provinsi Sumatera Utara yang melingkupi seluruh potensi *inlet* dan *outlet* Sumatera Utara dari Provinsi lainnya di Pulau Sumatera, secara khusus melihat posisi Jembatan Tano Ponggol yang berada di Kabupaten Samosir yang berada dalam Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Danau Toba. Lingkup wilayah Danau Toba dapat dilihat pada Gambar 1. dibawah ini.

METODE PENELITIAN

Metode dititikberatkan pada Perencanaan Jembatan bentang panjang, acuan standar yang disyaratkan, lingkup kajian dan rencana kerja sesuai dengan ketentuan Pd-T-19-2005-B tentang Pedoman Teknis Studi



Gambar 2. Metodologi Pelaksanaan Kegiatan
Sumber: Pd. T-19-2005-B, 2005

Rencana pembangunan jembatan Tano Ponggol akan menggunakan lahan yang saat ini dipergunakan sebagai makam adat sebanyak 5 makam. Mitigasi pemindahan makam sebagai berikut:

- Melaksanakan rebus warga difasilitasi pemerintah daerah Kabupaten Samsir.
- Menepakati lokasi pemindahan makam.
- Menepakati rencana pemindahan makam termasuk: ganti rugi, waktu, cara dan upacara yang diperlukan.
- Melaksanakan rencana pemindahan makam sesuai dengan kesepakatan dengan warga.

Langkah-langkah tersebut dilaksanakan pemerintah kabupaten Samsir terhadap pemindahan makam yang terkena dampak pelebaran alur Tano Ponggol.

Rancangan Jembatan:

Dalam rangka mengembangkan pariwisata di Kawasan Danau Toba dibutuhkan dukungan infrastruktur jalan dan jembatan yang memadai. Salah satu kawasan prioritas yang dikembangkan adalah Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samsir sebagai satu-satunya akses darat menuju Pulau Samsir. Untuk itu dilaksanakan peningkatan Ruas Jalan Tele – Pangururan – Nainggolan – Onan Runggu – Lagundi – Tomok – Ambarita - Pangururan sepanjang 145,73 km dan Pembangunan Jembatan Tano Ponggol. Pemerintah merencanakan penggantian jembatan tersebut sekaligus menjadikan sebagai *landmark* Kota Wisata Pangururan dengan bentang rencana 235m.

Untuk mewujudkan *landmark* tersebut, rancangan jembatan Tano Ponggol selain

pertimbangan teknis dan biaya juga memperhatikan arsitektur yang berasal dari kearifan lokal. Pendekatan kearifan lokal rancangan Jembatan diletakkan pada konsep kekerabatan yang dimiliki semua etnis di sekitar Kawasan Danau Toba sehingga menjadi sebuah konsep desain arsitektur berbasis budaya. Prinsip konsep Kekerabatan *Dalihan Na tolu: elek marboru, somba marhula hula, dan manat mardongan tubu*. Ketiga prinsip tersebut diwujudkan dalam rancangan jembatan berkaki tiga.

Dengan diusulkan Kawasan Danau Toba sebagai UNESCO *Global Geopark*, pembangunan jembatan Tano Ponggol juga harus menyesuaikan dengan bentang alam sekitar dan memperhatikan jalur Tele – Simpang Limbong – Tano Ponggol – Pangururan – Huta Tinggi – Sidihoni yang sudah ditetapkan menjadi *geo-trail*.

Pemilihan Tipe Jembatan:

Rancangan jembatan Tano Ponggol perlu memperhatikan alur yang memiliki lebar semula 25 meter menjadi 80 meter dan direncanakan memiliki bentang *main bridge* sepanjang 235 meter. Berdasarkan kriteria tersebut, jembatan yang sesuai adalah jenis jembatan bentang panjang. Alternatif rancangan jembatan yang bisa dipilih adalah jembatan bentang panjang tipe: gelagar boks baja, rangka baja (*steel truss*), pelengkung baja (*steel arch*), beruji kabel (*cable stayed*) ataupun gantung (*suspension*). Perbandingan alternatif tersebut dijelaskan pada Tabel 1. dibawah ini.

Tabel 1. Perbandingan Panjang Bentang dan Tipe Struktur Atas Jembatan

No	Tipe Bangunan Atas	Bentang Ekonomis (m)	Kelebihan	Kekurangan
1	Pelat Beton Bertulang	0–15	<ul style="list-style-type: none"> • Beton tahan terhadap getaran, beban angin serta tahan terhadap perubahan temperatur. • berbagai bentuk konstruksi dapat dibuat dari bahan beton menurut selera perancang atau pemakai. • Biaya pemeliharaan atau perawatan sangat sedikit, serta umur jembatan beton lebih lama. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jembatan beton memiliki berat massa yang besar sehingga di perlukan pondasi yang kuat. • Perlu Pengawasan Ketat saat pekerjaan pembuatan jembatan beton untuk Menjamin Kualitas Beton.
2	Gelagar Beton T	10–18		
3	Mod Gelagar Beton T	18–25		
4	Gelagar Boks Beton Bertulang	25–40		
5	Gelagar I Beton Pratekan	25–40		
6	Gelagar Boks Baja	40–300	<ul style="list-style-type: none"> • Gaya batang utama merupakan gaya aksial • Dengan sistem badan terbuka (<i>open web</i>) pada rangka batang dimungkinkan menggunakan tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi rangka Baja tergantung dari panjang bentangnya, artinya jika jembatan rangka batang dibuat semakin
7	Rangka Baja (<i>Steel Truss</i>)	40–200		
8	Pelengkung Baja (<i>Steel Arch</i>)	150–400		

			<p>maksimal dibandingkan dengan jembatan balok tanpa rongga.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Besi baja mempunyai kuat tarik dan kuat tekan tinggi, sehingga dengan material yang sedikit bisa memenuhi kebutuhan struktur. • Keuntungan lain bisa menghemat tenaga kerja karena besi baja diproduksi di pabrikan dilapangan hanya memasang saja. • Setelah selesai masa layan, besi baja bisa dibongkar dan dipindahkan ke tempat lain, setelah masa layan, jembatan baja mudah diperbaiki dari karat. • Pemasangan jembatan baja di lapangan lebih cepat dibandingkan dengan jembatan beton. 	<p>panjang, maka ukuran dari rangka batang itu sendiri juga harus diperbesar atau dibuat lebih tinggi dengan sudut yang lebih besar untuk menjaga kekakuannya, sampai rangka batang itu mencapai titik dimana berat sendiri jembatan terlalu besar, sehingga rangka batang tidak mampu lagi mendukung beban tersebut. Kelemahan lain dari jembatan Rangka baja adalah baja beresiko berkarat dan biaya oprasional jembatan baja lebih mahal di bandingkan beton</p>
9	Beruji Kabel (<i>Cable Stayed</i>)	100 – 500	<ul style="list-style-type: none"> • Elemen kabel merupakan elemen konstruksi paling ekonomis untuk bentang jembatan panjang • Ringan, meminimalisasi beban sendiri sebuah konstruksi • Memiliki daya tahan yang besar terhadap gaya tarik • Memberikan efisiensi ruang lebih besar • Dari segi teknis, pada saat terjadi penurunan penopang, kabel segera menyesuaikan diri pada kondisi keseimbangan baru, tanpa adanya perubahan berarti dari tegangan • Tampilan artistik paling menarik, sering dijadikan ikon 	<ul style="list-style-type: none"> • Apabila lantai kerja tidak cukup kaku, maka jembatan penggantung akan bergoyang dan menjadi tidak stabil jika terkena angin dan getaran akibat resonansi.
10	Gantung (<i>Suspension</i>)	300 – 2000		

Sumber: Laporan *Workshop Value Engineering (VE)* Balai Besar Pelaksanaa Jalan Nasional II di Medan pada tanggal 31 Oktober - 1 November 20

Berikut ini adalah standar desain yang digunakan:

- SNI 1725: 2016: Pembebanan Untuk Jembatan.
- SNI 2833: 2016: Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
- SNI 8460: 2017: Persyaratan Perancangan Geoteknik.
- SNI T-12-2004: Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan.
- RSNI T-03-205: Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.
- Bridge management system 1992: Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan.
- Jembatan AASHTO LRFD (edisi ke-6, 2012): *Design specification*.
- PTI (edisi ke-5, 2007): *Recommendation for stay cable design, testing and installation*
- Referensi terhadap Kriteria Desain.

Biaya Investasi dan Pemeliharaan:

- Biaya awal/ investasi: Rp 297 miliar.
- Biaya pemeliharaan: Rp.2 Milyar/ 5 tahun.

Data Teknis sesuai desain awal:

- Waktu pelaksanaan 26 Bulan.
- Panjang Bentang Utama *cable stayed* 2 x 117 m termasuk 3 *pilon* arsitektur "Dalihan Na Tolu" dengan konstruksi tiga pilar sejajar simetris.
- Panjang Jembatan pendekat 2 x 40 m *PC-I Girder*.
- Panjang pelebaran jalan menuju standar $\pm 1,2$ km termasuk simpang tidak sebidang (*loop*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh 3 (tiga) alternatif rancangan tipe jembatan yaitu:

Alternatif 1: Jembatan *Cable Stayed*

Alternatif ini dideskripsikan sebagai alternatif dengan pengurangan terbatas. Konsep alternatif adalah:

1. Tidak merubah jembatan utama *cable stayed* sepanjang 235m hanya mengurangi ruang bebas vertikal dari 15m menjadi 10m.
2. Mengganti 1 bentang jembatan pendekat *PC-I Girder* dengan timbunan biasa.
3. Panjang pelebaran jalan menuju standar $\pm 1,2$ km termasuk simpang tidak sebidang (*loop*).

Keuntungan dari alternatif ini adalah:

1. Tidak diperlukan perubahan desain secara keseluruhan dimana desain awal (2017) sudah mendapatkan persetujuan Komisi Keamanan Jembatan dan Terowongan (KKJTJ) 2018.
2. Pelebaran Kanal/sungai selebar 80m (ditambah daerah aman 10m kanan dan kiri) sudah terakomodasi sesuai konsep awal.
3. Konsep estetika arsitektur "Dalihan Na Tolu" nilai budaya Batak, terakomodasi sesuai konsep awal.

4. Dapat segera dilakukan tender dan pelaksanaan konstruksi.
5. Waktu pelaksanaan lebih hemat 1 bulan.
6. Tidak menambah pembebasan lahan
7. Biaya konstruksi diperkirakan Rp.276 Miliar.

Kerugian untuk alternatif ini adalah:

1. Diperlukan waktu sekitar 1 bulan untuk penyesuaian desain jembatan pendekat menjadi timbunan dan penurunan ruang bebas vertikal menjadi 10 m.
2. Perlu dilakukan Rencana Pelaksanaan Biaya (RPB) kembali oleh Direktorat Jenderal Bina Marga.

Alternatif 2: Jembatan *Cable Stayed* Asimetris

Konsep implementasi untuk alternatif ini adalah:

- Mengurangi panjang jembatan dari 235m menjadi 137m *cable stayed* 3 *pilon*.
- Mengganti 97m *cable stayed* dengan 2 bentang jembatan *PC-I Girder*.
- Mengurangi 1 bentang *PC-I Girder* jembatan pendekat menjadi timbunan dengan mengurangi ruang bebas vertikal dari 15m menjadi 10 m.
- Panjang pelebaran jalan menuju standar $\pm 1,2$ km termasuk simpang tidak sebidang (*loop*).

Keuntungan dari alternatif ini adalah:

- Estetika jembatan *cable stayed* tetap dibangun, hanya mengurangi panjang jembatan.
- Biaya investasi yang relatif lebih murah dibandingkan dengan desain awal (karena mengurangi panjang jembatan *cable stayed*).
- Waktu konstruksi sedikit lebih cepat (perkiraan waktu implementasi = 22 bulan).
- Pembebasan lahan yang berjalan masih sesuai dengan ROW yang dibutuhkan.
- Biaya konstruksi diperkirakan Rp. 259 milyar

Kerugian dari alternatif ini adalah:

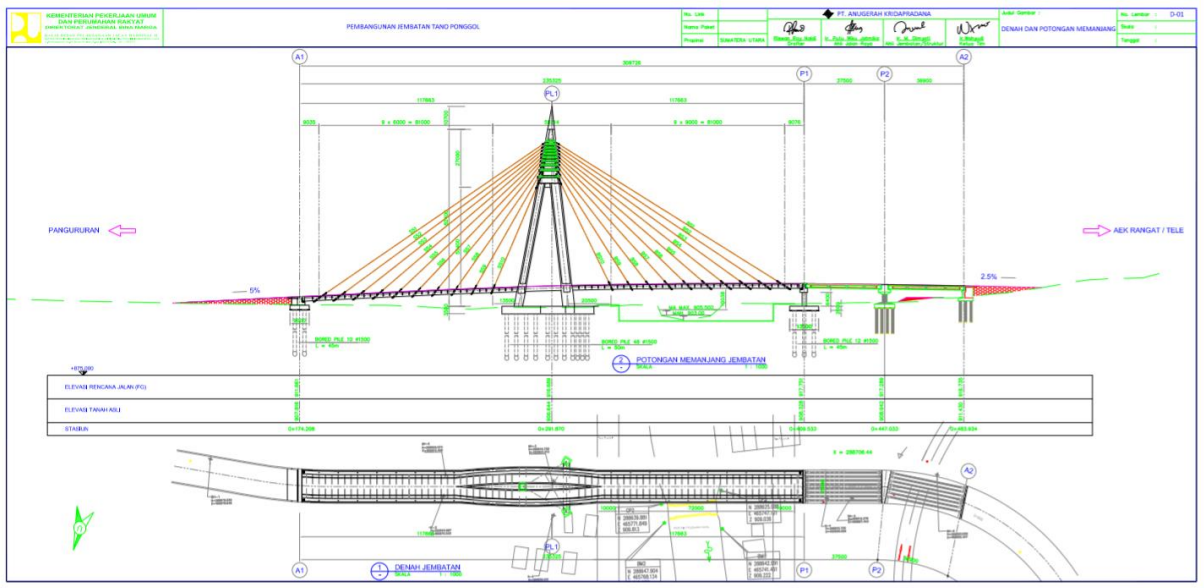
- Perubahan desain perlu dilakukan *review* oleh KKJTJ.
- Berkurangnya sedikit estetika jembatan *cable stayed* karena tidak simetris.
- Diperlukan waktu sekitar 2 bulan untuk *review* desain penyesuaian panjang bentang jembatan *cable stayed* dan perubahan satu bentang jembatan pendekat menjadi timbunan.
- Perlu dilakukan RPB kembali oleh Direktorat Jenderal Bina Marga.

Alternatif 3: Jembatan Box Beton dan asesoris (*Balance Cantilever-Box Girder*)

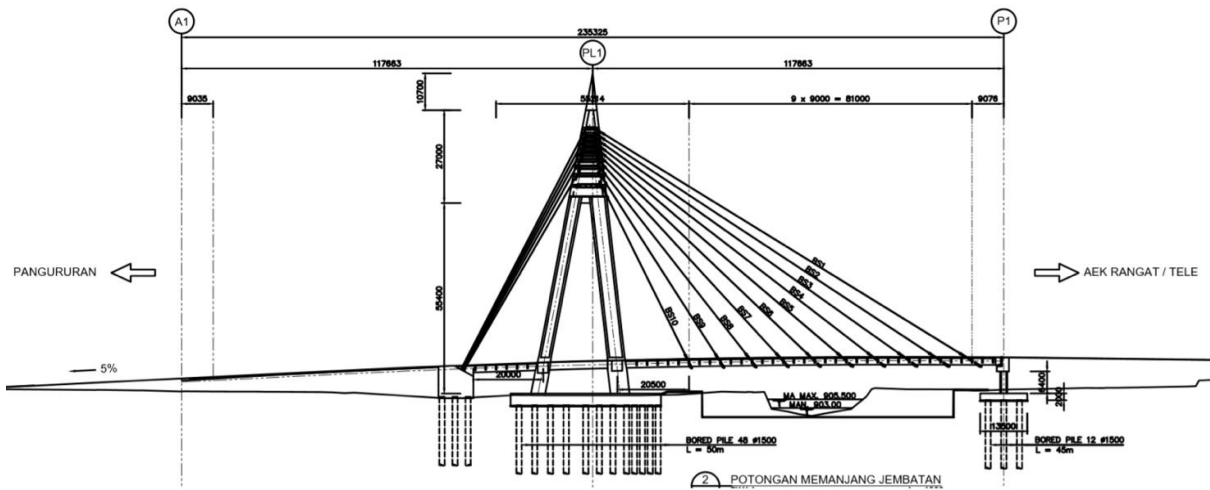
Konsep dari alternatif ini adalah:

- Mengganti jembatan utama *pilon* dan *cable stayed* dengan menggunakan struktur box beton 47,5+95 +47,5m (metode *erection balance cantilever*).

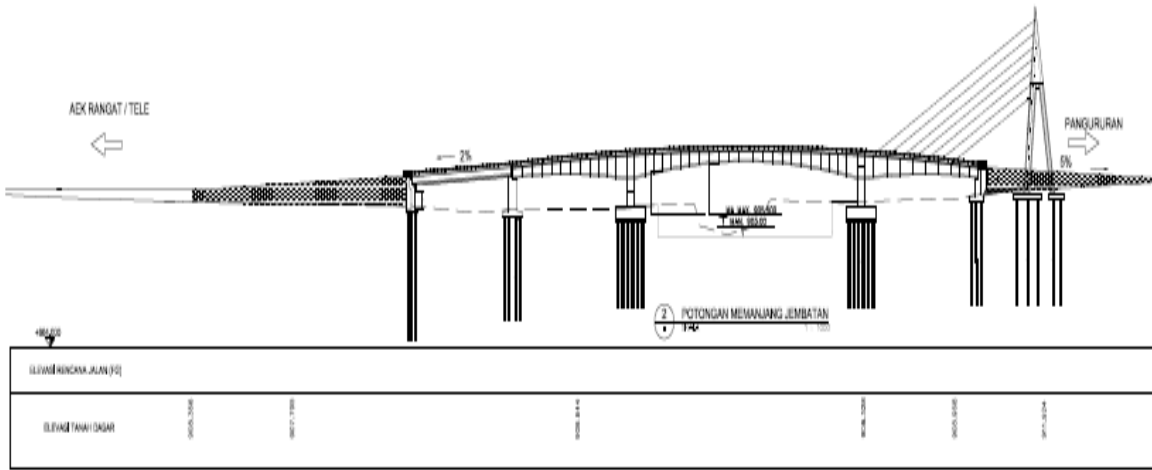
- Mengurangi satu bentang jembatan pendekat menjadi timbunan.
 - Konsep estetika arsitektur "Dalihan Na Tolu" dengan konstruksi tiga pilar sejajar simetris sebagai asesoris jembatan.
 - Panjang pelebaran jalan menuju standar $\pm 1,2$ km termasuk simpang tidak sebidang (*loop*).
- Keuntungan dari alternatif ini adalah:
- Metode konstruksi lebih mudah dan biaya pemeliharaan lebih murah bila dibandingkan dengan jembatan *cable stayed*.
 - Tidak diperlukan pemantauan jembatan menggunakan *Structural Health Monitoring System (SHMS)*.



Gambar 3. Layout gambar dari alternatif 1



Gambar 4. Layout gambar dari alternatif 2



Gambar 5. Layout gambar dari alternatif 3

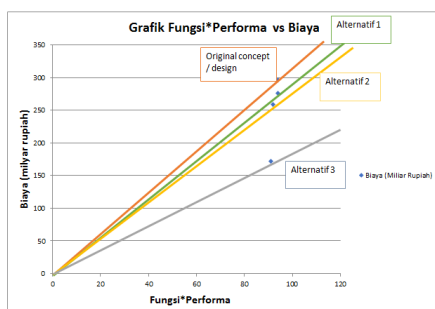
Pemilihan alternatif terbaik:

Berdasarkan analisis multi kriteria, dengan merangkum pemenuhan alternatif terhadap faktor penentu keberhasilan, termasuk terhadap pembobotan masing-masing faktor penentu keberhasilan. Skor yang diperoleh pada Tabel 2. diperoleh dari perkiraan kasar dari tim rekayasa nilai (Gambar 8.).

Durabilitas dan kapasitas adalah kriteria yang harus terpenuhi setiap alternatif, sehingga skor 100 diberikan untuk untuk semua alternatif (dalam kriteria ini). Skor tertinggi untuk kemudahan perawatan adalah pada alternatif 3, yaitu jembatan *Box* beton dengan aksesoris "Dalihan Na Tolu", hal ini dikarenakan pemeliharaan pada jembatan *Box* beton dengan aksesoris "Dalihan Na Tolu" lebih mudah dan waktu konstruksi lebih singkat daripada tipe *pylon-cable stayed*, walaupun nilai estetikanya sedikit lebih rendah.

Waktu konstruksi untuk alternatif 3 adalah sekitar 20 bulan, sedangkan waktu konstruksi untuk konsep awal adalah 26 bulan, sehingga penilaian waktu konstruksi didasarkan pada konsep ini.

Jumlah skor dikalikan dengan pembobotan menghasilkan total fungsi*performa, yang bila dibagi dengan biaya, akan menghasilkan *value*/nilai. Gambar 6. merangkum hasil pada Tabel 2., semakin kecil sudut yang dihasilkan, semakin besar nilai yang diperoleh. Hasil analisis multi-kriteria menunjukkan bahwa nilai terbesar ditemukan dalam **alternatif 3**.

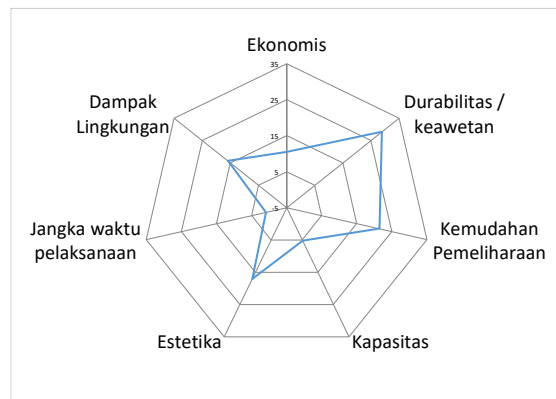


Gambar 6. Grafik Fungsi*Performa vs Biaya

Berdasarkan penilaian pada Tabel 1. di atas, dan Laporan *Workshop Value Engineering* (VE) yang diadakan oleh Balai Besar Pelaksanaa Jalan Nasional II di Medan pada tanggal 31 Oktober dan 1 November 2019 desain yang dipilih adalah jenis jembatan bentang panjang *cable stayed* simetris, *cable stayed* asimetris, *Box* Beton (+*asesoris*) dengan kriteria (berdasarkan Lampiran Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan):

- Kekuatan dan stabilitas struktur;
- Keawetan jangka panjang;
- Kemudahan pemeriksaan;
- Kemudahan pemeliharaan;
- Kenyamanan bagi pengguna jembatan;
- Ekonomis;
- Kemudahan pelaksanaan;
- Estetika;
- Dampak lingkungan.

Berikut hasil dari analisis *Multi Criteria* penilaian alternatif tipe Jembatan Tano Ponggol.



Gambar 7. Peringkat Kriteria Penentu Keberhasilan

Tabel 2. Penilaian Alternatif Tipe Jembatan Tano Ponggol

Alternatif vs Kriteria/faktor penentu keberhasilan	Durabilitas		Kemudahan Maintenance		Kapasitas		Estetika		Waktu Konstruksi		Ramah Lingkungan (°)		Rata - rata fungsi* performa	Biaya (Miliar Rupiah)	Value/ Nilai
	Skor	%	Skor	%	Skor	%	Skor	%	Skor	%	Skor	%			
Konsep awal: Jembatan Pylon - Cable Stayed 235 m simetris clearance 15m	100	29	80	21	100	5	100	#	80	1	90	16	94	297	0,32
Alternatif 1: Jembatan Pylon - Cable Stayed 235 m simetris (clearance 10m)	100	29	80	21	100	5	100	#	85	1	90	16	94	276	0,34
Alternatif 2: Jembatan Pylon - Cable Stayed 137 m asimetris (clearance 10m)	100	29	80	21	100	5	90	#	90	1	90	16	92	259	0,36
Alternatif 3: Jembatan Box Beton 47,5+95+47,5 m (Clearance 10m)	100	29	100	21	100	5	60	#	100	1	90	16	91	172	0,53
Keuntungan	Semua sama		Jembatan Box Beton Lebih mudah dalam pemeliharaan		Semua sama		Jembatan Pylon - Cable Stayed simetris memiliki nilai estetika lebih tinggi walaupun jembatan box beton sudah dilengkapi dengan aksesoris tiga pilar sejajar		Waktu konstruksi untuk jembatan Box Beton lebih cepat dibandingkan alternatif lain		Semua alternatif sama		Jembatan box beton dengan aksesoris "Dalihan Natolu" memiliki value yang paling tinggi dan paling murah.		

Pairwise comparison

Sangat penting	Penting	Sama penting	Kurang penting	Sangat kurang penting
9	3	1	0,333	0,111

Pairwise Comparison	Ekonomis	Durabilitas / keawetan	Kemudahan Pemeliharaan	Kapasitas	Estetika	Jangka waktu pelaksanaan	Dampak Lingkungan	%
Ekonomis	X	1,00	0,33	3,00	0,33	3,00	0,33	11
Durabilitas / keawetan		X	1,00	9,00	1,00	9,00	1,00	29
Kemudahan Pemeliharaan			X	9,00	0,33	3,00	1,00	21
Kapasitas				X	0,33	3,00	0,33	5
Estetika					X	9,00	1,00	17
Jangka waktu pelaksanaan						X	0,33	1
Dampak Lingkungan							X	16
								100

Gambar 8. Rekayasa Nilai
Sumber: Tim Rekayasa Nilai

Gambaran Umum Jembatan:

Konsep dari alternatif 3 ini adalah sebagai berikut:

- Mengganti jembatan utama *pilon* dan *cable stayed* dengan menggunakan struktur box beton 47,5 + 95 + 47,5 m (dengan metode *erection balance cantilever*).
- Mengurangi satu bentang jembatan pendekat menjadi timbunan.
- Konsep estetika arsitektur "Dalihan Na Tolu" dengan konstruksi tiga pilar sejajar simetris hanya sebagai aksesoris jembatan.
- Panjang pelebaran jalan menuju standar ±1,2 km termasuk simpang tidak sebidang (*loop*).

Keuntungan dari alternatif ini adalah sebagai berikut:

- Metode konstruksi lebih mudah dan biaya pemeliharaan lebih murah, dibandingkan dengan jembatan *cable stayed*.
- Tidak diperlukan pemantauan jembatan menggunakan *Structural Health Monitoring System* (SHMS).
- Tidak diperlukan persetujuan KKJTJ karena bukan jembatan khusus.

Mengacu pada hasil kajian studi kelayakan yang dilakukan terhadap aspek-aspek yang dipersyaratkan, maka pembangunan penggantian Jembatan Tano Ponggol perlu dan layak dibangun, berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

Aspek Pengembangan Wilayah

- Penggantian Jembatan Tano Ponggol ditujukan untuk meningkatkan aksesibilitas antar bagian wilayah Kabupaten Samosir yang terpisahkan oleh alur air.
- Penggantian Jembatan Tano Ponggol akan meningkatkan peran dan fungsi Kota Pangururan sebagai pusat kegiatan wilayah baru di koridor wilayah barat.

Aspek Kepariwisata

- Jembatan Tano Ponggol mendukung pengembangan kawasan inti pariwisata (*Key Tourism Area*) Pangururan, sehingga dapat memberikan alternatif tujuan wisata di bagian barat Kawasan Danau Toba.

- Jembatan Tano Ponggol yang ditujukan menjadi bangunan ikonik berfungsi sebagai *landmark* dan pintu masuk diharapkan menjadi daya tarik wisata (DTW) yang dapat meningkatkan kegiatan kepariwisataan di Kabupaten Samosir.
- Pembangunan jembatan Tano Ponggol mendukung peningkatan aksesibilitas wisatawan menuju Pulau Samosir dari sisi barat.
- Penambahan panjang dan tinggi jembatan Tano Ponggol (15 meter di atas permukaan air danau) merupakan konsekuensi dari kegiatan fisik pelebaran alur sungai dari semula 25 meter menjadi 80 meter dalam rangka mendukung pariwisata jelajah kapal pesiar menyusuri Kanal Ponggol sesuai dengan program nasional (Lampiran Surat Deputi Kemenko Bidang Kemaritiman No: 190/D3/Maritim/VIII/2016, 16 Agustus 2016).

Aspek Rekayasa Jalan dan Jembatan

- Pelebaran jembatan dalam penggantian jembatan Tano Ponggol sejalan dengan kebijakan pemenuhan standar jalan nasional berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2011.
- Struktur jembatan Tano Ponggol berupa konstruksi *cable stayed* telah lolos penilaian kelayakan oleh KKJTJ).

Aspek Transportasi

- Angkutan danau tidak mampu untuk mendukung beban angkutan barang karena kapasitas angkut kapal terbatas, saat ini kapasitas kapal RoRo maksimum hanya tersedia 200 GT.
- Pembangunan Jembatan Tano Ponggol mampu mendukung kebijakan pembagian beban transportasi darat khususnya untuk angkutan barang (logistik) menuju Samosir. Angkutan danau dapat lebih dikhususkan bagi penumpang. Diperkirakan angkutan barang akan tumbuh sejalan dengan perkembangan ekonomi Kawasan Danau Toba dengan pertumbuhan 5,83%-6,5%/tahun.
- Pembangunan jembatan Tano Ponggol mendukung peningkatan aksesibilitas antara lingkaran dalam Pulau Samosir (Ruas Jalan Pangururan – Nainggolan – Onan Runggu – Lagundi – Tomok – Ambarita – Simanindo - Pangururan) dengan lingkaran luar (Ruas Jalan Sidikalang - Tele - Doloksanggul) yang akan menghidupkan koridor barat kawasan Danau Toba dan Pulau Samosir.
- Pengurangan beban transportasi darat khususnya angkutan barang dengan melalui jembatan Tano Ponggol akan memberikan dampak positif terhadap peningkatan aksesibilitas berupa pengurangan kepadatan lalu lintas, peningkatan kecepatan kendaraan dan penurunan waktu tempuh yang berada di ruas-ruas yang ada di antara Medan – Tebing Tinggi – Pematang Siantar - Parapat yang menuju kawasan pariwisata Samosir.
- Keberadaan Jembatan Tano Ponggol mendukung dan sejalan dengan pengembangan Bandara Silangit dalam peningkatan aksesibilitas wisatawan

dari arah selatan menuju kawasan wisata Danau Toba bagian barat dan Samosir.

Aspek Lingkungan dan Keselamatan

- Dengan peningkatan pemanfaatan jembatan Tano Ponggol mengurangi kepadatan lalu lintas dan selanjutnya akan berdampak pada pengurangan emisi gas dari kendaraan.
- Pengalihan kendaraan angkutan barang melalui jembatan Tano Ponggol (yang selama ini melalui angkutan danau) akan mengurangi beban berlebih pada angkutan penyeberangan, selanjutnya akan meningkatkan keselamatan dan keamanan dalam penggunaan moda penyeberangan angkutan danau.
- Untuk mendukung pariwisata hijau (*green tourism*) direncanakan tidak ada pembangunan tempat pembuangan akhir sampah di Pulau Samosir. Sehingga pembangunan jembatan Tano Ponggol menjadi akses pengangkutan sampah dari Pulau Samosir ke luar, tidak mungkin diangkut melalui angkutan danau.

Aspek Ekonomi

- Peningkatan kepariwisataan di Pulau Samosir dengan adanya peningkatan aksesibilitas memberikan dampak positif pada peningkatan investasi dan kegiatan ekonomi masyarakat dan pelaku pariwisata.
- Dari analisis kelayakan ekonomi diperoleh:
 - NPV tahun ke-17 (Tahun 2036) menunjukkan nilai positif Rp.231.687.511.203,96, BCR= 1,88 dan EIRR= 15,61% (> nilai *discount rate*). Pembangunan Jembatan secara ekonomi layak dilaksanakan.
 - EIRR sebesar 15,61% dan FYRR sebesar 14,47%, Penggantian jembatan memiliki dampak positif mengurangi biaya operasional kendaraan dan layak untuk dibangun

KESIMPULAN

Pendekatan estetika arsitektur berdasarkan kearifan lokal "Dalihan Natolu" dengan konstruksi tiga pilar sejajar simetris sebagai asesoris jembatan, sehingga tujuan penggantian jembatan Tano Ponggol sekaligus sebagai *landmark* kota wisata Pangururan dapat tercapai.

Hasil analisis multi-kriteria pemilihan pada 3 alternatif rancangan jembatan menunjukkan bahwa nilai terbesar ditemukan dalam alternatif 3, yaitu mengganti jembatan utama *pilon* dan *cable stayed* dengan menggunakan struktur box beton 47,5 + 95 + 47,5 m (dengan metode *erection balance cantilever*).

Pembangunan penggantian Jembatan Tano Ponggol perlu dan layak dibangun, berdasarkan pertimbangan-pertimbangan Aspek Pengembangan Wilayah, Aspek Kepariwisataan, Aspek Rekayasa Jalan dan Jembatan, Aspek Transportasi, Aspek Lingkungan dan Keselamatan, Aspek Ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Armawi, A. (2008). Kearifan Lokal Batak Toba Dalihan Na Tolu Dan Good Governance Dalam Birokrasi Publik, *Jurnal Filsafat* Vol.18, No. 2.
- Ilmi, L. Z. (2016). Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Grobogan Lumajang (KM SBY 132 + 240) dengan Sistem *Cable Stayed*, Program Studi Strata 1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Nasri, M., Pribadi, J. A., & Zulkarnain, (2018). Perencanaan Jembatan Beton Prategang Dengan Menggunakan PCI Girder (Studi Kasus: Sungai Penebak Batu Panjang Kecamatan Rupal), *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT), Politeknik Negeri Bengkalis*
- Pemerintah Indonesia, 2011. Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Pembangunan Kepariwisata Nasional Tahun 2010-2025.
- Pemerintah Indonesia, 2014. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Danau Toba dan Sekitarnya.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015. Departemen Pekerjaan Umum, 2015. Pd T-18-2005-B tentang Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomor: 248/KPTS/M/2015 Tentang Penetapan Ruas Jalan.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan.
- Supriyadi, B. & Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Tristanto, L. (1995). Jembatan Cable Stay, *Jurnal Pusat Litbang Jalan 1 (XII)* Juni 1995. Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jl. A.H Nasution No.264 Bandung 40294.