

VERTICAL CLEARANCE ANALISIS PADA JEMBATAN JALAN TOL PADANG - SICINCIN (STUDI AREA: BATANG TAPAKIS)

NABILA SITI BURNAMA

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat

Corresponding Author : ✉ nabilasiti@eng.unand.ac.id

Naskah diterima : 29 November 2024. Disetujui: 29 Desember 2024. Diterbitkan : 30 Desember 2024.

ABSTRAK

Jalan Tol Padang – Sicincin ini salah satu seksi dari jalan Tol Padang – Pekanbaru yaitu merupakan salah satu sirip dari jalan Tol Trans Sumatera. Jalan Tol ini merupakan proyek strategis Nasional dari Peraturan Presiden Nomor 58 Tahun 2017. Jalan Tol seksi Padang – Sicincin dibangun sepanjang 30,4 km dan melewati tiga sungai diantaranya Batang Anai, Batang Ulakan, dan Batang Tapakis. Penelitian ini memilih Jembatan di Batang Tapakis karena ada beberapa kondisi khusus yang berbeda dari jembatan lainnya. Lokasi jembatan Batang Tapakis ini dibangun di dekat kelokan sungai dan berdekatan dengan jalan Kabupaten sehingga dalam desain jembatan ini harus memperhatikan syarat dari Horizontal Clearance jembatan. Salah satu abutment jembatan berada di tepi sungai serta kontraktor merencanakan membuat dinding penahan tanah dan bokong semar sebagai tanggul sungai namun menyebabkan penampang sungai mengecil. dan bisa mengakibatkan kenaikan muka air. Akibat dari kenaikan muka air ini, maka desain jembatan haruslah memperhatikan syarat Vertical Clearance jembatan. Maka penelitian ini menganalisis kenaikan muka air sebelum dengan sesudah adanya jembatan, serta untuk mengetahui apakah desain jembatan telah memenuhi standar Vertical dan Horizontal Clearance. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah desain Jembatan pada Batang Tapakis sesuai dengan standar ketentuan jarak aman Vertical Clearance, sehingga proses pembangunan Jembatan aman baik untuk struktural maupun keamanan untuk pekerja. Penelitian ini akan difokuskan pada perhitungan hidrolika sungai. Analisa sungai menggunakan aplikasi HEC-RAS 5.0.5 dengan debit periode ulang 100 tahun sebesar 179,4 m³/detik. Hasil dari perhitungan yaitu perbedaan muka air sebelum dan sesudah adanya jembatan sebesar 1 m pada hulu jembatan dan 1,44 m pada hilir jembatan. Dengan adanya kenaikan muka air ini, maka dapat dihitung Vertical Clearance jembatan, dan didapatkan bahwa jarak dari muka air ke jembatan sejauh 3 m sehingga tidak memenuhi syarat minimal Vertical Clearance yaitu 5,1 m.

Kata kunci : Jembatan, Tinggi Muka Air, *Vertical Clearance*, HEC-RAS

1. PENDAHULUAN

Pemeriksaan *vertical clearance* pada jembatan merupakan salah satu Langkah penting dalam pemeriksaan rutin Jembatan. *Vertical clearance* merupakan informasi yang sangat penting dalam menilai integras struktural jembatan, dan jaringan jalan raya (Gargoum et al., 2018). Memberikan jarak vertikal pada pembangunan Jembatan untuk keamanan, memberikan jalur untuk alat berat dalam melewati Lokasi pembangunan jembatan.

Permasalahan yang terjadi adalah bus atau truk bertingkat yang bertabrakan dengan struktur jembatan dan alat berat yang digunakan lebih tinggi dari pada jarak bebas dibawah jembatan. Sehingga akan menyebabkan korban cedera bahkan kematian pada proses pembangunan jembatan. Selain itu juga mahalnya biaya perawatan dari sebuah struktur, oleh karena itu perhitung *vertical clearance* sangatlah penting (Nguyen & Brilakis, 2016).

Beberapa penelitian terdahulu menerangkan pentingnya *vertical clearance* dalam pembangunan dan pemeriksaan rutin jembatan untuk mengurangi korban cidera dan mengurangi biaya pemeliharaan (Gattulli & Chiaramonte, 2005; Riveiro et al., 2012). Dalam analisis jembatan diatas air, seperti Sungai, danau, atau laut maka tinggi muka air harus diperhatikan (Corbin et al., 2024).

Dari perencanaan pembangunan jalan tol seksi Padang - Sicincin akan melewati 3 sungai, di antaranya Batang Anai, Batang Ulakan, dan Batang Tapakis. Dibutuhkan setidaknya 8 jembatan untuk pembangunan tol tersebut. Struktur jembatan umumnya terdiri dari struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah berupa pilar dan abutmen jembatan. Pilar merupakan bagian dari struktur bawah jembatan yang keberadaannya menyebabkan perubahan pola aliran sungai dan terjadinya gerusan lokal di sekitar pilar dan penyempitan penampang sungai. Gerusan merupakan fenomena alam yang diakibatkan erosi terhadap aliran air pada dasar dan tebing saluran aluvial dan merupakan proses menurunnya atau semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alami (datum) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai.

Gerusan pada pilar jembatan sangat berbahaya karena dampak yang ditimbulkan akan menurunkan stabilitas keamanan struktur jembatan. Penyempitan pada penampang sungai menyebabkan perubahan koefisien kekasaran saluran dan bilangan Froude. Selain itu hambatan dapat menyebabkan penggerusan pada dasar saluran bila kemiringan meningkat. Apabila terjadi, maka kedalaman saluran akan meningkat dan bahaya penggerusan pada penampang saluran serta bahaya banjir akan semakin meningkat pula.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis *vertical clearance* pada Jembatan Jalan Tol diatas Batang Tapakis menggunakan aplikasi HEC - RAS. Data yang digunakan adalah data hidrologi, data hidraulik, dan data geometrik sungai dan jembatan. Data hidrologi menggunakan data yang telah dihitung oleh konsultan. Sedangkan untuk analisis hidraulik menggunakan software HEC – RAS simulasi debit banjir. Dan diakhir akan dihitung apakah *vertical clearance* memenuhi standar yang ditetapkan oleh *Bridge Management System* (BMS) tahun 1992 dan *horizontal clearance* oleh PERMEN PUPR No.28 tahun 2015.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah desain Jembatan Batang Tapakis telah memenuhi standar BMS, sehingga kerusakan struktural jembatan dapat dihindari.

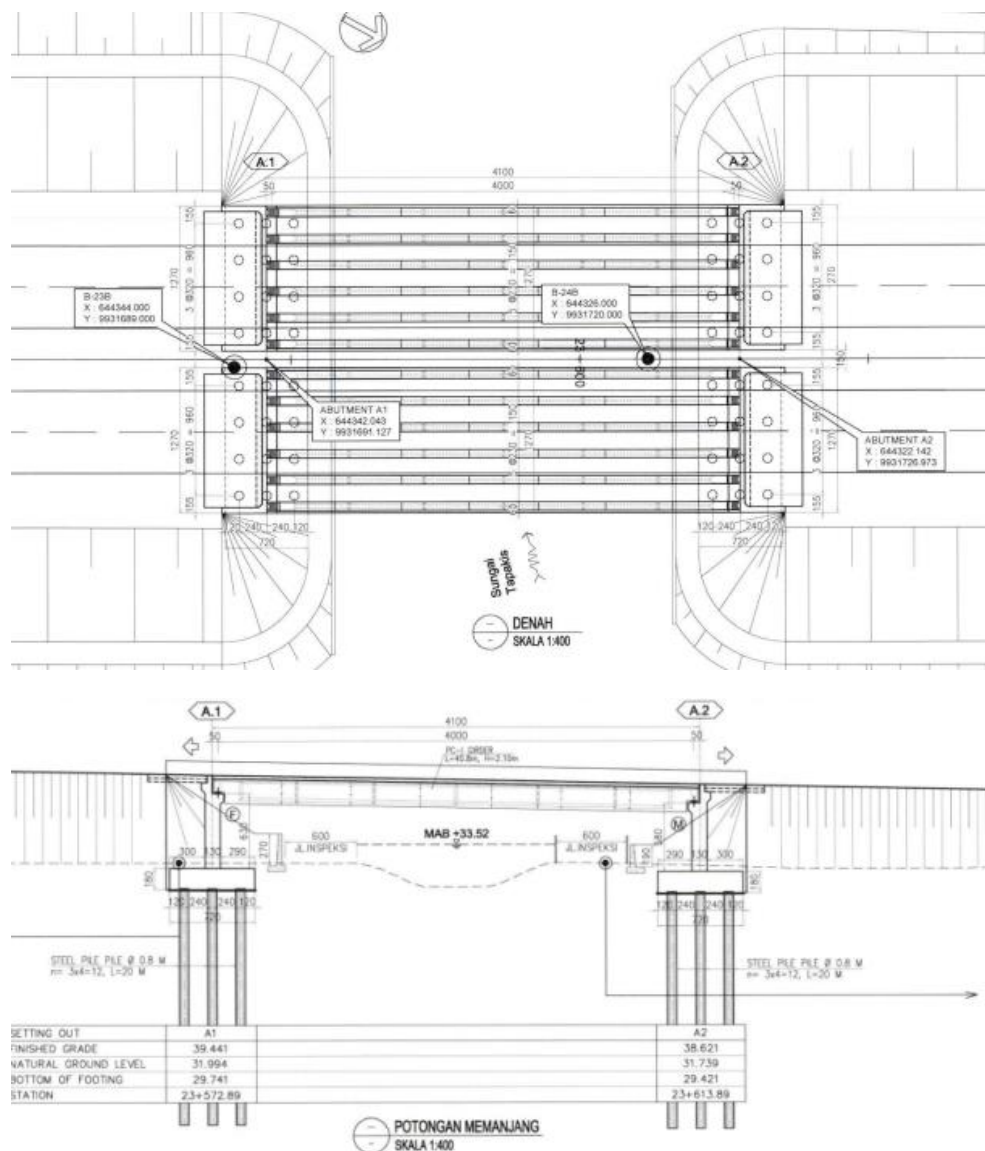
2. METODA PENELITIAN

2.1. AREA STUDI



Gambar 1. Desain Jembatan pada Sta 23+600
Sumber : Jembatan Sungai Tapakis STA 23+600 PT. Wiratman

Pada pembangunan jalan Tol seksi Padang – Sicincin, terdapat jembatan yang akan dibangun di atas penampang Sungai Tapakis. Posisi jembatan berada pada STA. 26+600 dari total STA. 30+000 dengan koordinat $X = 644,985$ dan $Y = 9928,428$. Pembangunan jembatan Sungai Tapakis ini memiliki beberapa kondisi di antaranya Jembatan akan dibangun tepat di atas penampang sungai yang berkelok, salah satu pilar jembatan yang mengenai tepi sungai Tapakis serta lokasi pembangunan yang berada di dekat jalan Kabupaten Pariaman. Pada kondisi ini, dilihat apakah memenuhi syarat *Horizontal Clearance* yang telah ditetapkan pada PERMEN PUPR No.28 tahun 2015.



Gambar 2. Desain Jembatan Sungai Tapakis Potongan Melintang (atas) dan Potongan Melintang (bawah)

Sumber : Jembatan Sungai Tapakis STA 23+600 PT. Wiratman

Pada Gambar 2. Didapatkan keterangan bahwa lebar jembatan yang akan dibangun yaitu 25,4 m. Sebelum dan sesudah jembatan direncanakan akan dibangun Bokong Semar yang berfungsi sebagai tanggul.

2.2. DATA PENELITIAN

Data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data debit dari AWLR dari tahun 1978 – 2017 (PSDA Sumbar). Data debit rencana Batang Tapakis dari tahun 2012 – 2017 (BWS Sumatera V). Pada penelitian ini, berfokus pada analisis hidraulik, di mana hasil perhitungan hidrologi yang digunakan berasal dari data perhitungan konsultan pembangunan Jembatan ini.

2.3. ANALISIS HIDRAULIKA

Analisis hidraulika pada penelitian ini adalah menghitung debit banjir menggunakan data hidrologi yang telah dianalisis sebelumnya. Perhitungan debit banjir menggunakan persamaan Manning, Dimana persamaan ini banyak digunakan untuk menghitung debit saluran terbuka.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Di mana V adalah kecepatan aliran, R adalah penampang basah saluran, I adalah intensitas curah hujan, n adalah koefisien manning. Dari persamaan kecepatan ini, dapat dihitung debit aliran dengan kecepatan dikali dengan luas penampang saluran.

2.4. SOFTWARE HEC-RAS

HEC-RAS adalah sebuah program aplikasi yang didesain untuk melakukan berbagai analisis hidrolika terhadap pemodelan aliran satu dimensi pada saluran atau sungai, River Analysis System (RAS). *Software* ini dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources* (IWR), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE) (AL-Hussein et al., 2022; Bruner, 1995).

HEC-RAS dapat melakukan analisis hitungan satu dimensi pada profil muka air aliran permanen (*steady flow*), hitungan satu/dua dimensi pada profil muka air aliran tidak permanen (*unsteady flow*), hitungan angkutan sedimen, analisis kualitas air, dan fitur desain hidraulik. Bahwa umumnya dalam tahap mendesain jembatan cukup dibutuhkan parameter aliran pada debit desain. Dengan demikian, cukup dilakukan analisis aliran permanen (*steady flow analysis*). *Steady Flow* adalah kondisi aliran yang kecepatannya tidak berubah dengan waktu. Modul ini berfungsi untuk menghitung profil muka air aliran permanen berubah beraturan (*steady gradually varied flow*) (Istiarto, 2014). Program mampu memodelkan jaring sungai, sungai dendritik, maupun sungai tunggal. Regime aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritik, super-kritik, maupun campuran antara keduanya.

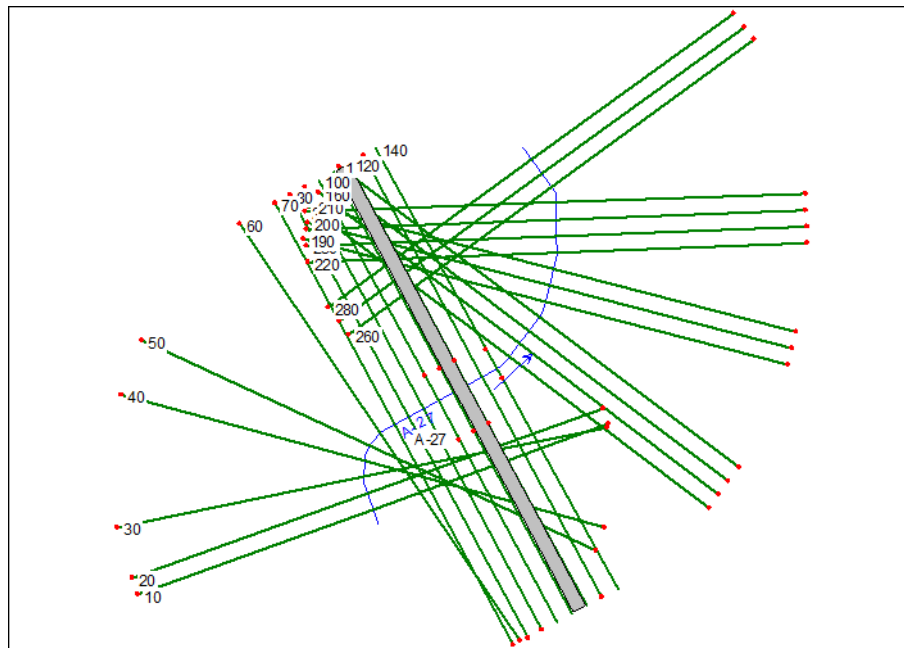
Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh HEC-RAS didasarkan pada penyelesaian persamaan energi (satu-dimensi). Kehilangan energi dianggap diakibatkan oleh gesekan (Persamaan *Manning*) dan kontraksi/ekspansi (koefisien dikalikan beda tinggi kecepatan). Persamaan momentum dipakai manakala dijumpai aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), misalnya campuran regime aliran sub-kritik dan super-kritik (*hydraulic jump*), aliran melalui jembatan, aliran di percabangan sungai (*stream junctions*) (Namara et al., 2022).

HEC-RAS mampu memperhitungkan pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan (*bridges*), gorong-gorong (*culverts*), bendung (*weirs*), ataupun hambatan di bantaran sungai. Modul aliran permanen dirancang untuk dipakai pada permasalahan pengelolaan bantaran sungai dan penetapan asuransi risiko banjir berkenaan dengan penetapan bantaran sungai dan dataran banjir. Modul aliran permanen dapat pula dipakai untuk perkiraan perubahan muka air akibat perbaikan alur atau pembangunan tanggul.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

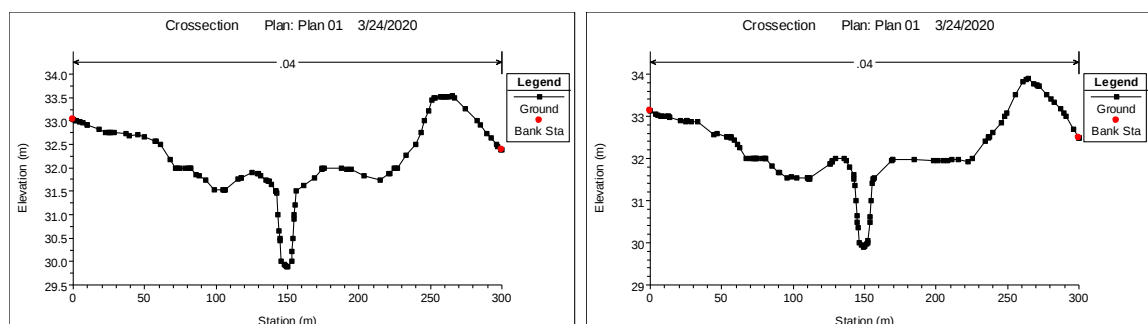
3.1 DATA GEOMETRIK

Kondisi sungai Tapakis merupakan sungai kecil dengan lebar sungai kurang dari 30 m dan berkelok - kelok. Dapat dilihat pada Gambar 1 terdapat tampak atas dari pembagian *crossection* sungai yang akan dihitung pada aplikasi HEC-RAS. Panjang sungai yaitu 28 m dengan jarak tiap *crossection* 10 m. Garis biru pada gambar diatas menggambarkan bentuk sungai dan garis hijau merupakan pembagian sungai (*station*) sejauh 10 m.

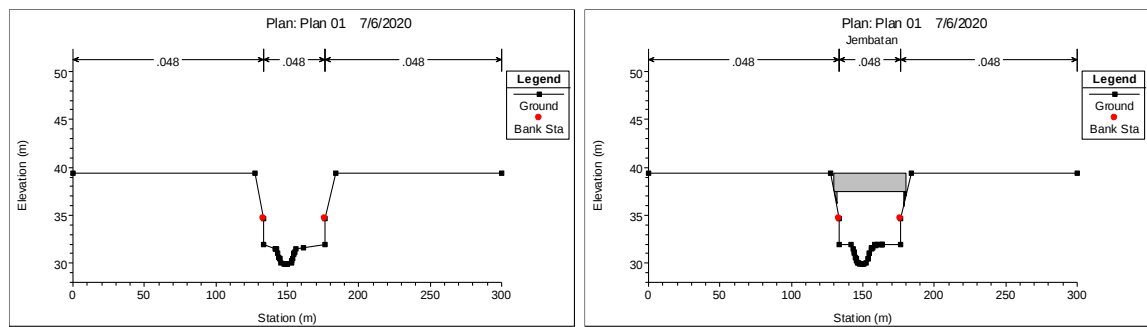


Gambar 3. Kondisi Eksisting

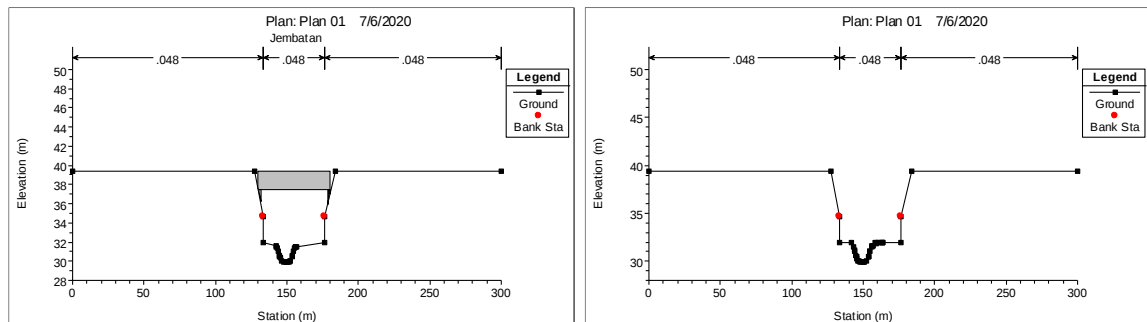
Simulasi banjir menggunakan HEC-RAS mengambil beberapa titik dari *crossection* sungai. Dimana pengambilan titik ini berdasarkan lokasi pembangunan jembatan di Sungai Tapakis. Pada Gambar 2 merupakan kondisi penampang sungai sebelum dibangun jembatan.



Gambar 4. Penampang sebelum pembangunan jembatan pada (kiri) Sta.100 dan (kanan) Sta.110



Gambar 5. Penampang sungai desain pada (kiri) Sta.100 dan (kanan) Sta.110 hulu



Gambar 6. Penampang sungai desain pada (kiri) Sta.110 hilir dan (kanan) Sta.120

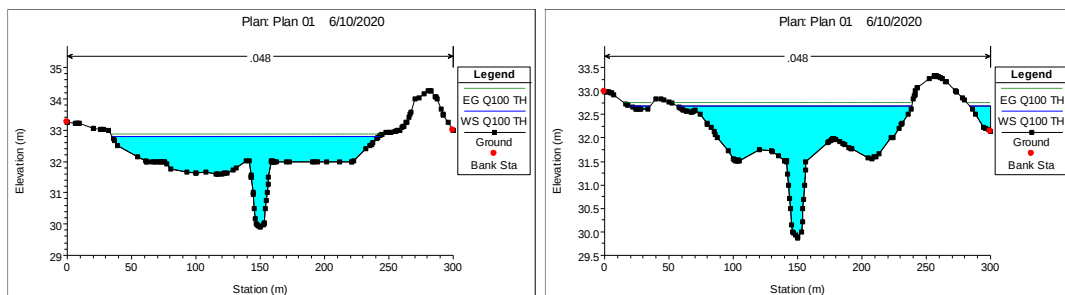
Akibat dari pembangunan dinding penahan tanah dan jalan inspeksi, penampang sungai menjadi lebih kecil menyebabkan muka air menjadi naik. Kondisi ini harus diperhitungkan apakah pembangunan yang direncanakan memenuhi syarat dari *Bridge Management System* (BMS) tahun 1992 mengenai *Vertical Clearance* Jembatan.

3.2 SIMULASI HEC – RAS

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan penampang sungai desain setelah pembangunan jembatan. Pada Sta.110 (hulu) dan Sta.110 (hilir) merupakan area dibangun abutment jembatan. Lalu, batasan pada simulasi banjir menggunakan HEC-RAS, menggunakan debit periode ulang 100 tahun sebesar $179,4 \text{ m}^3/\text{detik}$. Penentuan batasan menggunakan *normal depth* dipilih dengan memasukkan nilai *slope*. Nilai *slope* yang digunakan adalah nilai kemiringan dasar saluran.

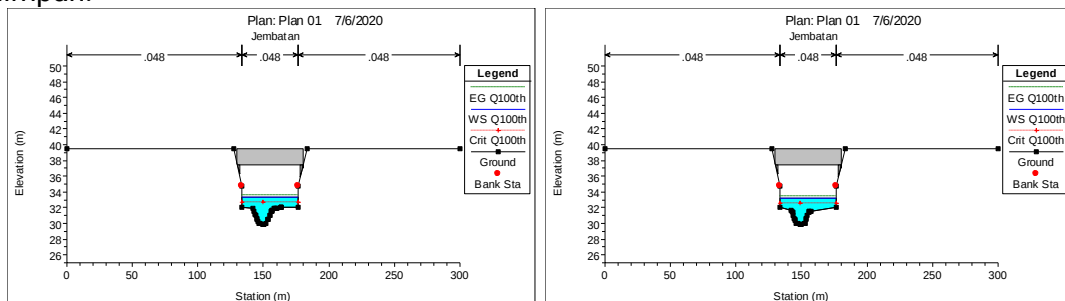
Koefisien kekasaran sungai (manning) dipilih berdasarkan SNI 2008 Tata Cara Perhitungan Tinggi Muka Air Sungai dengan Cara Pias berdasarkan Rumus Manning pada Lampiran B. Berdasarkan kondisi sungai Tapakis, maka golongan sungai kecil dan cukup bersih dengan ekosistem sekitar sungai seperti rumput 0 rumput liar yang tumbuh di tepi sungai. Sehingga koefisien yang digunakan sebesar 0.048.

Hasil dari simulasi HEC-RAS dengan kondisi penampang sungai sebelum pembangunan jembatan menggunakan jenis aliran *Steady Flow* ini, debit yang dipakai adalah debit periode ulang 100 tahun sebesar $179,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk permodelan HEC-RAS sendiri ada dua kondisi, yang pertama kondisi tanpa jembatan dan yang terakhir kondisi adanya pilar jembatan dengan penampang sungai desain.



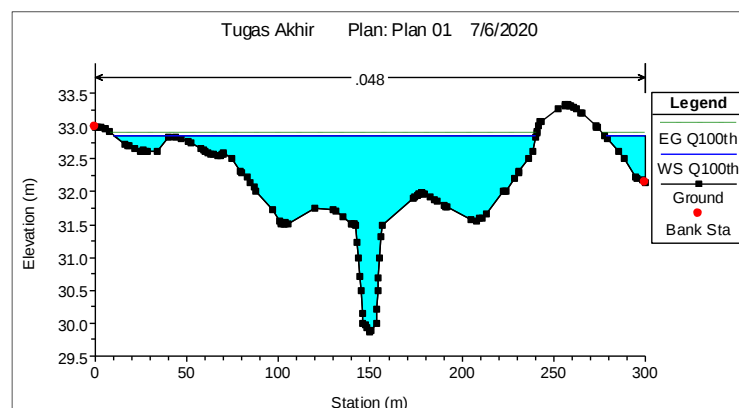
Gambar 7. Hasil simulasi HEC-RAS (kiri) Sta.130 hilir dan (kanan) Sta.90

Pada Gambar 5 kiri tinggi muka air sungai setinggi 32.81m di mana titik ini terletak pada hulu Jembatan. Pada Gambar 5 kanan tinggi muka air sungai setinggi 32.68m terletak pada hilir sungai. Untuk kondisi debit banjir, penampang sungai cukup sehingga air tidak melimpah.



Gambar 8. Hasil simulasi HEC-RAS (kiri) hulu dan (kanan) hilir

Pada Gambar 6 (kiri) tinggi muka sungai yaitu 33,34 m. Muka air mengalami kenaikan karena adanya penyempitan penampang sungai disebabkan oleh Dinding Penahan Tanah. Pada Gambar 6 (kanan) tinggi muka sungai yaitu 33,19 m. Muka air mengalami kenaikan karena adanya penyempitan penampang sungai disebabkan oleh Dinding Penahan Tanah.



Gambar 9. Hasil Run HEC RAS pada Sta.90

Pada Gambar 7 tinggi muka sungai yaitu 32,85 m. Titik ini terletak tepat sesudah jembatan. Desain *existing* baru menambahkan Dinding Penahan Tanah dan Jalan Inspeksi diantara dua pilar jembatan menyebabkan penampang sungai menjadi lebih kecil. Hal ini cukup riskan karena jarak antara muka air sungai dengan jembatan sekitar ± 3 m, dimana menurut

Peraturan *Bridge Management System* (BMS) tahun 1992 jarak *Vertical Clearance* yang diizinkan adalah 5.1m. Tinggi pilar Jembatan yang direncanakan adalah 6.3m dan jarak antara muka air sungai dengan jembatan sekitar 3m sehingga tidak memenuhi syarat *Vertical Clearance* yang telah ditetapkan oleh BMS tahun 1992.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi program HEC-RAS sebelum dan sesudah adanya jembatan ialah adanya kenaikan muka air setinggi 1.44 m. Hal ini disebabkan karena pada penampang sungai desain, akan dibangun dinding penahan tanah yang menyebabkan lebar sungai semakin kecil. Desain jembatan dianggap tidak memenuhi syarat dari Peraturan *Bridge Management System* (BMS) tahun 1992 mengenai *Vertical Clearance*. Dikarenakan jarak antara elevasi muka air dengan elevasi jembatan 4.75 m (kiri) dan 4.25 m (kanan). Di mana menurut Peraturan BMS 1992 jarak *Vertical Clearance* yang diizinkan adalah 5.1m. Menurut PERMEN PUPR Nomor 28 Tahun 2015, garis sempadan sungai bertanggung di luar perkotaan paling sedikit berjarak 5 m dari tepi kaki luar tanggul. Dan pada desain jembatan ini pilar jembatan masih dalam daerah Sempadan sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- AL-Hussein, A. A. M., Khan, S., Ncibi, K., Hamdi, N., & Hamed, Y. (2022). Flood Analysis Using HEC-RAS and HEC-HMS: A Case Study of Khazir River (Middle East–Northern Iraq). *Water (Switzerland)*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/w14223779>
- Bridge Management System (BMS). 1992. Peraturan Teknik Jembatan. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral. Bina Marga Direktorat Bina Program Jalan
- Bruner, G. W. (1995). *HEC-RAS River Analysis System*.
- Corbin, M., Cocard, M., Larouche, C., & Bourgon, S. (2024). Monitoring the Dynamic Vertical Clearance under the Laviolette Bridge on the St. Lawrence River. *Journal of Surveying Engineering*, 151(1).
- Gargoum, S. A., Karsten, L., El-Basyouny, K., & Koch, J. C. (2018). Automated assessment of vertical clearance on highways scanned using mobile LiDAR technology. *Automation in Construction*, 95, 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.015>
- Gattulli, V., & Chiaramonte, L. (2005). Condition Assessment by Visual Inspection for a Bridge Management System. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 20(2), 96–107.
- Istiarto. (2014). *Simulasi aliran 1 dimensi dengan bantuan paket program hidrodinamika HEC-RAS*.
- Kementrian Umum dan Perumahan Rakyat., 2015., Peraturan Menteri PUPR No. 28 Tahun 2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Danau., Jakarta
- Namara, W. G., Damisse, T. A., & Tufa, F. G. (2022). Application of HEC-RAS and HEC-GeoRAS model for Flood Inundation Mapping, the case of Awash Bello Flood Plain, Upper Awash River Basin, Oromiya Regional State, Ethiopia. In *Modeling Earth Systems and Environment* (Vol. 8, Issue 2, pp. 1449–1460). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01166-9>

- Nguyen, B., & Brilakis, I. (2016). Understanding the Problem of Bridge and Tunnel Strikes Caused by Over-height Vehicles. *Transportation Research Procedia*, 14, 3915–3924. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.481>
- Riveiro, B., Jauregui, D. V., Arias, P., Armesto, J., & Jiang, R. (2012). An innovative method for remote measurement of minimum vertical underclearance in routine bridge inspection. *Automation in Construction*, 25, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.04.008>