

Perencanaan ulang jembatan STA 14+633 - 14+750 pada proyek pembangunan jalan dan jembatan Lot 1B Brumbunm Bantai Sine kabupaten Tulungagung dengan implementasi BIM 5D

Dimas Fernanda Bagus Dwi Prastiyo^a, Muhamad Irsyad Cesianto^a, Asri Nurdiana^a, Bambang Setiabudia^a

^a Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

Corresponding Author:

Email:

raftonado.situmorang@lecturer.itk.ac.id

Keywords:

Autodesk, building information, mododelling bridge, Naviswork, revit

Abstract: *The planning of bridge infrastructure using Building Information Modeling (BIM) technology provides an integrated and efficient approach in modern construction projects. This study aims to redesign the bridge at Sta 14+633-14+750 in the Lot 1B Brumbun-Pantai Sine Road and Bridge Construction Project, Tulungagung Regency, by implementing 5D BIM. The methodology includes structural analysis of the superstructure and substructure in accordance with applicable standards, three-dimensional (3D) modeling using Autodesk Revit, construction scheduling simulation (4D), and cost estimation integration (5D) using Autodesk Navisworks. The results show that the implementation of BIM 5D produces a digital model that integrates three-dimensional modeling (3D), construction scheduling (4D), and cost estimation (5D). The outputs include detailed 2D Detail Engineering Design (DED) drawings, 3D visualization models, construction schedule simulations, and cost estimation models. In addition, BIM-based integration improves coordination accuracy, reduces potential design conflicts, and enhances project efficiency in terms of time and cost. This study contributes by demonstrating the practical application of BIM 5D in bridge planning and offering a more effective approach for integrating design, scheduling, and budgeting processes in infrastructure projects.*

Copyright © 2026 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi perlu didukung oleh perkembangan infrastruktur, terutama di kota-kota besar, meliputi pembangunan gedung, jalan, jembatan, pelabuhan, irigasi, dan fasilitas pendukung lainnya. Jembatan adalah struktur penting yang dibangun untuk melintasi rintangan seperti sungai, jurang, rel kereta, atau jalan raya. Sebagai bagian vital dari infrastruktur transportasi darat, jembatan berperan menghubungkan antarwilayah serta mendukung perkembangan ekonomi, sosial, budaya, dan pariwisata suatu daerah (Apriliani dkk., 2020).

Seiring perkembangan zaman dan teknologi, kebutuhan akan inovasi yang efisien dari segi waktu, biaya, dan ketepatan kerja menjadi prioritas utama. Dalam bidang konstruksi, hal ini terlihat pada visualisasi perencanaan dan perancangan proyek, di mana pemodelan bangunan yang akurat dapat diwujudkan melalui teknologi *Building Information Modeling* (BIM). BIM adalah metode kerja berbasis pemodelan 3D digital yang memuat informasi terintegrasi untuk koordinasi, simulasi, dan visualisasi. Teknologi ini memudahkan kolaborasi semua pihak terkait, sehingga membantu pemilik dan penyedia jasa dalam merancang, membangun, hingga mengelola bangunan secara lebih efisien (Sangadji dkk., 2019). *Building Information Modeling* (BIM) mewakili peralihan dari praktik desain dua dimensi tradisional, karena model dikembangkan melalui kombinasi pemodelan grafis 3D, pemodelan waktu 4D, dan pemodelan biaya 5D (Somnath dkk., t.t.).

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh masih terbatasnya penerapan *Building Information Modeling* (BIM) 5D pada perencanaan jembatan, khususnya dalam integrasi antara analisis struktur, pemodelan tiga dimensi, penjadwalan, dan estimasi biaya dalam satu sistem yang terkoordinasi. Pada praktiknya, perencanaan jembatan masih sering dilakukan secara terpisah antar tahapan, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian data, kurang optimalnya koordinasi, serta inefisiensi dalam waktu dan

biaya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan ulang jembatan beton prategang STA 14+633–14+750 pada proyek pembangunan jalan dan jembatan Lot 1B Brumbun–Pantai Sine Kabupaten Tulungagung dengan mengintegrasikan analisis struktur, pemodelan 3D menggunakan Autodesk Revit, penjadwalan proyek (4D), serta estimasi biaya (5D) dalam satu sistem berbasis BIM.

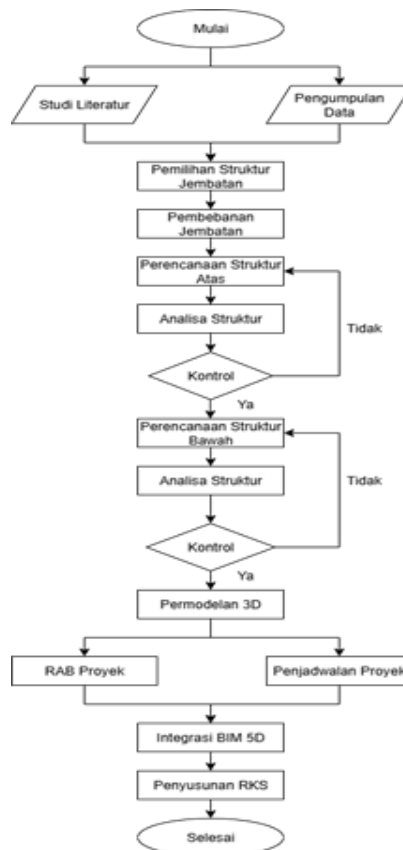
2. DATA DAN METODE

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pihak kontraktor proyek pembangunan Jalan dan Jembatan Lot 1B Brumbun–Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung, yang meliputi gambar Detail Engineering Design (DED) berupa gambar denah, potongan melintang, potongan memanjang, serta detail elemen struktur jembatan seperti girder, pelat lantai, abutment, dan pilar yang digunakan sebagai acuan dalam proses perencanaan ulang. Selain itu, data primer juga mencakup data tanah berupa parameter geoteknik seperti nilai daya dukung tanah, jenis tanah, dan kedalaman lapisan tanah yang digunakan dalam perencanaan struktur bawah. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari studi literatur dan regulasi yang relevan, meliputi data lalu lintas sebagai dasar pembebanan jembatan, data material seperti kuat tekan beton dan mutu baja tulangan, serta standar dan peraturan perencanaan jembatan yang berlaku sebagai acuan dalam analisis dan perancangan struktur.

Metode

Metode yang digunakan dalam perencanaan ini ditunjukkan dalam diagram alir seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Adapun Peraturan yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu SNI 1725-2016 tentang pembebanan jembatan, SNI 2833-2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa, RSNI T-12-2004 tentang perencanaan struktur beton jembatan, panduan praktis perencanaan teknis jembatan No.06/SE/Db/2021.

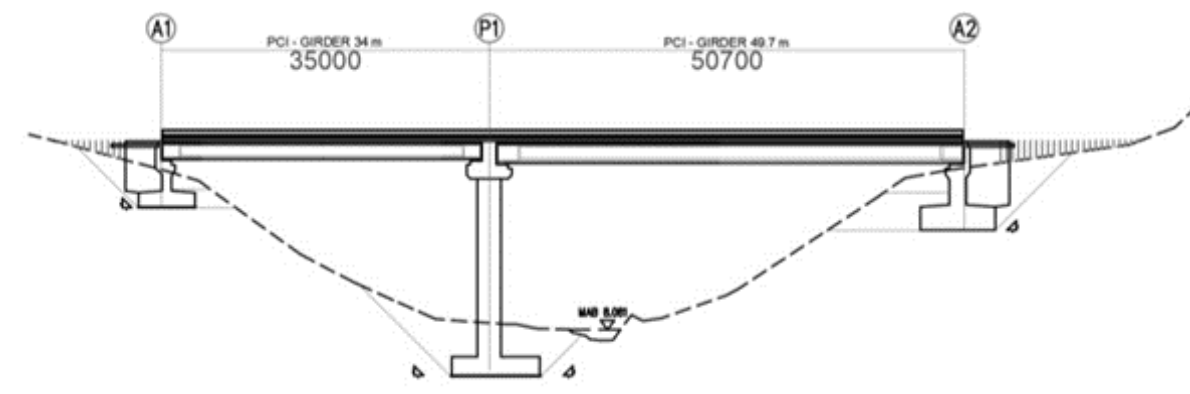


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan jembatan

Pada perencanaan ini dimodelkan jembatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan awal jembatan

Untuk permodelan awal jembatan direncanakan sebagai berikut.

- 1) Panjang total jembatan 85,7m (2 Span)
 - a. Span A1-P1 35m, dipakai *PC-I* Girder tinggi 1,7 m bentang 34 m dengan *CTC* 1,85m sebanyak 5 buah dan 9 buah diafragma
 - b. Span P1-A2 50,7m, dipakai *PC-I* Girder tinggi 2,1 m bentang 49,7 m dengan *CTC* 1,85m sebanyak 5 buah dan 9 buah diafragma
- 2) Lebar jembatan adalah 9,4 m terdiri dari dua jalur dan dua lajur dengan lebar satu jalur 3,5 m tanpa median
- 3) Tinggi abutment A1 7,01m, tinggi abutment A2 9,51m, tinggi pilar P1 25,02 m

Pemilihan sistem struktur jembatan menggunakan *PCI* girder didasarkan pada pertimbangan efisiensi struktur serta kesesuaian terhadap bentang yang direncanakan. *PCI* girder merupakan salah satu tipe balok beton prategang yang umum digunakan pada jembatan dengan bentang menengah karena memiliki kapasitas menahan beban yang tinggi serta mampu mengurangi lendutan struktur dibandingkan dengan beton bertulang konvensional. Pada bentang A1-P1 sepanjang 35 m dan bentang P1-A2 sepanjang 50,7 m, penggunaan *PCI* girder dengan tinggi masing-masing 1,7 m dan 2,1 m dinilai optimal untuk memenuhi kebutuhan kekuatan dan kekakuan struktur. Pemilihan tinggi girder yang berbeda pada setiap bentang dilakukan untuk menyesuaikan panjang bentang dan beban yang bekerja, sehingga diperoleh desain yang lebih efisien secara struktural.

Jarak antar girder (*CtC*) sebesar 1,85 m dipilih untuk memastikan distribusi beban yang merata pada pelat lantai serta meningkatkan stabilitas struktur. Selain itu, penggunaan diafragma pada setiap bentang berfungsi sebagai pengaku lateral yang meningkatkan kekakuan sistem dan memastikan kerja sama antar girder dalam menahan beban. Secara keseluruhan, sistem struktur *PCI* girder yang digunakan memberikan keunggulan dalam hal efisiensi material, kemudahan pelaksanaan konstruksi melalui metode precast, serta kinerja struktural yang baik terhadap beban lalu lintas dan beban lingkungan.

Analisis struktur

Pada perencanaan struktur atas jembatan, jenis pembebanan yang diperhitungkan meliputi hal-hal berikut.

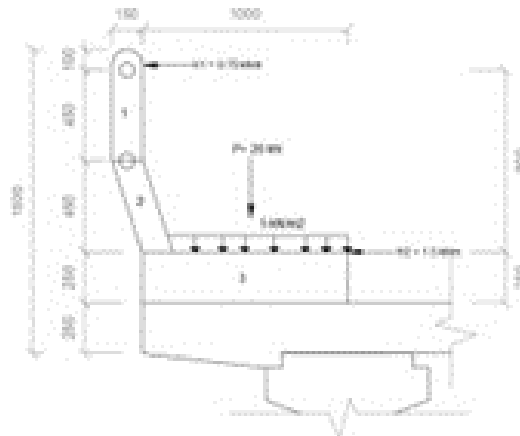
- 1) Berat mati sendiri
- 2) Berat mati tambahan
- 3) Beban lalu lintas (Beban D dan Beban T)
- 4) Gaya rem
- 5) Beban angin
- 6) Beban pengaruh temperatur
- 7) Beban gempa

Bahan struktur atas

Mutu beton	K-350
Kuat tekan beton	$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$
Modulus elastik	$E_c = 25332 \text{ MPa}$
Angka poisson	$\nu = 0,2$
Modulus geser	$G = 10555 \text{ Mpa}$
Koefisien muai panjang untuk beton	$\alpha = 0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}$
Mutu baja :	
Baja tulangan,	U-42
Tegangan leleh baja,	420 MPa
<i>Specific gravity</i> :	
Berat beton bertulang	$W_c = 25 \text{ kN/m}^3$
Berat beton tidak bertulang	$W_c' = 24 \text{ kN/m}^3$
Berat aspal	$W_a = 22 \text{ kN/m}^3$
Berat air	$W_w = 9,8 \text{ kN/m}^3$

Barrier dan trotoar

Pemodelan *barrier* dan trotoar ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Barrier dan trotoar

Jarak antar railing = 2m

Pembebanan barrier dan trotoar:

- Beban mati sendiri barrier dan trotoar, = 6,67 kN/m
- Beban hidup horizontal pada railing (H1), = 0,75 kN
- Beban hidup horizontal pada kerb (H2), = 1.5 kN
- Beban hidup vertikal terpusat (P), = 20 kN
- Beban hidup vertikal merata ($q * b_2$), = 5 kN

Momen yang terjadi:

- Momen *ultimate* rencana (M_u), = 19,61 kNm

Penulangan trotoar:

- Tulangan Lentur digunakan Tulangan D-13 300 mm
- Tulangan Bagi digunakan Tulangan D-10 300 mm

Pelat lantai

Analisa beban di pelat lantai"

- Berat sendiri (MS) = 6,25 kN/m
- Beban mati tambahan (MA) = 1,59 kN/m
- Beban Truk "T" (TT) = 263,25 kN
- Beban angin (EW) = 6,76 kN/m
- Pengaruh Temperatur = 12,50 oC

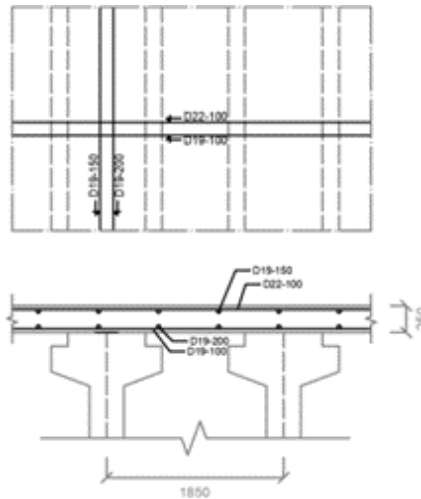
- Beban Terpusat Barrier dan trotoar (WBR) = 13,33 kN

Momen yang terjadi:

- Momen Ultimit pelat lantai arah negatif = 175,437 kNm
- Momen Ultimit pelat lantai arah positif = 155,089 kNm

Penulangan Pelat Lantai:

- Arah negatif : tulangan lentur digunakan D19-100mm tulangan bagi digunakan D19-200mm
 - Arah positif : tulangan lentur digunakan D19-100mm tulangan bagi digunakan D19-200mm
- Adapun penulangan pelat lantai ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penulangan pelat lantai

PC-I Girder

Perencanaan PC-I Girder ini mengacu pada parameter spesifikasi produk yang ditetapkan oleh PT. Adhi Persada Beton, dengan detail sebagai berikut:

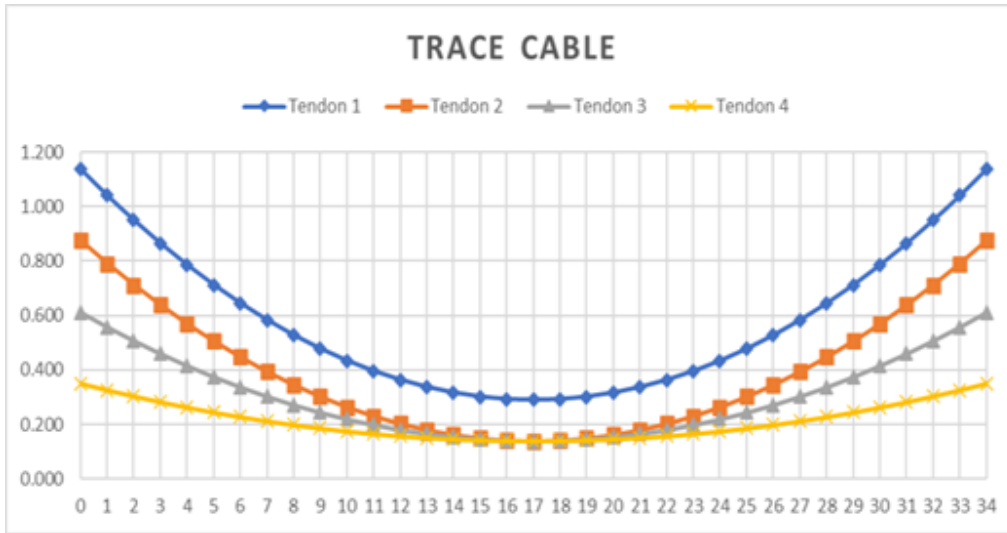
PC-I girder H 1,7m

- Mutu beton prategang = K-500 ($f_c' 41,5 \text{ Mpa}$)
- Modulus Elastisitas beton = 30277.6 MPa
- Jarak antar girder = 1850 mm
- Strand = *Uncoate 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270 (VSL Standart)*

Perencanaan gelagar dilakukan dengan mempertimbangkan dua kondisi, yaitu non-komposit dan komposit, untuk menentukan besaran komponen gelagar. Selanjutnya, dilakukan analisis beban untuk memperoleh rekapitulasi nilai momen dan gaya geser yang timbul akibat berbagai beban yang bekerja. Adapun rekapitulasi momen dan gaya geser pada balok prategang disajikan pada Tabel 1. Sedangkan, setelah dilakukan perhitungan diperoleh koordinat tendon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 1. Rekapitulasi momen dan gaya geser pada balok prategang

No	Jenis beban	Kode beban	Q (kN/m)	P (kN)	M (kNm)	Keterangan
1	Bera balok prategang	balok	17.090	-	-	Beban merata Q balok
2	Berat pelat	pelat	11.563	-	-	Beban merata Q pelat
3	Berat sendiri	MS	34.451	-	-	Beban merata Q MS
4	Beban mati tambahan	MA	2.942	-	-	Beban merata Q MA
5	Lajur "D"	TD	13.93	126.91	-	Beban Q TD dan PTD
6	Gaya rem	TB	-	-	145.06	Beban merata Q TB
7	Angin	EW	1.006	-	-	Beban merata Q EW
8	Gempa	EQ	3.739	-	-	Beban merata Q EQ

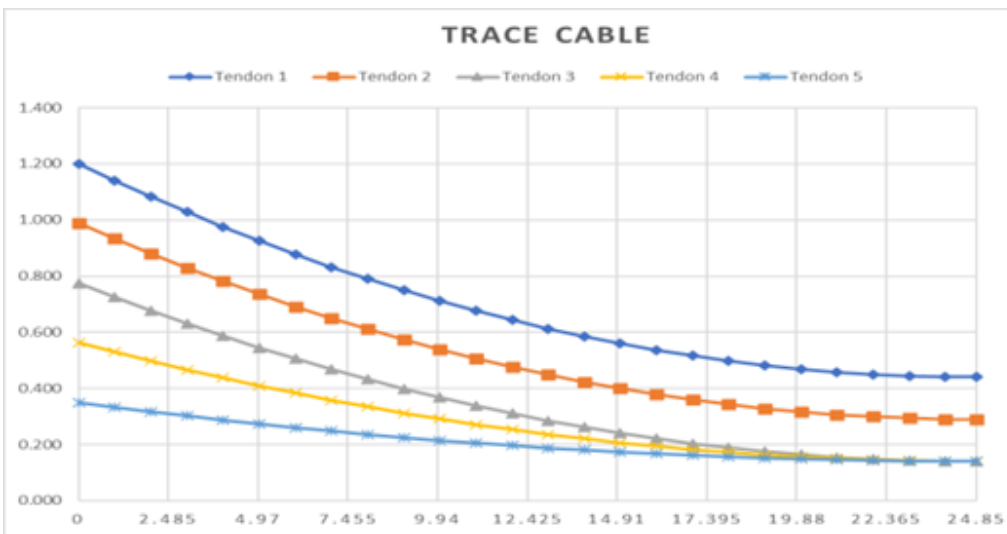


Gambar 5. Koordinator tendon H 1,7 m

PC-I girder H 2,1m

- Mutu beton prategang = K-800 ($f_c' 66.40\text{Mpa}$)
- Modulus Elastisitas beton = 38298.51MPa
- Jarak antar girder = 1850 mm
- Strand = *Uncoate 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270 (VSL Standart)*

Perencanaan gelagar dilakukan dengan mempertimbangkan dua kondisi, yaitu non-komposit dan komposit, untuk menentukan besaran komponen gelagar. Selanjutnya, dilakukan analisis beban untuk memperoleh rekapitulasi nilai momen dan gaya geser yang timbul akibat berbagai beban yang bekerja. Adapun setelah dilakukan perhitungan diperoleh koordinat tendon seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Sedangkan posisi tendon ditunjukkan pada Gambar 7.



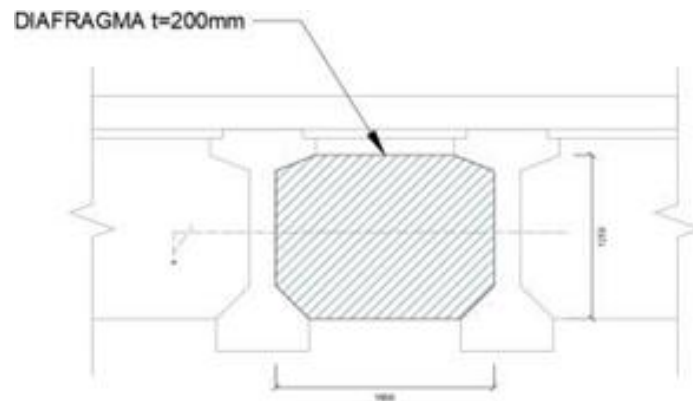
Gambar 6. Koordinat tendon H 2,1 m



Gambar 7. (a) Posisi tendon di tumpuan, (b) posisi tendon di tengah bentang

Diafragma

Pada perencanaan diafragma di rencanakan diafragma ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diafragma bentang 34 m

Diafragma direncanakan hanya sebagai pengaku sehingga beban yang dihitung hanya beban mati.

Diafragma untuk PC-I girder bentang 34m

Beban mati sendiri = 61.875 kN/m

Momen arah X = 0.5371 kNm

Momen arah Y = 0.4851 kNm

Digunakan tulangan arah X D14-200 mm

Digunakan tulangan arah Y D14-200 mm

Diafragma direncanakan hanya sebagai pengaku sehingga beban yang dihitung hanya beban mati sendiri.

Diafragma untuk PC-I girder bentang 34m

Beban mati sendiri = 81.675 kN/m

Momen arah X = 0.3594 kNm

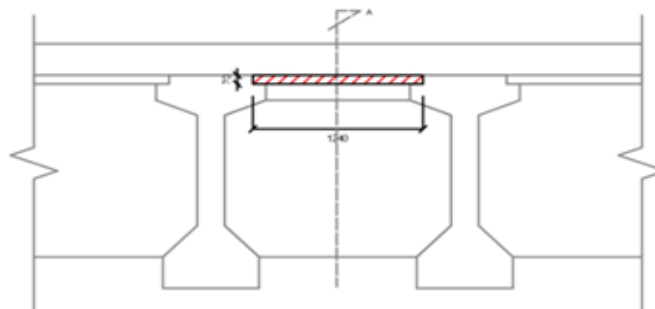
Momen arah Y = 0.5227 kNm

Digunakan tulangan arah X D14-200 mm

Digunakan tulangan arah Y D14-200 mm

Depth slab

Pada perencanaan ini di rencanakan *Depth slab* seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. *Depth slab*

Depth slab di rencanakan untuk mampu menahan beban sendiri dan beban pelat lantai di atasnya.

Beban mati sendiri *Depth Slab* = 2.60 kN/m

Beban mati tambahan = 15.68 kN/m

Beban hidup merata saat pemasangan $q = 1$ kN/m

Momen ultimit pada *Depth Slab*

- Momen arah X = 0.563 kNm

- Momen arah Y = 0.378 kNm

Digunakan tulangan

- Tulangan arah X D10-300

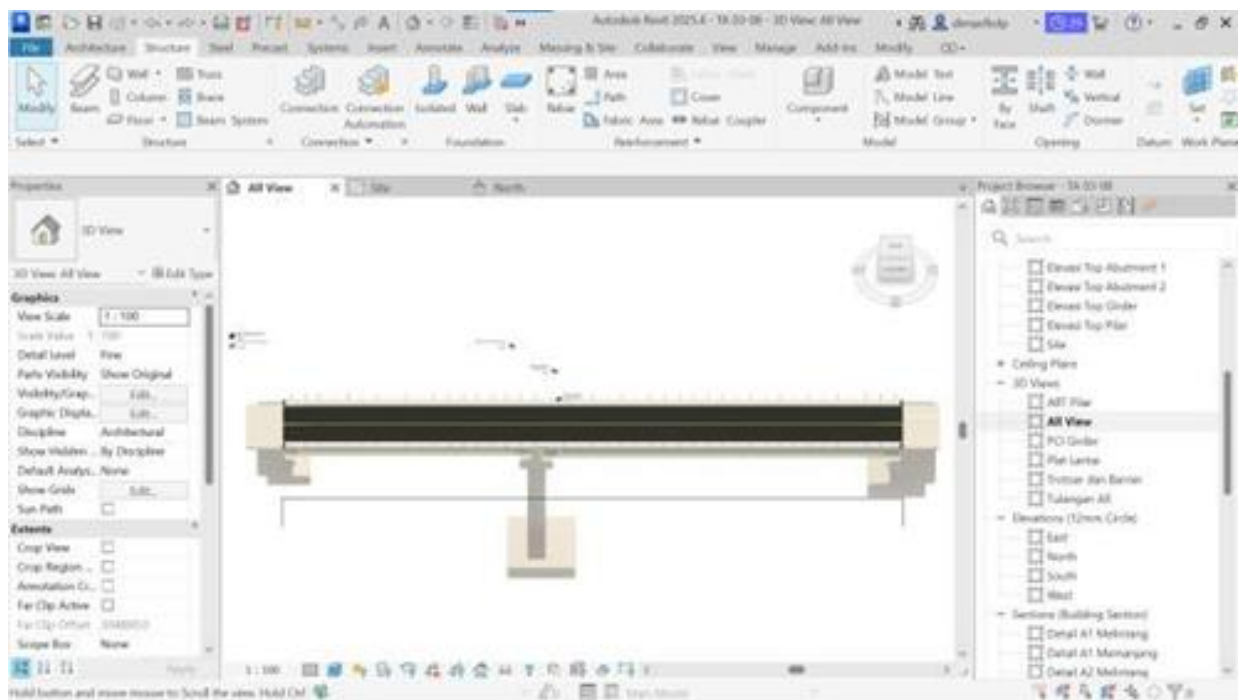
- Tulangan arah Y

3.2. Pemodelan 3D dengan Revit

Pemodelan tiga dimensi menggunakan Autodesk Revit tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai sarana integrasi data antar elemen struktur. Setiap komponen struktur seperti girder, pelat lantai, abutment, dan pilar dimodelkan secara parametrik, sehingga perubahan pada satu elemen akan secara otomatis memperbarui elemen lainnya. Hal ini meningkatkan akurasi koordinasi desain dan mengurangi potensi kesalahan akibat ketidaksesuaian antar gambar. Selain itu, penggunaan BIM memungkinkan dilakukannya identifikasi potensi konflik (*clash detection*) antar elemen struktur maupun dengan elemen lainnya sebelum tahap konstruksi.

Dengan adanya deteksi dini terhadap konflik tersebut, perbaikan desain dapat dilakukan lebih awal sehingga dapat meminimalkan risiko perubahan di lapangan yang berpotensi menambah waktu dan biaya proyek. Dari sisi efisiensi, pemodelan berbasis BIM mempermudah proses perencanaan karena data volume pekerjaan (*quantity take-off*) dapat diperoleh secara otomatis dari model yang telah dibuat.

Hal ini mempercepat proses penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta meningkatkan akurasi perhitungan. Dengan demikian, penerapan BIM dalam perencanaan jembatan mampu meningkatkan efisiensi waktu, biaya, dan kualitas hasil perencanaan. Struktur hasil analisis perhitungan kemudian dimodelkan menggunakan Revit dengan tampilan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemodelan 3D jembatan

3.3. Rencana anggaran biaya

Setelah pemodelan tiga dimensi (3D) selesai dilakukan, data *quantity take-off* yang diperoleh dari Autodesk Revit digunakan sebagai acuan utama untuk perhitungan volume masing-masing pekerjaan. Dalam proses penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), perencana mengidentifikasi dan menyusun seluruh item pekerjaan yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek secara sistematis. Adapun hasil rencana anggaran biaya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rencana anggaran biaya

No. Divisi	Uraian	Jumlah Harga Pekerjaan (Rupiah)
1	Umum	Rp134,248,880
2	Drainase	Rp 0
3	Pekerjaan Tanah dan Geosintetik	Rp101,529,501
4	Pelebaran Preventif	Rp 0
5	Pekerasan Berbutir Dan Perkerasan Beton Semen	Rp9,283,264
6	Perkerasan Aspal	Rp91,288,276
7	Struktur	Rp12,747,362,588
8	Rehabilitasi Jembatan	Rp 0
9	Pekerjaan Harian Dan Pekerjaan Lain-Lain	Rp5,093,676
10	Pekerjaan Pemeliharaan Kinerja	Rp 0
Jumlah Harga Pekerjaan (termasuk biaya umum dan keuntungan)		Rp 13,088,806,184
PPN 12 %		Rp 1,570,656,742
Jumlah harga total pekerjaan (termasuk biaya umum dan PPN 12%)		Rp 14,659,462,000
<i>Terbilang : Empat Belas Milyar Enam Ratus Lima Puluh Sembilan Juta Empat Ratus Enam Puluh Dua Ribu Rupiah</i>		

3.4. Penjadwalan proyek

Setelah melakukan perhitungan dalam penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), tahapan selanjutnya adalah perencanaan penjadwalan proyek. Penjadwalan proyek dilakukan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dengan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project*. Metode CPM digunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis yang menentukan durasi total proyek, sehingga aktivitas yang berada pada jalur kritis harus diselesaikan tepat waktu agar tidak terjadi keterlambatan keseluruhan proyek. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh durasi pekerjaan selama 48 minggu dengan bobot pekerjaan tertinggi terjadi pada minggu ke-29 hingga minggu ke-31 yaitu sebesar 3,77 %.

3.5. Integrasi BIM 5D dengan Naviswork Autodesk

Integrasi model 3D, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan penjadwalan proyek dilakukan menggunakan Autodesk Navisworks untuk menghasilkan simulasi proyek berbasis BIM 5D. Proses integrasi diawali dengan mengimpor model tiga dimensi hasil pemodelan dari Autodesk Revit ke dalam Navisworks, kemudian dilakukan proses linking antara elemen model dengan data penjadwalan dari Microsoft Project serta data biaya dari RAB. Setiap elemen struktur seperti girder, pelat lantai, abutment, dan pilar dihubungkan dengan aktivitas pekerjaan dan komponen biaya yang sesuai sehingga terbentuk keterkaitan antara model, waktu, dan biaya. Selanjutnya dilakukan simulasi progres proyek (4D simulation) yang menggambarkan tahapan pelaksanaan konstruksi secara bertahap sesuai dengan jadwal yang telah disusun. Simulasi ini memungkinkan visualisasi urutan pekerjaan dari awal hingga akhir proyek, sehingga memudahkan dalam memahami alur konstruksi serta mengidentifikasi potensi keterlambatan.

Dari sisi 5D, integrasi dengan data biaya memungkinkan pemantauan perkembangan biaya proyek secara dinamis seiring dengan progres pekerjaan. Dengan demikian, perubahan pada jadwal atau volume pekerjaan akan secara langsung mempengaruhi estimasi biaya, sehingga memudahkan dalam pengendalian biaya dan waktu secara bersamaan. Penerapan BIM 5D melalui Autodesk Navisworks memberikan keunggulan dalam meningkatkan akurasi perencanaan, transparansi progres proyek, serta efisiensi dalam pengambilan keputusan, karena seluruh informasi proyek terintegrasi dalam satu model digital yang komprehensif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan ulang jembatan STA 14+633–14+750 pada Proyek Jalan dan Jembatan Lot 1B Brumbun–Pantai Sine, Kabupaten Tulungagung, dapat disimpulkan bahwa penerapan Building

Information Modeling (BIM) 5D mampu mengintegrasikan proses perencanaan struktur, pemodelan tiga dimensi, penjadwalan, serta estimasi biaya dalam satu sistem yang terkoordinasi.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa desain struktur jembatan dengan sistem PCI girder mampu memenuhi kebutuhan kekuatan dan kekakuan pada bentang yang direncanakan, dengan total panjang jembatan 85,7 m yang terbagi menjadi dua bentang. Pemodelan tiga dimensi menggunakan Autodesk Revit menghasilkan representasi struktur yang detail dan akurat, serta mempermudah proses koordinasi antar elemen desain. Dari sisi biaya, diperoleh total Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp14.659.462.000, dengan komponen terbesar pada pekerjaan struktur. Sementara itu, hasil penjadwalan proyek menggunakan metode Critical Path Method (CPM) menunjukkan durasi pelaksanaan selama 48 minggu dengan distribusi bobot pekerjaan yang terencana. Integrasi model 3D, biaya, dan penjadwalan melalui Autodesk Navisworks memungkinkan visualisasi progres proyek secara menyeluruh serta memberikan kemudahan dalam pengendalian waktu dan biaya. Dengan demikian, penerapan BIM 5D terbukti memberikan keunggulan dalam meningkatkan efisiensi perencanaan, akurasi data, serta kualitas pengambilan keputusan dibandingkan metode konvensional.

REFERENSI

- Apriliani, R., dkk. (2020). Peran Infrastruktur Jembatan dalam Pengembangan Wilayah. *Jurnal Infrastruktur dan Bangunan*, 6(2), 115-124.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan. Jakarta: BSN.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Kementerian PUPR.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan (06/SE/Db/2021). Kementerian PUPR.
- Sangadji, A., dkk. (2019). Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam Perencanaan Konstruksi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(1), 45-52.
- Somnath, P., dkk. (t.t.). *Building Information Modeling: Concepts and Applications*. [Artikel/ebook].