

Implementasi BIM Dalam Peninjauan Kapasitas Struktur Atas Jembatan

Implementation of BIM in Reviewing Bridge Superstructure Capacity

Titis Lukita Sari^{1*}, Wahyu Kurnia Putra²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bandar Lampung, Lampung, Indonesia

*Email: titis@ubl.ac.id

Abstrak

Building Information Modeling (BIM) merupakan salah satu teknologi yang sedang berkembang dalam dunia konstruksi Indonesia. Keunggulan yang di tawarkan yaitu proses perencanaan, desain, dan konstruksi saling terintegrasi dan direpresentasikan dalam model informasi digital. Pada beberapa tahap seperti proses analisis struktur, memerlukan *software* tambahan yang saling terintegrasi dengan *software* BIM. Dalam peninjauan kinerja struktur atas jembatan ini, model struktur yang dianalisis berupa jembatan beton prategang dengan beban yang bekerja berupa beban gravitasi dan beban angin sesuai standar yang berlaku di Indonesia. Pada proses analisis digunakan *software* Revit untuk pemodelan struktur yang kemudian diintegrasikan dengan *software* Robot Structural untuk tahap analisis struktur. Dari hasil peninjauan struktur, kinerja struktur atas jembatan prategang yang dimodelkan diinterpretasikan melalui gaya-gaya dalam hasil analisis struktur yang berupa gaya normal, gaya geser dan besarnya deformasi yang terjadi, yaitu untuk gaya normal maksimum yang terjadi diperoleh nilai sebesar 279.45 MPa, gaya geser sebesar 51.33 MPa dan dengan deformasi yang terjadi sebesar 33 mm. Dari indikator-indikator hasil analisis yang didapat, menunjukkan bahwa jembatan beton prategang tersebut kuat secara struktural dan ekonomis.

Kata kunci: *Building Information Modeling (BIM)*; Jembatan; Kapasitas Struktural

Abstract

Building Information Modeling (BIM) is a technology currently developing in the Indonesian construction world. The advantage offered is that the planning, design, and construction processes are integrated and represented in a digital information model. At some stages, such as the structural analysis process, additional software is required that is integrated with BIM software. In reviewing the performance of the superstructure of this bridge, the structural model analyzed is a prestressed concrete bridge with working loads in the form of gravity loads and wind loads according to the standards applicable in Indonesia. In the analysis process, Revit software was used for structural modeling which was then integrated with Structural Robot software for the structural analysis stage. From the results of the structural review, the performance of the modeled prestressed bridge superstructure is interpreted through the forces in the results of the structural analysis in the form of normal force, shear force, and the amount of deformation that occurs. The maximum normal force that occurs is 279.45 MPa, the shear force is 51.33 MPa, and the deformation that occurs is 33 mm. The indicators obtained from the analysis show that the prestressed concrete bridge is structurally strong and economical.

Keywords: *Building Information Modeling (BIM)*; Bridge; Structural Capacity

PENDAHULUAN

Jembatan adalah konstruksi atau struktur bangunan yang menghubungkan jalur transportasi yang terhalang oleh sungai, danau, lautan, lembah / ngarai, jalan raya atau rel kereta api. Pembangunan jembatan bertujuan menghubungkan dua bagian jalan oleh adanya rintangan-rintangan tersebut sehingga dapat terhubung tanpa mengganggu aktivitas alam maupun transportasi lainnya serta merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kesejahteraan Masyarakat [1].

Konstruksi jembatan terdiri dari bangunan atas (*Super Structure*), bangunan bawah (*Sub Structure*), dan pondasi. Struktur atas jembatan berfungsi untuk melayani semua beban yang ditimbulkan oleh aktivitas yang terjadi beserta manusia yang melintas pada jembatan. Struktur bawah jembatan memiliki kapasitas untuk menyalurkan beban kerja dari bangunan atas dan beban sendiri, serta menyalurkan beban-beban tersebut ke struktur yang ada dibawahnya hingga ke tanah dasar melalui pondasi.

Building Information Modelling (BIM) adalah suatu sistem atau teknologi yang mampu menampilkan beberapa Informasi penting dalam satu model desain 3D suatu konstruksi. Keunggulan BIM adalah kaya akan informasi data dari proses sebelumnya yang dapat ditransfer dan digunakan kembali [2], misal proses perencanaan (Design), pembangunan (Construction), dan perawatan (Maintenance) saling terhubung (*Integrated*) dalam bentuk visualisasi 3D [3]. BIM memiliki potensi besar untuk berbagi dan memvisualisasi informasi, memvisualisasi kemajuan konstruksi dan memberi informasi

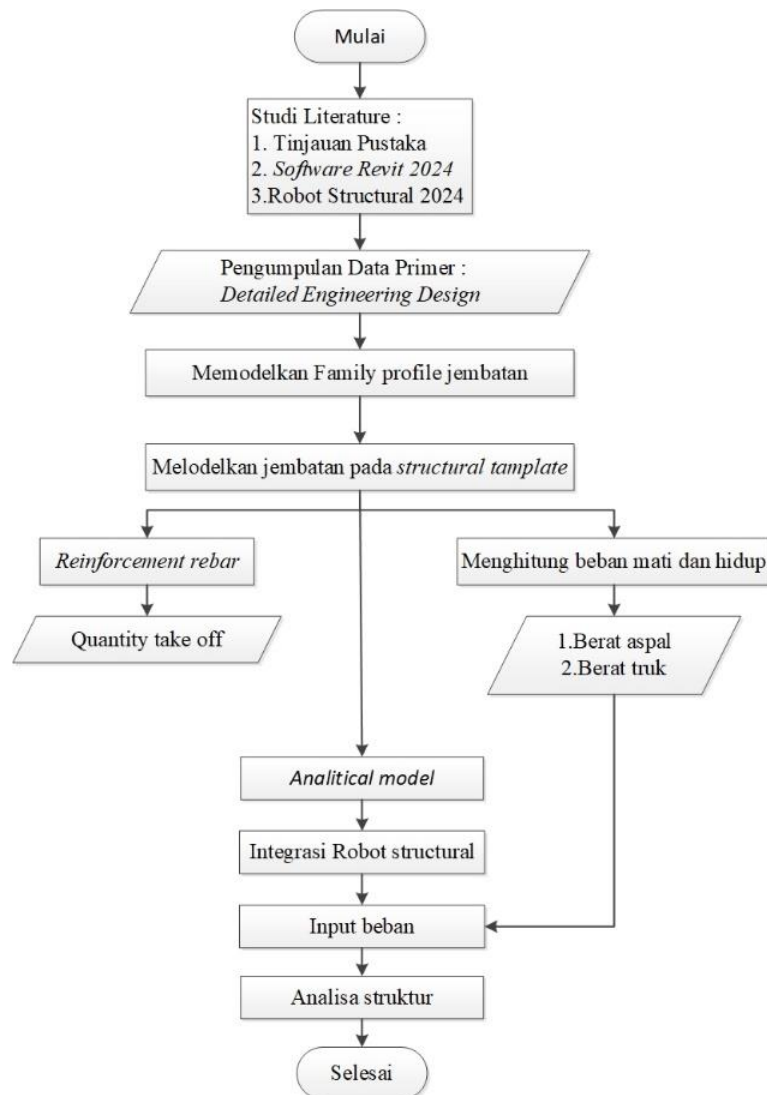
secara cepat [4]. Oleh sebab itu, BIM merupakan suatu metode yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelaksanaan pekerjaan konstruksi [5]. Pada saat ini telah banyak dikembangkan *software-software* pendukung BIM, salah satunya adalah *Revit Structure* yang dikembangkan oleh

autodesk. *Revit* adalah perangkat lunak BIM untuk desain arsitektur, struktur serta mekanikal, elektrikal dan plumbing (MEP). Pada *software Revit* kapasitas yang mampu dilakukan hanyalah sebatas menampilkan informasi-informasi data engineering dalam bentuk visual 3D, Sedangkan untuk proses memperoleh informasi-informasi tersebut diperlukan *software* tambahan, seperti untuk proses analisis struktur Autodesk juga mengembangkan *software* yang kemudian dapat diintegrasikan dengan *software Revit*, yaitu *Robot Structural*.

Penelitian ini membahas tentang konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam pekerjaan struktur yaitu struktur atas jembatan (*Super Structure*) dengan menggunakan *software Revit* yang diintegrasikan dengan *Robot Structural*. *Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis struktur bangunan [6]. Penerapan konsep integrasi BIM ini dilakukan agar dapat menambah efektivitas, efisiensi dan akurasi dalam pekerjaan struktur, khususnya struktur atas jembatan yang akan dimodelkan.

METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

Data Primer

Penelitian ini menggunakan model dan data-data dari proyek Pembangunan jembatan Way Umpu yang berlokasi pada Km. 187+580, Ruas Sp. Empat-Bukit Kemuning.

Membuat Profile Family

Pada tahap ini data sesuai DED dari proyek jembatan Way Umpu akan di kelompokkan sesuai *profile family*. Data yang diperoleh dari proyek hanya berupa *detailed engineering drawing* 2D. Oleh karena itu, data yang diperoleh dari gambar

2D proyek tersebut dimodelkan dengan baik dan benar kedalam model 3D dengan menggunakan tools aplikasi *Revit 2021* tepatnya pada bagian families. Setelah selesai memodelkan masing-masing *profile* jembatan, kemudian menyimpan hasil *family* yang telah selesai.

Analisa Struktur Menggunakan Robot Structural

Pada tahap ini terdapat beberapa Analisa, dari beberapa tahapan analisa sebagai berikut:

Analisa Beban Mati Tambahan

Melakukan analisa data pengukuran untuk mendapatkan berat aspal yang berada pada jembatan.

Analisa Beban Lajur "D"

Melakukan analisa data untuk mendapatkan beban Lajur "D" yang terdiri dari beban merata (QTD) dan beban garis (PTD) pada jembatan.

Analisa Beban Angin

Melakukan analisa pada data angin yang telah dikumpulkan untuk mendapatkan beban angin pada struktur (Ews).

Analisa Gaya Prategang

Melakukan analisa pada data yang telah dikumpulkan untuk mendapatkan persentase tegangan leleh (P_0) dan gaya

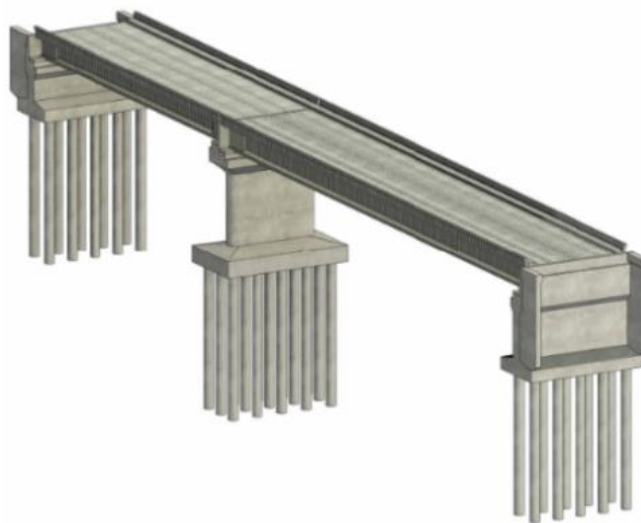
prategang akhir setelah kehilangan tegangan (*loss of prestress*) sebesar 25% (P_{eff}).

Pada tahap ini dilakukan pengintergrasian model jembatan kedalam Robot Structural untuk menganalisa kinerja struktur atas jembatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Geometri Jembatan

Pemodelan ini dilakukan pada menu *families* pada *Software Revit* dengan acuan DED Jembatan Way Umpu, lalu melakukan perakitan *family* menjadi jembatan utuh pada *structural template* di Revit 2021. Jembatan Way Umpu memiliki bentang dengan Panjang 30.9 m + 50.1 m. Seperti di perhatikan pada Gambar 2.

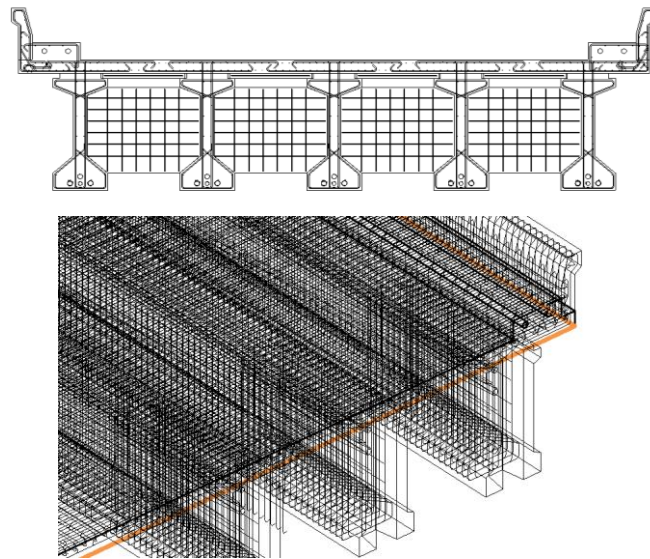


Gambar 2. Model Jembatan

Pemodelan Pembesian

Pemodelan ini dilakukan *structural*

template di Revit 2021 menggunakan menu Rebar. Seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Model Pembesian Pada Girder

Bahan Mati

Berat Aspal

Tabel 1. Data Ukuran Penampang Aspal

Data		
Lebar jalan	7	m
Panjang plat T1	30,6	m
Panjang plat T2	50,8	m
Tebal aspal AC-WC	0,04	m
BJ aspal AC-WC	2250	kg

- Volume aspal pada plat tipe 1

Volume

= Panjang Plat 1 X Lebar Jalan x Tebal Aspal

Volume = $30,6 \times 7 \times 0,04$

Volume = $8,568 \text{ m}^3$

- Berat aspal pada plat tipe 1

Berat Aspal = Volume X BJ aspal AC – WC

Berat Aspal = $8,568 \times 2250$

Berat Aspal = 19278 kg

Berat Aspal = $189,052 \text{ kN/m}^2$

- Volume aspal pada plat tipe 2

Volume

= Panjang Plat 1 X Lebar Jalan x Tebal Aspal

Volume = $50,8 \times 7 \times 0,04$

Volume = $14,224 \text{ m}^3$

- Berat aspal pada plat tipe 2

Berat Aspal = Volume X BJ aspal AC – WC

Berat Aspal = $14,224 \times 2250$

Berat Aspal = 32004 kg

Berat Aspal = $313,852 \text{ kN/m}^2$

Berat Trotoar

Tabel 2. Berat Gabungan Trotoar

Item Pekerjaan	Tipe Trotoar	Berat Beton (kg)	Berat Besi (kg)	Total (kg)
Trotoar	25x70x3060	12185,72	585,075	12770,795
Trotoar	25x70x5080	20229,88	968,626	21198,506

Sehingga berat trotoar tipe 25 x 70 x 3060 dan 25 x 70 x 5080 adalah 125,238 kN/m² dan 207,886 kN/m².

Berat Tiang Sandar

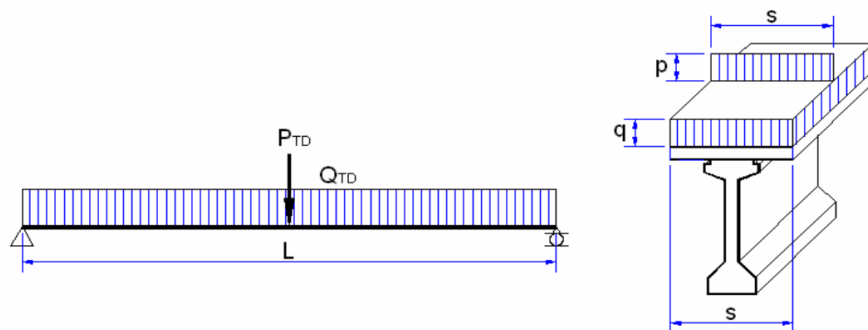
Tabel 3. Berat Gabungan Tiang Sandar

Item Pekerjaan	Tipe Tiang Sandar	Berat Beton (kg)	Berat Besi (kg)	Total (kg)
Tiang Sandaran	Tipe 1	11346,48	1914,130	13260,610
Tiang Sandaran	Tipe 2	18836,64	3172,221	22008,861

Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada jembatan dipenelitian ini menggunakan beban

lajur “D”. Beban lajur terdiri dari beban merata dan beban garis seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Arah Gaya Beban Lajur

Perhitungan dilakukan dengan Langkah-langkah berikut:

Tabel 4. Data Girder

Data		
Panjang bentang Girder 170 x 70 (L)	30,60	m
Panjang bentang Girder 210 x 80 (L)	50,80	m
Jarak Antar Girder 170 x 70 (S)	1,85	m
Jarak Antar Girder 210 x 80 (S)	1,40	m

Beban Lajur Pada Girder 170 X 70

Beban Merata

$$q = 8,0 \times \left(\frac{0,5+15}{L} \right)$$

$$q = 8,0 \times \left(\frac{0,5 + 15}{30,60} \right)$$

$$q = 4 \text{ Kpa}$$

Faktor Beban Dinamis

$$DAL = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$$

$$DAL = 0,4 - 0,0025 \times (30,60 - 50)$$

$$DAL = 0,45$$

Beban Merata Pada Balok

$$Q_{TD} = q \times s$$

$$Q_{TD} = 4 \times 1,85$$

$$Q_{TD} = 7,4 \text{ KN/m}$$

Beban garis Pada Balok

$$P_{TD} = (1 + DAL) \times p \times s$$

$$P_{TD} = (1 + 0,45) \times 44 \times 1,85$$

$$P_{TD} = 118,03 \text{ KN}$$

Beban merata pada balok (Q_{TD}) sebesar 7,4 KN/m dan beban garis pada balok (P_{TD}) sebesar 118,03 KN.

Beban Lajur Pada Girder 210 X 70

Beban Merata

$$q = 8,0 \times \left(\frac{0,5 + 15}{L} \right)$$

$$q = 8,0 \times \left(\frac{0,5 + 15}{50,80} \right)$$

$$q = 2,4 \text{ KPa}$$

Faktor Beban Dinamis

$$DAL = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$$

$$DAL = 0,4 - 0,0025 \times (50,80 - 50)$$

$$DAL = 0,4$$

Beban Merata Pada Balok

$$Q_{TD} = q \times s$$

$$Q_{TD} = 2,4 \times 1,40$$

$$Q_{TD} = 3,36 \text{ KN/m}$$

Beban Pada Balok

$$P_{TD} = (1 + DAL) \times p \times s$$

$$P_{TD} = (1 + 0,45) \times 44 \times 1,40$$

$$P_{TD} = 89,32 \text{ KN}$$

Beban merata pada balok (Q_{TD}) sebesar 3,36 KN/m dan beban garis pada balok (P_{TD}) sebesar 89,32 KN.

Beban Angin

Beban angin yang digunakan pada analisis adalah beban angin pada struktur, Data yang dibutuhkan untuk menghitung beban angin dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Perhitungan Beban Angin

Data		
V_0	17,6	km/jam
V_{10}	90	km/jam
V_B	90	km/jam

Tabel 6. Data Profile Girder Tipe 170 X 70

Data Profil Girder		
Tinggi balok (h)	1,7	m
Tinggi Plat (h_0)	0,2	m
Lebar pengganti beton plat (B_{eff})	1,2	m

Perhitungan mencari tinggi total balok girder seperti berikut:

$$h_c = h + h_0$$

Z	4854	mm
Z_0	1000	mm
P_B	0,024	MPa
h	2400	mm

Mencari kecepatan angin rencana:

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)$$

$$V_{DZ} = 2,5 \cdot 17,6 \left(\frac{90}{90} \right) \ln \left(\frac{4854}{1000} \right)$$

$$V_{DZ} = 69,51 \text{ km/jam}$$

Mencari beban angin pada struktur:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

$$P_D = 0,024 \left(\frac{69,51}{90} \right)^2$$

$$P_D = 0,01$$

$$E_{ws} = P_D \times h \times 30\%$$

$$E_{ws} = 0,01 \times 2400 \times 30\%$$

$$E_{ws} = 10,3 \text{ N/m}$$

$$E_{ws} = 0,0103 \frac{kN}{m}$$

Gaya Prategang

Untuk mendapatkan gaya prategang akhir terdapat langkah-langkah seperti mencari statis inersia, momen inersia, tahanan moment.

Tinggi dan Luas Penampang Girder 170 x 70

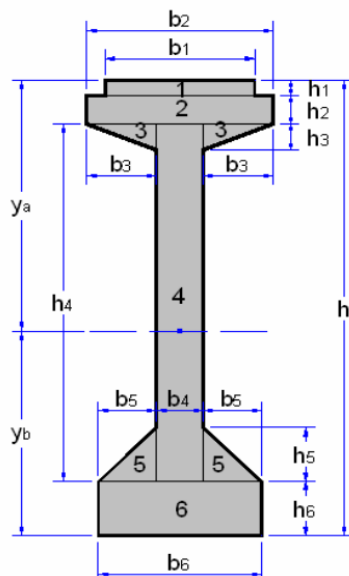
Data yang di butuh kan untuk menghitung beban angin disajikan pada Tabel 6.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Statis dan Inersia Moment Girder 170 x 70

No	Dimensi		Luas	Jarak	Statis	Inersia	Inersia
	Lebar	Tinggi	Penampang	terhadap alas	moment	moment	moment
	b (m)	h (m)	A (m ²)	y (m)	A x y (m ³)	A x y ² (m ⁴)	I ₀ (m ⁴)
1	0,60	0,07	0,042	1,70	0,0714	0,12138	0,00002
2	0,80	0,13	0,104	1,63	0,16952	0,27632	0,00015
3	0,30	0,12	0,036	1,50	0,054	0,081	0,00004
4	0,20	1,25	0,25	1,50	0,375	0,5625	0,03255
5	0,25	0,25	0,0625	0,70	0,04375	0,03063	0,00033
6	0,70	0,25	0,175	0,25	0,04375	0,01094	0,000091
Total			0,6695		0,75742	1,08276	0,03400

Section Propertis Balok Prategang Girder 170 x 70

Untuk melakukan perhitungan statis dan inersia momen terlebih dahulu menghitung luas penampang dari balok girder seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 5. Section Properties Girder

Perhitungan statis momen dan inersia momen dari girder seperti pada gambar 5 di atas, disajikan pada Tabel 7 dengan penomoran pada tabel disesuaikan dengan section properties penampang.

Setelah mendapatkan nilai statis momen dan inersia momen seperti diatas, maka dilanjutkan melakukan perhitungan terhadap tahanan momen pada balok girder tipe 170 x 70 dengan langkah sebagai berikut:

$$y_b = \sum A \times y / \sum A$$

$$y_b = 0,75742 / 0,6695$$

$$y_b = 1,33 \text{ m}$$

$$y_a = h / y_b$$

$$y_a = 1,7 / 1,33$$

$$y_a = 0,57 \text{ m}$$

Tahap selanjutnya mencari moment inersia terhadap alas balok, dilakukan sebagai berikut:

$$I_b = \sum A \times y^2 / \sum I_0$$

$$I_b = 1,08276 / 0,03400$$

$$I_b = 1,11 \text{ m}^4$$

Setelah I_b didapatkan lalu menghitung moment inersia terhadap titik berat balok, dilakukan sebagai berikut:

$$I_x = I_b - A \times y_b$$

$$I_x = 1,11 - 0,856$$

$$I_x = 0,2 \text{ m}^4$$

Menghitung tahanan moment pada sisi atas w_a dan sisi bawah w_b , dilakukan sebagai berikut:

$$w_a = I_x / y_a$$

$$w_a = 0,2 / 0,57$$

$$w_a = 0,45 \text{ m}^4$$

$$w_b = I_x / y_b$$

$$w_b = 0,2 / 1,33$$

$$w_b = 0,22 \text{ m}^4$$

Kondisi awal (saat transfer) Girder 170 x 70

Pada perhitungan ini dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Dari persamaan (1) : } P_t = M_{\text{balok}} / (e_s - W_a / A)$$

Dari persamaan (2) : $P_t = [0.60 \times f_{ci}' \times W_b + M_{balok}] / (W_b / A + e_s)$

Dari persamaan tersebut menghasilkan:

Dari persamaan (1) : $P_t = 3836,730 / (0,874 - 0,456 / 0,669)$
 $= 19.942,91 \text{ KN}$

Dari persamaan (2) : $P_t = [0.60 \times 33200 \times 0,229 + 3836,730] / (0,229 / 0,669 + 0,874)$
 $= 6.904,87 \text{ KN}$

Diambil besaran gaya prategang pada persamaan 2 yaitu 6.904,87KN

Persentase Tegangan Leleh Girder 170 x 70

$p_o = P_t / (0.85 \times n_s \times P_{bs})$
 $p_o = 6.904,87 / (0,85 \times 60 \times 187,32)$
 $= 0,72$ atau 72%
72% < 80 % (ok)

Gaya Prategang Akibat Jacking Pada

Girder 210 X 70

$P_{eff} = 75\% \times P_j$
 $P_{eff} = 75\% \times 8092,224$
 $P_{eff} = 6069,166 \text{ KN}$

Gaya Prategang Akhir Pada Girder 170 x 70

Gaya prategang akhir setelah kehilangan tegangan (*loss of prestress*) sebesar 25%:

$P_{eff} = 75\% \times P_j$
 $P_{eff} = 75\% \times 8092,224$
 $P_{eff} = 6069,166 \text{ KN}$

Tinggi dan Luas Penampang Girder 210 x 70

Data yang dibutuhkan untuk menghitung beban angin antara lain tinggi balok, tinggi plat dan lebar pengganti beton plat (Tabel 8).

Tabel 8. Data profile girder tipe 210 x 70

Data Profil Girder	
Tinggi balok (h)	2,1 m
Tinggi Plat (h ₀)	0,2 m
Lebar pengganti beton plat (B _{eff})	1,2 m

Perhitungan mencari tinggi total balok girder seperti berikut:

$h_c = h + h_0$
 $h_c = 1,7 + 0,2$
 $h_c = 1,9 \text{ m}$

Section Propertis Balok Prategang Girder 210 x 70

Untuk melakukan perhitungan statis

dan inersia momen terlebih dahulu menghitung luas penampang dari balok girder seperti pada Gambar 5 dengan kriteria data profil girder pada Tabel 8. Berikut ini adalah perhitungan statis dan inersia moment balok girder tipe 210 x 70, penomoran pada tabel berikut sesuai dengan gambar.

Tabel 9. Hasil Perhitungan Statis dan Inersia Moment Girder 210 X 70

No	Dimensi		Luas	Jarak	Statis	Inersia	Inersia
	Lebar	Tinggi	Penampang	terhadap alas	moment	moment	moment
	b (m)	h (m)	A (m ²)	y (m)	A x y (m ³)	A x y ² (m ⁴)	I ₀ (m ⁴)
1	0,60	0,07	0,04480	2,07	0,09274	0,19196	0,00002
2	0,80	0,13	0,10400	1,97	0,20488	0,40361	0,00015
3	0,30	0,12	0,03600	1,86	0,06696	0,12455	0,00004
4	0,20	1,65	0,33000	1,08	0,3564	0,38491	0,07487
5	0,25	0,25	0,06250	0,33	0,02063	0,00681	0,00033
6	0,70	0,25	0,17500	0,13	0,02275	0,00296	0,00091
Total			0,75230		0,75742	1,08276	0,76435

Setelah melakukan perhitungan diatas, lalu melakukan perhitungan perhitungan tahanan moment pada balok girder tipe 210 x 70 seperti berikut:

$$y_b = \sum A \times y / \sum A$$

$$y_b = 0,75742 / 0,75230$$

$$y_b = 1,012 \text{ m}$$

$$y_a = h / y_b$$

$$y_a = 2,10 / 1,012$$

$$y_a = 1,088 \text{ m}$$

Tahap selanjut nya mencari moment inersia terhadap alas balok, dilakukan sebagai berikut:

$$I_b = \sum A \times y^2 / \sum I_0$$

$$I_b = 1,08276 / 0,03400$$

$$I_b = 1,184 \text{ m}^4$$

Setelah I_b didapatkan lalu menghitung moment inersia terhadap titik berat balok, dilakukan sebagai berikut:

$$I_x = I_b - A \times y_b$$

$$I_x = 1,11 - 1,024$$

$$I_x = 0,413 \text{ m}^4$$

Dilanjut kan dengan menghitung tahanan moment pada sisi atas W_a dan sisi bawah W_b , dilakukan sebagai berikut:

$$w_a = I_x / y_a$$

$$w_a = 0,413 / 1,088$$

$$w_a = 0,380 \text{ m}^4$$

$$w_b = I_x / y_b$$

$$w_b = 0,413 / 1,012$$

$$w_b = 0,409 \text{ m}^4$$

Kondisi awal (saat transfer) Girder 210 x 70

Pada perhitungan ini dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

Dari persamaan (1) : $P_t = M_{\text{balok}} / (e_s - W_a / A)$

Dari persamaan (2) : $P_t = [0.60 \times f_{ci}' \times W_b + M_{\text{balok}}] / (W_b / A + e_s)$

Dari persamaan tersebut menghasilkan:

Dari persamaan (1) : $P_t = 3836,730 / (0,874 - 0,380 / 0,752)$

$$= 10406,49 \text{ KN}$$

Dari persamaan (2) : $P_t = [0.60 \times 33200 \times 40910 + 3836,730] / (40910 / 0,752 + 0,874) = 8451,26 \text{ KN}$

Diambil besaran gaya prategang pada persamaan 2 yaitu 8451,26 KN

Persentase Tegangan Leleh Girder 210 x 70

$$p_o = P_t / (0.85 \times n_s \times P_{bs})$$

$$p_o = 8451,26 / (0.85 \times 107 \times 187,32)$$

$$= 0,49 \text{ atau } 49\%$$

$$49\% < 80\% \text{ (ok)}$$

Gaya Prategang Akibat Jacking Pada Girder 210 X 70

$$P_j = p_o \times n_s \times P_{bs}$$

$$P_j = 0,49 \times 107 \times 187,32$$

$$P_j = 9821,18$$

Gaya Prategang Akhir Pada Girder 210 x 70

Gaya prategang akhir setelah kehilangan tegangan (*loss of prestress*) sebesar 25%:

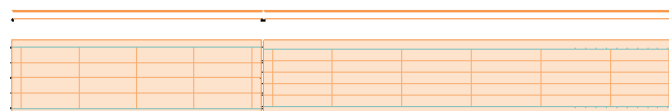
$$P_{\text{eff}} = 75\% \times P_j$$

$$P_{\text{eff}} = 75\% \times 9821,18$$

$$P_{\text{eff}} = 7365,885 \text{ KN}$$

Tahap Persiapan Pada Robot Structural

Pada tahapan ini melakukan pembuatan model *analitical* dan penginputan beban-beban pada model. Berikut ini adalah model analitikal jembatan Way Umpu.



Gambar 6. *Analitical Model*

Hasil Analisa Pada Robot Structural

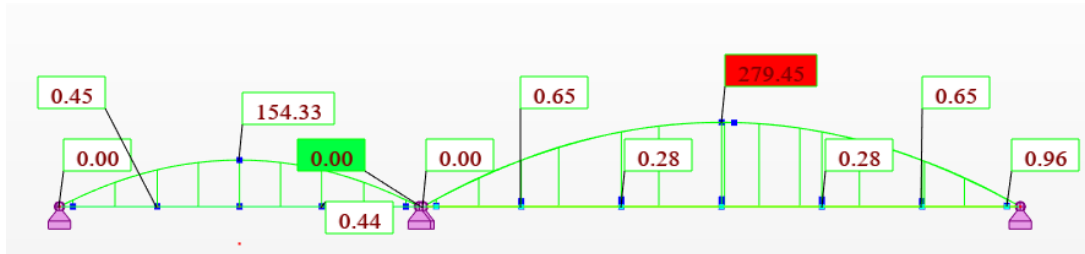
Pada tahap ini model akan di analisis

pada menu *calculation* dan akan mendapatkan hasil antara lain gaya normal, gaya geser

dan deformasi.berikut ini adalah hasil dari analisa struktur atas jembatan:

Gaya Normal

Berdasarkan hasil analisis struktur yang dilakukan, Gaya normal maksimum yang di dapatkan adalah 279,45 MPa seperti terlihat pada Gambar 7.

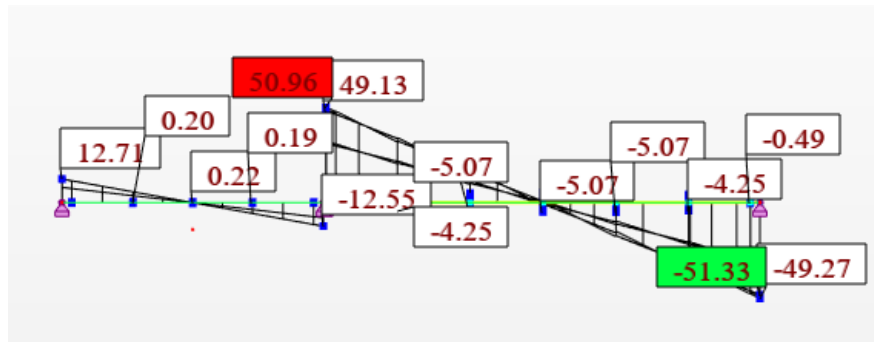


Gambar 7. Diagram Gaya Normal

Gaya Geser

Gaya geser maksimum yang terjadi

pada struktur atas jembatan Way Umpu akibat pembebanan adalah 51,33 MPa seperti pada Gambar 8.

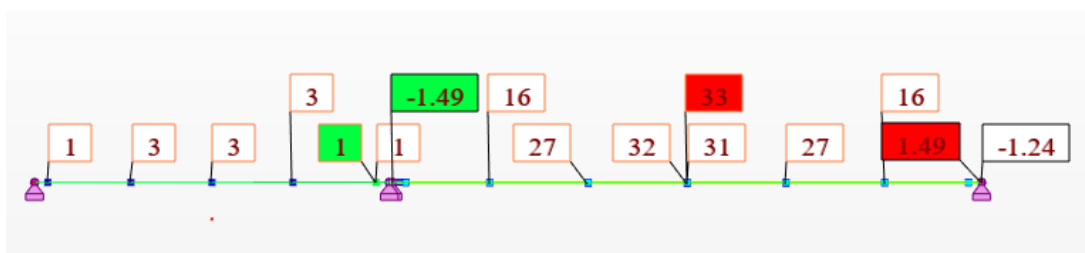


Gambar 8. Diagram Gaya Geser

Deformasi

Deformasi maksimum yang terjadi

pada struktur atas jembatan akibat pembebanan yaitu sebesar 33 mm seperti pada Gambar 9.

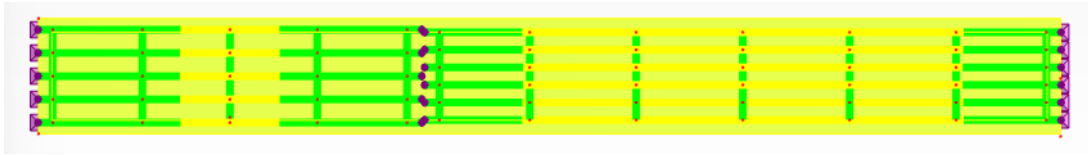


Gambar 9. Diagram Deformasi

Hasil Global Analisis

Hasil analisis struktur terhadap beban mati, beban hidup dan beban angin pada struktur atas jembatan Way Umpu

menunjukkan indikator warna hijau dan kuning pada masing-masing elemen struktur, menandakan jembatan tersebut kuat secara struktural dan juga ekonomis dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Analisa Kuat Tidaknya Jembatan

KESIMPULAN

Dari hasil implementasi BIM dalam peninjauan model struktur atas jembatan dengan menggunakan model dan data jembatan Way Umpu maka dapat disimpulkan bahwa Pengerjaan desain dan perhitungan analisis struktur dengan menggunakan *software* BIM yaitu Autodesk Revit dan *Robot Structural* yang saling terintegrasi sangat memberi kemudahan untuk melakukan analisis dan penyampaian informasi teknis dalam bentuk model 3D. Berdasarkan hasil pemodelan struktur atas jembatan pada Revit yang diintegrasikan dengan *Robot Structural* diperoleh hasil analisis struktur yang menyatakan bahwa model struktur tersebut kuat dan aman terhadap berat sendiri struktur, beban mati, beban hidup dan beban angin. Dengan kapasitas struktur terhadap gaya dalam berupa gaya normal maksimum sebesar 279,45 MPa, gaya geser 51,33 MPa, dan deformasi sebesar 33 mm ketiga indikator kapasitas struktur ini memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan beban yang bekerja, ditunjukkan dengan indikator warna kuning dan hijau yang dapat dilihat secara visual pada *Revit*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Satya, A. dan Anandita, DP. 2023. Analisis Karakteristik Dan Perencanaan Jembatan Beton Prategang Rsud Temanggung Dengan Berbasis Building Information Modeling (BIM) (Disertasi Doktor, Universitas Diponegoro).
- [2] Zahrizan, Z., Exploring the Adoption of Building Information Modelling (Bim) in the Malaysian Construction Industry: a Qualitative Approach. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 02(08), hlm.384–395. 2013
- [3] Hendra, D., Karsono, B., Olivia, S., & Azhar., Pengenalan Peran Platform Digital Bim (Building Information Modelling) Dalam Program Autodesk Revit Bagi Masyarakat Pelajar Kota Lhokseumawe. *Jurnal Solusi Masyarakat Dikara*, 2(3), 166–171. 2022
- [4] Dallasega, P., Andrea Revolti, Philipp Christopher Sauer, Felix Schulze, E. R. BIM, Augmented and Virtual Reality. 2020
- [5] J. U. D. Hatmoko, M. A. Wibowo, F. Kristiani, R. R. Khasani, R. Fatmawati, and G. D. Sihalo, "Edukasi Building Information Modeling (BIM) Pada Kontraktor Kecil," *J. Pasopati Pengabd. Masy. dan Inov. Pengemb. Teknol.*, vol. 2, no. 3, 2020.
- [6] Hanggara, H. N., & Nurchasanah, Y., Implementasi Building Information Modeling (Bim) Dalam Analisis Struktur Menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional Untuk Mengoptimalkan Value Engineering. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2023*, 693–698, 2023
- [7] Fadel, FM, 2020. Aplikasi Building Information Modeling (BIM) Menggunakan Software Autodesk® Revit® Pada Pemodelan Jembatan Standar (Disertasi Doktor Universitas Andalas).

- [8] Nafiyah, R. and Martina, N., "Analisis Kuantitas Lepas Pada Pekerjaan Struktur Bawah Jembatan," Jurnal Konstruksi Dan Material, 4 (2), hlm.91-100, 2022.
- [9] Nugroho, GR, 2023. Implementasi Aplikasi Integrasi Revit To Robot Dalam Analisis Struktur Jembatan (Disertasi Doktor, Politeknik Negeri Jakarta).
- [10] Pratama, AF and Witjaksana, B., Implementasi Autodesk Revit Untuk Quantiy Take Off Pada Pekerjaan Struktur Jembatan. Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, Vol 5, No 1, 2022
- [11] Solicha, AA dan Lydianingtias, D., "Aplikasi BIM Pada Pembangunan Proyek Jembatan Umbul Kaji Kabupaten Malang, " Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK) , Vol 2, No 3, 2021