



## Evaluasi Rasio Kapasitas Plat Lantai Jembatan Pangwa Berdasarkan Mutu Beton Aktual

**Munawir<sup>1\*</sup>, Basil Auzan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Aceh

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Aceh

\*Corresponding author, email address: [munawir@unmuha.ac.id](mailto:munawir@unmuha.ac.id)

### ARTICLE INFO

Article History:

Received 13 Juni 2024

Accepted 26 Juni 2024

Online 30 Juni 2024

### ABSTRAK

Artikel ini mengulas tentang pengaruh penurunan mutu beton yang digunakan dalam pelaksanaan konstruksi plat lantai kendaraan pada jembatan Pangwa yang terletak di kecamatan Trienggadeng, kabupaten Pidie Jaya, Provinsi Aceh. Plat lantai jembatan ini direncanakan menggunakan beton dengan mutu 30 MPa, namun dalam pelaksanaannya diperkirakan hanya tercapai sebesar 18,8 MPa. Berdasarkan mutu beton aktual tersebut maka dilakukan perhitungan kembali tingkat keamanan plat jembatan terkait kapasitas lentur dan gesernya. Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan peranti lunak SAP2000 mengacu kepada data perencanaan. Adapun tahapannya mencakup pemodelan jembatan sebagai konstruksi baja rangka ruang dengan plat lantai menggunakan material beton bertulang, perhitungan beban, analisa gaya dalam dan pengecekan kapasitas strukturnya. Perhitungan beban dan kombinasi pembebanannya mengacu kepada standar Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725: 2016). Plat lantai jembatan dianalisa sebagai plat tipe satu arah menggunakan tulangan D16- 150 dengan mutu baja  $f_y = 320$  MPa. Beban yang diperhitungkan mencakup: berat sendiri, beban mati tambahan, beban truk dan beban angin. Berdasarkan aksi rencana pada jembatan tersebut diperkirakan kemungkinan gaya- gaya yang timbul akibat kondisi tertentu yang diperhitungkan berdasarkan kombinasi beban dalam kondisi ultimit berupa Kuat I, Kuat II, Kuat III, Kuat IV dan Kuat V sesuai ketentuan SNI 1725- 2016. Berdasarkan hasil analisis struktur yang direkapitulasi dari nilai kombinasi beban tersebut diperoleh momen maksimum dan minimum sebesar 388,68 kN.m dan - 391,22 kN.m serta gaya geser maksimum sebesar 169,60 kN. Adapun kapasitas lentur yang direncanakan adalah 396,303 kN.m (desain) dan tercapai sebesar 365, 568 kN.m (aktual) atau lebih kecil 7,75 % dari momen ultimitnya. Sedangkan gaya geser pons yang timbul pada plat lantai jembatan sebesar  $V_u = 169,6$  kN dengan kapasitas geser pons,  $\phi V_n = 874,895$  kN pada data desain dan tercapai sebesar 703,811 kN (aktual). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa jembatan Pangwa layak untuk digunakan sebagai lintasan lalu lintas kendaraan.

Kata Kunci: Beton, Jembatan, Geser, Plat, Lentur.

### ABSTRACT

This article reviewed the effect of decreasing quality of concrete in the vehicle deck on Pangwa bridge located in Trienggadeng, Pidie Jaya

district, Aceh Province. The bridge deck was planned to use concrete with a quality of 30 MPa, however in practice, it was estimated that only 18.8 MPa was achieved. Based on the actual concrete quality, this article reported a reanalysis of the bending and shear capacity ratio. Structural analysis was carried out using SAP2000 software referring to engineering design data. The stages include modeling the bridge as a space frame steel construction with a deck using reinforced concrete material, loads calculation, internal force analysis, and checking the structural capacity. Load calculations and load combinations refer to the standard Loading for Bridges (SNI 1725: 2016). The bridge deck was analyzed as a one way slabs using D16-150 reinforcement with steel grade  $f_y = 320$  MPa. The loads taken into structure analysis include: self weight, additional dead load, truck load, and wind load. Based on the loads on the bridge, it is estimated that the possible forces arising from certain conditions are calculated based on the ultimate load combination of Strength-I, Strength-II, Strength-III, Strength-IV and Strength-V according to the provisions of SNI 1725-2016. Based on the results of the structural analysis recapitulated from the value of the load combination, the maximum and minimum moments were 388.68 kN.m and -391.22 kN.m while the maximum shear force were 169.60 kN. The planned bending capacity was 396.303 kN.m (design) and was achieved at 365.568 kN.m (actual) or 7.75% less than the ultimate moment. The pons shear force arising on the bridge deck was  $V_u = 169.6$  kN with pons shear capacity,  $\phi V_n = 874.895$  kN in the design data and was achieved by 703.811 kN (actual). Based on the results of these calculations, it can be concluded that Pangwa bridge still meets the level of safety for the use as a vehicle traffic lane.

Keywords: Concrete, Bridge, Shear, Late, Bending

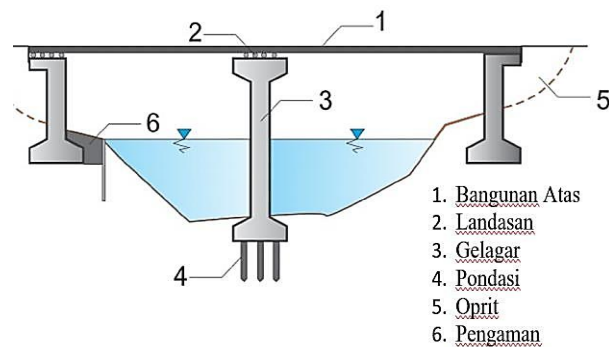
## 1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan bagian penting dalam sistem transportasi dengan menyediakan jalur yang diperlukan untuk mengatasi rintangan seperti sungai, lembah atau persimpangan jalan [1]. Jembatan jalan raya adalah komponen penting dalam sistem infrastruktur. Selain menyediakan transportasi normal untuk penumpang dan barang, jembatan juga berperan penting dalam keadaan darurat seperti pemadam kebakaran, operasi penyelamatan bencana dan layanan medis dengan memungkinkan kelancaran lalu lintas kendaraan dalam keadaan darurat. Oleh karenanya, jembatan harus memiliki kondisi struktur yang aman dan nyaman. Jika jembatan runtuh atau tidak berfungsi dengan baik, maka akan mengganggu sistem transportasi [2]. Kegagalan jembatan umumnya disebabkan oleh beban kerja yang lebih besar dari kapasitasnya dan sangat rentan terhadap kejadian ekstrim seperti gempa bumi. Kerusakannya menyebabkan kerugian dari segi korban jiwa dan ekonomi [3].

Jembatan secara umum adalah suatu struktur konstruksi yang memungkinkan untuk rute atau jalur transportasi yang melintasi sungai, jalan raya, jalan Kereta Api (KA). Jembatan juga merupakan jenis bangunan yang apabila akan dilakukan perubahan konstruksi, tidak dapat dimodifikasi secara mudah dan memerlukan biaya yang relatif mahal. Jembatan dibangun dengan umur rencana minimum dapat digunakan 50 tahun dan 100 tahun untuk jembatan panjang atau jembatan khusus [8]. Secara umum struktur jembatan dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah [9]. Ilustrasi struktur jembatan ditunjukkan pada Gambar 1.

Beban- beban yang bekerja pada struktur jembatan perlu dihitung dengan memperhatikan besarnya nilai tegangan atau gaya yang berpengaruh ke jembatan, intensitasnya dan besarnya faktor dampak yang ditetapkan dalam nilai koefisien beban terkait pengaruh material yang digunakan atau

efek dinamis dari beban yang bekerja. Beban yang diperhitungkan mencakup: (a) beban Mati, (b) Beban Lalu Lintas yang memperhitungkan pengaruh beban Truk "T", beban Lajur "D" dan faktor beban dinamis (FBD), (c) Gaya Rem, (d) Pembebanan untuk Pejalan Kaki [4, 5].



Gambar 1. Pemodelan Struktur Jembatan

Analisis jembatan harus memperhitungkan kemungkinan terjadinya kombinasi beban dengan keadaan batas yang disyaratkan untuk mencapai target pembangunan, keamanan dan aspek layan dengan memperhatikan kemudahan inspeksi, faktor ekonomi dan estetika. Seluruh keadaan batas harus dianggap memiliki tingkat kepentingan yang sama besar [6]. Nilai kombinasi pembebanan dihitung sesuai persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 1725:2016 terkait standar Pembebanan untuk Jembatan [7].

Keadaan batas daya layan (service) disyaratkan dalam analisis dengan dibatasi pada tegangan, deformasi dan lebar retak pada kondisi pembebanan layan agar jembatan mempunyai kinerja yang baik selama umur rencananya. Sedangkan pada Keadaan batas kekuatan (strength) disyaratkan untuk memastikan adanya kekuatan dan kestabilan jembatan yang memadai, baik yang sifatnya lokal maupun global, untuk memikul kombinasi pembebanan yang secara statistik mempunyai kemungkinan cukup besar untuk terjadi selama masa layan jembatan. Pada keadaan batas ini, dapat terjadi kelebihan tegangan ataupun kerusakan struktural, tetapi integritas struktur secara keseluruhan masih terjaga.

Jembatan Pangwa terletak pada koordinat lintang 5 15'4,35" N dan bujur 96 14'1,46" E di lintasan jalan Provinsi yang menghubungkan dua kecamatan, yaitu ruas jalan rel kereta api pada kecamatan Trienggadeng dengan ruas jalan pada kecamatan Meureudu. Bangunan atas (upper structure) jembatan ini menggunakan konstruksi rangka baja yang terdiri dari batang-batang profil I dan H-Beam yang dihubungkan dengan hubungan plat buhul sehingga membentuk rangka segitiga yang di desain untuk menahan tegangan akibat dari gaya tarik, gaya tekan atau kombinasi keduanya jika terkena beban-beban dinamis. Jembatan ini dikategorikan sebagai jembatan kelas A dengan panjang bentang,  $L = 60$  meter dan lebar,  $B = 9$  meter. Gambar foto satelit (GIS) jembatan Pangwa dan foto kondisi jembatan Pangwa yang telah selesai dibangun ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada saat pembangunan jembatan ini terjadi permasalahan terkait mutu beton aktual pada plat lantai kendaraannya tidak tercapai sesuai mutu rencana yang dicantumkan pada data dokumen perencanaan atau detail engineering design (DED). Berdasarkan data desainnya, jembatan Pangwa direncanakan dengan mutu beton,  $f'c = 30$  MPa dan menggunakan tulangan beton baja ulir (deform) dengan mutu baja,  $f_y = 320$  MPa. Sedangkan pada hasil pengujian beton aktualnya merujuk kepada data pelaksanaan dalam simulasi perhitungan ulang ini hanya diperhitungkan dengan mutu beton rata-rata pada plat lantai sebesar  $f'c = 18,8$  MPa. Berdasarkan data mutu beton aktual tersebut maka

diperhitungkan ulang apakah plat lantai kendaraan pada jembatan Pangwa memenuhi kapasitasnya untuk dipergunakan sebagai jalur lalu lintas sesuai ketentuan pembebanan jembatan merujuk kepada standar Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016).



Gambar 2. Gambar foto satelit (GIS) jembatan Pangwa [9] dan Foto kondisi jembatan Pangwa yang telah selesai dibangun dan telah difungsikan [10].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Data Jembatan

Penelitian ini dilakukan pada struktur plat lantai jembatan Pangwa yang berlokasi di jl. Rel Kereta Api, desa Mee Pangwa, kecamatan Trienggadeng, kabupaten Pidie Jaya. . Jembatan ini dikategorikan sebagai jembatan kelas A dengan panjang bentang,  $L = 60$  meter dan lebar,  $B = 9$  meter. jembatan Pangwa direncanakan dengan mutu beton,  $f'_c = 30$  MPa dan menggunakan tulangan beton baja ulir (deform) dengan mutu baja,  $f_y = 320$  MPa.

### 2.2. Analisis Kapasitas Plat Lantai Jembatan

Dalam perencanaan tebal minimum plat lantai ( $t_s$ ) harus memenuhi kedua ketentuan. Plat lantai merupakan bagian dari suatu konstruksi jembatan yang letaknya dibagian atas jembatan. Pembangunan jembatan perlu kiranya juga direncanakan plat lantai agar didapat ukuran yang sesuai dan tahan terhadap beban-beban yang bekerja diatasnya, sehingga didapat suatu plat lantai yang aman dan kokoh untuk jembatan tersebut. Lantai jembatan merupakan plat lantai beton yang berfungsi sebagai lantai kendaraan. Dalam perencanaan tebal minimum plat lantai ( $t_s$ ) harus memenuhi kedua ketentuan yaitu tebal minimum plat lantai ( $t_s$ ) lebih besar dari 200 mm dan lebih besar dari 140 dikali dengan panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dengan satuan mm [14]. Pada perencanaan plat lantai kendaraan jembatan harus dianalisis terhadap lentur dan geser terkait gaya pons. Dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Pada perencanaan struktur beton untuk jembatan, faktor reduksi kekuatan untuk perencanaan lentur adalah 0,8. Tebal minimum plat lantai ( $t_s$ ) harus memenuhi kedua ketentuan, yaitu  $t_s \geq 200$  mm dan  $t_s \geq (100 + 40.l)$  mm, di mana ( $l$ ) merupakan bentang plat yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam meter. Untuk menentukan luas tulangan tarik dan tekan pada plat lantai jembatan terhadap lentur harus memenuhi persyaratan perencanaan kekuatan plat terhadap lentur ( $M_u \leq \phi M_n$ ) baik untuk tulangan tunggal maupun tulangan rangkap (tarik dan tekan).
- b. Gaya geser pons adalah gaya yang terjadi akibat adanya beban truk pada roda yang dipikul oleh

lantai jembatan (lapis perkerasan). Bagian roda truk yang bersentuhan dengan lapis perkerasan disebut bidang geser. Besar nilai beban ultimit roda truk pada plat tidak boleh lebih besar dari nilai gaya geser pons nominal dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan geser, untuk mencegah keretakan yang dapat terjadi pada plat lantai jembatan (lapis perkerasan) Apabila keruntuhan geser dapat terjadi di sekitar tumpuan atau beban terpusat, maka kuat geser rencana plat lantai harus diambil  $\phi V_n$ . Nilai tersebut dapat diambil dengan ketentuan:

$$P_u < \phi V_n \quad (1)$$

$$P_u = 1,8 \times PTT \quad (2)$$

$$PTT = (1 + DLA) \times 11,25 \quad (3)$$

$$V_n = b' \cdot d (f_{cv} + 0,3 f_{pe}) \quad (4)$$

Dimana:

$P_u$  = gaya geser terfaktor (kN)

$PTT$  = berat gandar kendaraan (kN)

$DLA$  = faktor beban dinamis

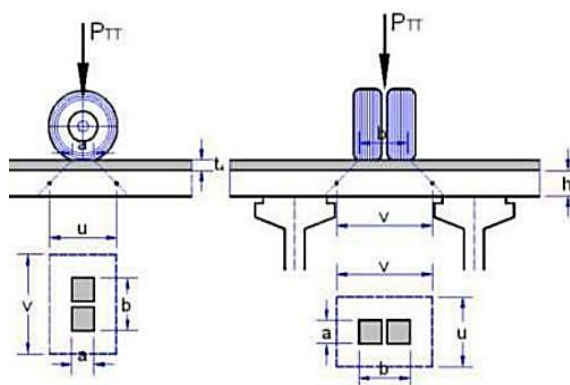
$\phi$  = faktor reduksi geser (0,75)

$V_n$  = tahanan geser nominal (kN)

$b'$  = panjang efektif dari garis keliling geser kritis (mm)

$f_{pe}$  = tegangan tekan dalam beton akibat gaya prategang efektif

Tegangan yang timbul pada plat lantai mengikuti besarnya beban dari gandar kendaraan dan luas penampang bidang kontak ban. Adapun pola distribusi beban gandar kendaraan ke plat lantai seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Beban Truk-bidang geser pons pada lantai jembatan

Acuan Analisa pelat lantai merujuk kepada data data dari gambar Detail Engineering Design (DED) dan dokumen perencanaan. Mutu bahan beton atau baja yang digunakan sesuai dengan data perencanaan dan data aktual yang berpengaruh pada perhitungan struktur plat lantai jembatan tersebut adalah sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Mutu Bahan Beton

| Data Properties Material                                | Mutu Bahan   |                   |
|---------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
|                                                         | DED (30 MPa) | Aktual (18,8 MPa) |
| Modulus elastik ( $E_c$ ), MPa                          | 25332,08     | 20378,44          |
| Angka poisson ( $\mu$ )                                 | 0,2          | 0,2               |
| Modulus geser ( $G$ ), MPa                              | 1,06E+04     | 8,0E+03           |
| Koefisien muai panjang ( $\alpha$ ), $^{\circ}\text{C}$ | 1,0E-05      | 1,0E-05           |

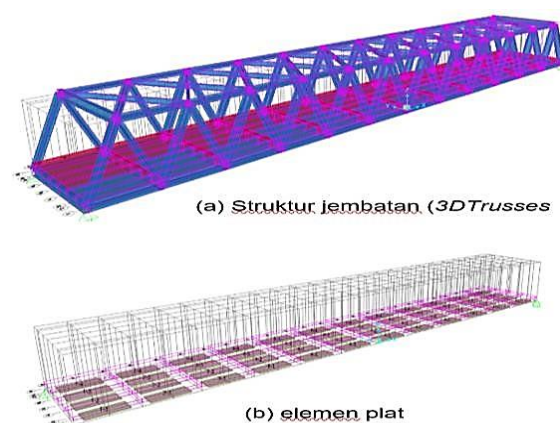
Lebih lanjut, merujuk kepada data perencanaan yang tertuang pada gambar kerja ditetapkan input data profil baja yang digunakan sebagai material profil baja pada rangka baja (trusses) jembatan Pangwa yang dimodelkan pada analisa struktur yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Mutu bahan baja

| Data Properties Material           | Mutu Bahan    |
|------------------------------------|---------------|
| Tegangan leleh baja ( $F_y$ ), MPa | 320           |
| Top Chord (H-Beam/WF), mm          | 750.350.12.25 |
| Bottom Chord (H-Beam/WF), mm       | 750.350.12.25 |
| Diagonal Member (H-Beam/WF), mm    | 750.350.12.25 |
| Top Bracing (H-Beam/WF), mm        | 450.200.9.16  |
| Cross Girder (H-Beam/WF), mm       | 750.350.12.25 |
| Stringer (H-Beam/WF), mm           | 750.350.12.25 |

### 2.3. Pemodelan Struktur Jembatan

Jembatan dimodelkan sebagai struktur ruang (3D) sesuai dengan gambar detail engineering design (DED) yang terdiri dari rangkaian plat lantai beton, rangka dan elemen struktur lainnya dengan ukuran sesuai dengan data propertis yang dipakai khususnya pada struktur plat lantai jembatan yang ditinjau dan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan Struktur jembatan (3D/ Space trusses) dan pemodelan struktur elemen plat pada SAP2000

### 2.4. Pembebanan Plat Lantai Jembatan

Dalam menganalisis beban plat lantai jembatan ini diperhitungkan beban-beban yang timbul akibat berat sendiri konstruksi, beban-beban yang bekerja akibat pengoperasian jembatan sebagai lintasan lalu lintas dan akibat aksi lingkungan seperti pengaruh angin terhadap konstruksi jembatan dan dalam hal ini difokuskan pada elemen struktur jembatan. Adapun besarnya beban yang diperhitungkan adalah sebagai berikut:

#### a. Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen-elemen

struktur, ditambah dengan elemen non struktur yang dianggap tetap pada konstruksi jembatan tersebut. Nilai dari berat sendiri ( $Q_{ms}$ ) yaitu 7,50 kN/m dan memiliki faktor ultimitnya sebesar 1,3, hasil tersebut dapat dihitung melalui perkalian antara lebar jembatan dengan tebal dan juga berat beton bertulang sesuai dengan SNI (2016) yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Berat Sendiri

| Item yang diperhitungkan           | Nilai                   |
|------------------------------------|-------------------------|
| Faktor beban ultimit ( $K_{ms}$ )  | 1,3                     |
| Lebar ( $b$ )                      | 1,00 m                  |
| Tebal slab lantai jembatan ( $h$ ) | 0,30 m                  |
| Berat beton bertulang ( $w_c$ )    | 25,00 kN/m <sup>3</sup> |
| Berat sendiri ( $Q_{ms}$ )         | 7,500 kN/m              |

#### b. Beban mati tambahan ( $MA$ )

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan terus berlanjut sampai dengan berubahnya data yang ditinjau. Berat mati tambahan ( $Q_{ma}$ ) yang dihasilkan yaitu sebesar 2,690 kN/m dan memiliki nilai faktor beban ultimitnya sebesar 2,00; nilai tersebut dihitung dengan penjumlahan antara lapisan aspal+overlay dengan beban air hujan dimana masing-masing nilai tersebut terdapat tebal dan beratnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan berat mati tambahan

| Item tinjauan                    | Tebal | Berat                | Beban |
|----------------------------------|-------|----------------------|-------|
|                                  | (m)   | (kN/m <sup>3</sup> ) | kN/m  |
| Lapisan Aspal + Overlay          | 0,10  | 22,00                | 2,200 |
| Air Hujan                        | 0,05  | 9,80                 | 0,490 |
| Berat Mati Tambahan ( $Q_{ma}$ ) |       |                      | 2,690 |

#### c. Beban Truk ( $TT$ )

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban  $T$ ), yang besarnya ( $T = 500$  kN) dengan faktor beban ultimitnya ( $K_{TT}$ ) sebesar 1,8 dan nilai Faktor Beban Dinamis untuk Pembebanan truk diambil, 40% harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bahan bangunan yang berada diatas permukaan tanah. Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda untuk masing masing baik roda tengah dan belakang (beban  $T$ ) = 315 kN. Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk ( $DLA$ ) = 0,4.

#### d. Beban Angin ( $EW$ )

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban  $T$ ), yang besarnya ( $T = 500$  kN) dengan faktor beban ultimitnya ( $K_{TT}$ ) sebesar 1,8 dan nilai Faktor Beban Dinamis untuk Pembebanan truk diambil, 40% harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bahan bangunan yang berada diatas permukaan tanah. Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda untuk masing masing baik roda tengah dan belakang (beban  $T$ ) = 315 kN. Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk ( $DLA$ ) = 0,4.

### 2.5. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi rencana yang bekerja secara bersamaan. Setiap kombinasi pembebanan diperhitungkan sesuai

dengan SNI 1725- 2016 yang bertujuan untuk memperhitungkan gaya-gaya yang timbul akibat kondisi tertentu. Semua kombinasi (Define load combinations) tersebut yang digunakan yaitu kuat I, kuat II, kuat III, kuat IV dan kuat V kemudian di input pada software SAP2000. Adapun kombinasi beban tersebut mencakup:

$$\text{Kuat I} = 2 \text{ Ma} + 1.3 \text{ Ms} + 1.8 \text{ Tt} \quad (5)$$

$$\text{Kuat II} = 2 \text{ Ma} + 1.3 \text{ Ms} + 1.4 \text{ Tt} \quad (6)$$

$$\text{Kuat III} = 2 \text{ Ma} + 1.3 \text{ Ms} + 1.4 \text{ Ews} \quad (7)$$

$$\text{Kuat IV} = 2 \text{ Ma} + 1.3 \text{ Ms} \quad (8)$$

$$\text{Kuat V} = 2 \text{ Ma} + 1.3 \text{ Ms} + 0.4 \text{ Ews} \quad (9)$$

Dalam hal ini, nilai Ms, Ma, Tt dan Ews mengacu kepada hasil perhitungan beban yang bekerja pada plat lantai jembatan merujuk kepada berat sendiri, beban mati tambahan, beban gandar kendaraan dan beban angin. Nilai ini tentunya merupakan nilai beban berfaktor yang disesuaikan dengan dampak lingkungan, pengaruh sifat material dan intensitas bebannya. Hasil perhitungan kombinasi beban ini menjadi dasar dalam evaluasi kapasitas dukung plat lantai kendaraan selama jembatan dioperasikan sebagai lintasan lalu lintas.

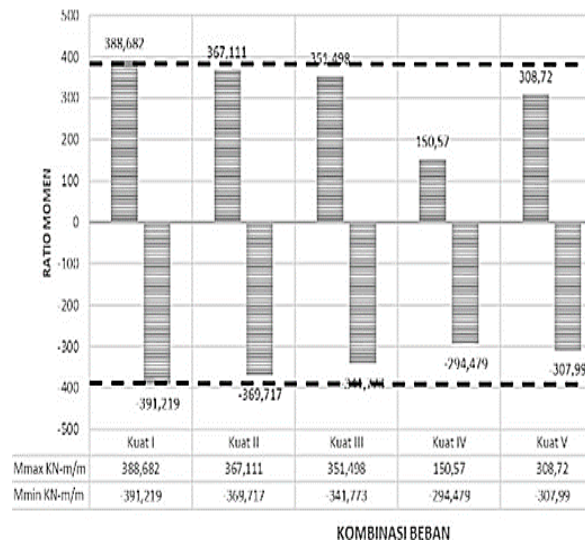
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pemodelan struktur plat lantai jembatan dan perhitungan beban serta Analisa strukturnya sesuai metodologi penelitian yang disampaikan sebelumnya, dilakukan analisis terkait hasil output SAP2000 berupa momen dan gaya geser plat lantai tersebut untuk dua kasus mutu beton yang berbeda, yaitu mutu beton desain 30 MPa dan aktual 18,8 MPa. Hasil tersebut berupa nilai momen dan gaya geser pada tinjauan plat lantai yang timbul akibat beban yang diinput, dimana beban tersebut telah dihitung sesuai dengan SNI 1725- 2016 dan hasil output tersebut dihitung kembali gaya lentur dan gaya geser pons menurut mutu beton yang dipakai.

#### 3.1 Momen yang Timbul Pada Plat

Hasil dari analisis pada SAP2000 terdapat gaya-gaya yang bekerja dalam struktur plat lantai jembatan dengan mutu beton 30 MPa dan 18,8 MPa tersebut, diperoleh hasil berupa beberapa gaya dalam yang sangat berpengaruh terhadap tingkat keamanan struktur plat lantai yang ditinjau, dimana beban- beban yang telah dihitung di input sama antara kedua mutu beton yang berbeda, baik dari berat sendiri, beban mati tambahan, beban truk maupun beban angin yang menghasilkan gaya tersebut terdapat gaya momen baik momen maksimum ataupun minimum hasil dari output SAP2000 yang dilihat dalam tampilan diagram 3D dan tabel. Momen yang timbul akibat pengaruh kombinasi-kombinasi yang bekerja dari kombinasi kuat I, kuat II, kuat III, kuat IV dan kuat V dapat dilihat pada Gambar 4.



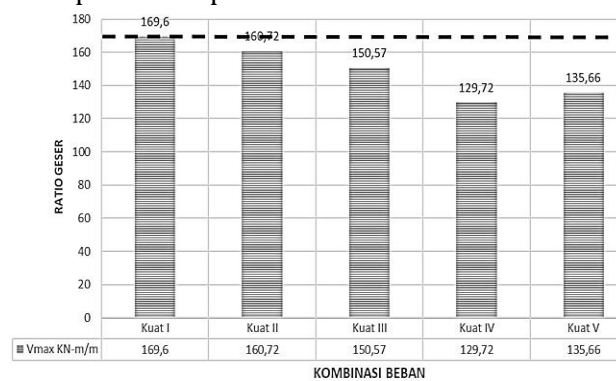


Gambar 5. Diagram momen maksimum/minimum yang timbul pada plat lantai jembatan

Hasil diagram momen yang timbul pada plat lantai kendaraan berdasarkan grafik di atas diambil dari kombinasi pembebanan kuat 1, kuat II, kuat III, kuat IV sampai kuat V, nilai gaya momen yang terjadi pada mutu beton 18,8 MPa dengan 30 MPa. Nilai momen maksimum sebesar 388,682 kN/m, dan momen minimum adalah -391,219 kN/m berdasarkan kombinasi beban kuat I. Pada kombinasi pembebanan kuat II, nilai momen maksimum yang timbul sebesar 367,111 kN/m dan nilai momen minimumnya sebesar -369,717 kNm. Kemudian kombinasi pembebanan kuat III, dimana nilai momen maksimum mencapai 351,498 kN.m dan momen minimumnya sebesar -341,773 kN.m. Kombinasi pembebanan kuat IV memiliki nilai momen maksimum mencapai 150,570 kN.m dan momen minimum sebesar -294,479 kN.m. Kemudian untuk kombinasi pembebanan kuat V, nilai momen maksimum sebesar 308,720 kN/m dan momen minimumnya sebesar -307,990 kN/m.

### 3.2 Gaya Geser yang Timbul Pada Plat

Gaya geser pada struktur plat lantai jembatan ini sangat berperan besar dalam pengaruhnya terhadap kekuatan struktur dan penahan gaya-gaya lateral yang terjadi. Hasil analisis SAP2000 terdapat gaya geser yang bekerja dalam struktur plat lantai jembatan dengan mutu beton 30 MPa dan 18,8 MPa, untuk hasil gaya geser dengan output SAP2000 yang dihasilkan dalam tampilan gambar diagram 3D dan tabel. Hasil gaya geser yang timbul akibat pengaruh kombinasi-kombinasi yang bekerja pada plat lantai jembatan ini dari kombinasi pembebanan kuat I, kuat II, kuat III, kuat IV dan kuat V secara detail dapat dilihat pada hasil Gambar 6.

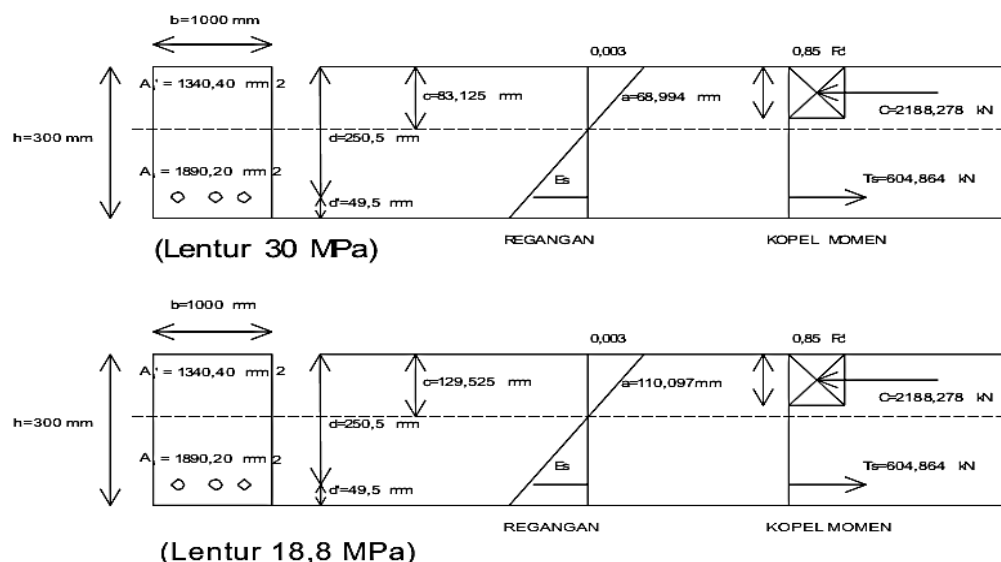


Gambar 6. Diagram gaya geser yang timbul pada plat lantai jembatan

Output case nilai pada gambar diagram diatas diambil dari kombinasi kuat I, kuat II, kuat III, kuat IV dan kuat V mempunyai nilai gaya geser yang sama pada kasus mutu beton 18,8 MPa dan 30 MPa, kemudian terdapat beberapa karakteristik nilai gaya geser maksimum yang timbul pada plat lantai jembatan dengan beberapa kombinasi tersebut, dimana gaya geser maksimum terbesar terdapat pada kombinasi pembebanan kuat I sebesar 169,600 kN/m, kemudian gaya geser untuk kombinasi pembebanan kuat II sebesar 160,720 kN/m, gaya geser untuk kombinasi pembebanan kuat III sebesar 150,570 kN/m, gaya geser untuk kombinasi pembebanan kuat IV sebesar 129,720 kN/m dan gaya geser untuk kombinasi pembebanan kuat V sebesar 135,660 kN/m. Dimana nilai-nilai tersebut direkapitulasi dari 12 area plat lantai jembatan yang telah dimodelkan dan dianalisis melalui software SAP2000.

### 3.3. Analisis Terhadap Lentur

Untuk menentukan luas tulangan tarik dan tekan pada plat lantai jembatan dengan mutu beton 30 MPa atau 18,8 MPa terhadap lentur harus memenuhi persyaratan perencanaan kekuatan plat lantai jembatan terhadap lentur ( $M_u \leq \phi M_n$ ) baik untuk tulangan tunggal maupun tulangan rangkap (tarik dan tekan). Perhitungan lentur sesuai dengan RSNI (2004) dimana dimensi yang dipakai sesuai dengan tinjauan DED atau aktual penelitian dan mempunyai nilai yang berpengaruh terhadap momen ultimit output dari SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Regangan dan tegangan lentur mutu beton plat lantai jembatan

Informasi nilai tulangan lentur dari gambar dan pembahasan diatas mempunyai nilai perhitungan yang dihasilkan dan berpengaruh terhadap perhitungan momen nominal, persamaan dan kontrol keamanan sesuai SNI (2016) yang telah dihitung dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Tulangan Lentur

|                                 | DED<br>(30 MPa) | Aktual<br>(18,8 MPa) |
|---------------------------------|-----------------|----------------------|
| Momen Ultimit<br>( $M_u$ ), kNm | 391,219         | 391,219              |
| $A_s$ , mm <sup>2</sup>         | 1890,20         | 1890,20              |
| $A_s'$ , mm <sup>2</sup>        | 1340,40         | 1340,40              |
| $M_n$                           | 466,239         | 430,081              |
| $\phi M_n$ , kNm                | 396,303         | 365,568              |

### 3.4 Analisis Geser Pons

Perhitungan gaya geser pons sesuai dengan ketentuan pada perhitungan, besar nilai beban ultimit roda truk pada plat lantai tidak boleh lebih besar dari nilai gaya geser pons nominal kemudian dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan geser untuk mencegah keretakan yang terjadi pada plat lantai jembatan (lapis perkerasan). Resume hasil terkait perhitungan gaya geser pons dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Gaya Geser Pons

|                                              | DED<br>(30 MPa) | Aktual<br>(18,8 MPa) |
|----------------------------------------------|-----------------|----------------------|
| Luas Bidang Geser ( $A_v$ ), mm <sup>2</sup> | 901800          | 901800               |
| Gaya Geser Pons Nominal ( $P_n$ ), N         | 1458158         | 1173018              |
| $\Phi P_n$                                   | 874895          | 703811               |
| Beban Ultimit Roda Truk ( $P_u$ ), N         | 567000          | 567000               |
| Kontrol $P_u < \Phi P_n$                     | Memenuhi        | Memenuhi             |

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang disampaikan pada artikel ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu hasil Analisa struktur dengan SAP2000 diperoleh momen ultimit maksimum sebesar 388,682 kN/m, sedangkan untuk momen ultimit minimum sebesar -391,219 kN/m dengan pengaruh terbesar pada elemen plat lantai dipengaruhi oleh pada kombinasi beban kuat I. Adapun gaya geser yang timbul pada plat lantai sebesar 169,600 kN juga dipengaruhi oleh kombinasi beban yang sama (Kuat I).

Hasil perhitungan kapasitas lentur mengacu pada mutu beton desain 30 MPa dan aktual 18,8 MPa menunjukkan momen ultimit ( $M_u$ ) sebesar 391,219 kNm. Nilai ini lebih kecil dari momen nominal ( $\phi M_n$ ) sebesar 396,303 kNm dengan rasio kapasitas sebesar 1,013 kN/m untuk mutu beton 30 MPa dan momen nominal ( $\phi M_n$ ) sebesar 365,568 kNm dengan rasio kapasitas sebesar 0,934 untuk mutu beton 18,8 MPa, dimana persentasenya sebesar 7,755%. Nilai  $M_u$  akibat pengaruh penurunan mutu beton tidak dapat dipenuhi oleh kapasitas beton actual pada jembatan, sehingga merujuk kepada hasil perhitungan perlu ditinjau Kembali Batasan muatan yang diizinkan untuk melintasinya.

Pengaruh nilai geser pons yang dihasilkan pada perhitungan memiliki tingkat keamanan struktur plat lantai sebesar 874895 N dengan rasio kapasitas sebesar 1,543 N/m untuk mutu beton 30 MPa dan 703811 N dengan rasio kapasitas sebesar 1,241 N/m untuk mutu beton 18,8 MPa lebih besar dari beban ultimit roda truk ( $P_u$ ) sebesar 567000 N, dimana persentase rasio penurunan sebesar 19,57%. Pada evaluasi ini terkait kapasitas gesernya masih terpenuhi.

## Daftar Pustaka

1. B. E. Dharma, M. Amin, and S. Suwarjo, "Tinjauan Gelagar Jembatan Prategang Segmental Type I Post-Tensioning Dengan Bentang 25 Meter Pada Jembatan Sungai Benit," *Jurnal KOMPOSITS*, vol. 2, no. 1, pp. 22-26, 2021.
2. N. Xiang and M. S. Alam, "Comparative seismic fragility assessment of an existing isolated continuous bridge retrofitted with different energy dissipation devices," *Journal of bridge*

- engineering*, vol. 24, no. 8, p. 04019070, 2019.
3. N. Xiang, X. Chen, and M. S. Alam, "Probabilistic seismic fragility and loss analysis of concrete bridge piers with superelastic shape memory alloy-steel coupled reinforcing bars," *Engineering Structures*, vol. 207, p. 110229, 2020.
4. A. Andekenro, "Perencanaan Struktur Jembatan Komposit Cihaurbeuti," Universitas Siliwangi, 2019.
5. H. I. Hasudungan and N. Nurmaidah, "Evaluasi Perhitungan Bangunan Atas Jembatan Komposit," *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, vol. 5, no. 1, pp. 26-36, 2021.
6. S. Ardi, T. Taufik, and P. Robby, "PERENCANAAN ULANG JEMBATAN KOMPOSIT BOX GIRDER BAJA (Composite Steel Tub Girder)," Universitas Bung Hatta, 2021.
7. M. Meillyta, M. Munawir, and Z. KCS, "Pepenerapan Concreate Jacketting Sebagai Upaya Perkuatan Pilar Jembatan Kr. Idi Rayeuk Terkait Perubahan Peraturan Pembebanan Untuk Jembatan," in *PROSIDING SNTT-VI (SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI TERAPAN)*, 2018.
8. S. N. Indonesia, "Perencanaan struktur beton untuk jembatan," *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*, 2004.
9. Google\_Earth, "http's://Earth/web/@5.25113102,96.23388751,5.38204369,327.78653352,35,0,1st,3rd/data=Cognate?outhouse=0.," (diakses 5 juni 2023).
10. ajnn, "(berita online\_ Muksalmina 13:41 WIB, 09 April 2021)," in *https://www.ajnn.net/news/kejari- tak-temukan-kesalahan-pengguna-anggaran-di- proyek-jembatan-pangwa/index.html*, (diakses 5 juni 2023)