

PERENCANAAN GELAGAR BAJA PADA JEMBATAN DESA BUKET LINTEUNG KECAMATAN LANGKAHAN KABUPATEN ACEH UTARA

Syahrial Putra¹, Syukri², Herri Mahyar³

- 1) Mahasiswa, Diploma 4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: syahrialputra7@gmail.com
- 2) Dosen, Diploma 4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: sukrisks@yahoo.com
- 3) Dosen, Diploma 4 Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Buketrata, email: heri_pnl@yahoo.co.id

ABSTRAK

Jembatan Desa Buket Linteung, Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara merupakan jembatan yang menghubungkan antara desa Dusun Kareng dengan Simpang Lima. Panjang jembatan yaitu 16 meter, lebar 7 meter dengan material baja dan beton bertulang. Jembatan ini memiliki enam buah gelagar dengan jarak antar gelagar 1,2 meter. Tujuan perencanaan ini adalah untuk mengkaji dan membandingkan penampang gelagar baja non-komposit dan komposit. Metode yang digunakan pada perencanaan ini adalah RSNI-T-02-2005 dan RSNI-T-03-2005. Perencanaan gelagar baja non-komposit direncanakan dengan menggunakan profil IWF. 700.300.13.24, dengan spesifikasi data tinggi tampang profil baja 700 mm, lebar sayap 300 mm, tebal badan 13 mm dan tebal sayap 24 mm. Pengontrolan penampang kelangsingan pada badan profil baja memenuhi syarat yang aman $58,333 < 75$ yang diijinkan, dan tegangan lentur yang terjadi $130,071 \text{ MPa} < F_{skip} 136,051 \text{ MPa}$ jadi profil non-komposit tersebut aman terhadap tegangan. Lendutan yang diperoleh dari gelagar baja non-komposit $0,0582 \text{ m} < 0,067 \text{ m}$. Pada Perencanaan gelagar baja komposit direncanakan dengan menggunakan profil IWF. 600.200.12.20, dengan spesifikasi data tinggi tampang profil baja 600 mm, lebar sayap 200 mm, tebal badan 12 mm dan tebal sayap 20 mm. Pengontrolan penampang kelangsingan pada badan profil baja memenuhi syarat yang aman $50 < 75$, dan tegangan lentur yang terjadi $122,873 \text{ MPa} < F_{skip} 125,138 \text{ MPa}$ yang diijinkan, jadi profil baja komposit tersebut aman terhadap tegangan. Lendutan yang diperoleh dari gelagar baja komposit $0,0472 \text{ m} <$ lendutan yang diijinkan $0,067 \text{ m}$. Pada perencanaan ini gelagar komposit lebih efisien dari pada gelagar non-komposit.

Kata kunci: penampang gelagar baja, gelagar baja komposit, non-komposit

I. PENDAHULUAN

Jembatan adalah suatu struktur yang memungkinkan rute transportasi melintasi sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api dan lain-lain. Rute transportasi berupa jalan kereta api, jalan trem, pejalan kaki, rentetan kendaraan dan lain-lain. Jembatan yang melintasi diatas jalan biasanya disebut *viaduct* (Manu, 1995).

Jembatan Desa Buket Linteung Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara sebelumnya merupakan jembatan konvensional, yaitu gelagar yang digunakan adalah gelagar persegi. Namun pada perencanaan tugas akhir ini akan direncanakan dua tipe gelagar baja yaitu gelagar baja non-komposit dan komposit, dengan panjang, lebar dan lokasi jembatan yang sama. Kedua gelagar tersebut akan menjadi bahan perbandingan dan pertimbangan, dalam memilih material gelagar untuk mendesain suatu struktur jembatan. Gelagar baja komposit ini banyak memiliki keuntungan diantaranya yaitu, profil baja dapat dihemat dibandingkan dengan balok non komposit. Penampang atau tinggi profil baja lebih rendah, sehingga dapat mengurangi atau menghemat tinggi lantai (*storey height*) pada bangunan gedung dan tinggi ruang bebas pada bangunan jembatan. Kekakuan lantai pelat beton

bertulang semakin tinggi karena pengaruh komposit (menyatu dengan gelagar baja), sehingga pelendutan pelat lantai (komposit) semakin kecil.

Sedangkan pada balok non-komposit, slip antara pelat beton dan balok baja dibiarkan terjadi, sehingga pelat beton dan balok baja dalam memikul beban tidak berlaku sebagai satu kesatuan, tetapi secara terpisah. Oleh karena itu ketika struktur non-komposit maka yang terjadi adalah: permukaan bagian bawah pelat beton berada dalam keadaan tertarik dan terjadi pemanjangan, serta permukaan bagian atas dari balok baja berada dalam keadaan tertekan dan terjadi pemendekan.

Perencanaan gelagar baja komposit dan non-komposit pada Desa Buket Linteung, Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara merupakan perencanaan jembatan baru karena kondisi jembatan yang lama sudah tidak layak dan rusak untuk dilalui kendaraan. Jembatan ini merupakan penghubung antara desa Dusun Kareng dengan Simpang lima, pembangunan jembatan tersebut direncanakan dengan panjang 16 meter dan lebar lantai jembatan 6,0 m serta lebar trotoar 0,5 m jadi lebar total 7,0 m yang merupakan jembatan kelas B.

Adapun rumusan masalah yang ditinjau adalah ukuran gelagar baja non-komposit dan komposit, agar mampu menahan beban yang bekerja pada jembatan tersebut, sesuai dengan syarat yang aman, ukuran dan jumlah penghubung geser *conector stud* pada gelagar baja komposit agar tidak terjadi pergeseran selama pembebanan, lendutan yang terjadi pada gelagar baja non-komposit dan gelagar baja komposit tersebut serta rasio luas penampang, berat dan lendutan yang terjadi antara kedua jenis gelagar tersebut.

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan ukuran gelagar baja non-komposit dan komposit, agar mampu menahan beban yang bekerja pada jembatan tersebut sesuai dengan syarat yang aman, mendapatkan ukuran penghubung geser *conector stud* pada gelagar baja komposit, agar dapat menahan gaya geser horizontal yang terjadi selama pembebanan, mengetahui lendutan yang terjadi pada gelagar baja non-komposit dan komposit tersebut dan mengetahui persen (%) rasio luas penampang, berat dan lendutan yang terjadi antara kedua jenis gelagar tersebut.

Untuk mencapai tujuan tersebut, adapun ruang lingkup permasalahan pada perencanaan adalah perencanaan gelagar utama, perencanaan gelagar baja non-komposit, perencanaan gelagar baja komposit menggunakan *shear connector*, perencanaan penghubung geser (*shear connector*) pada gelagar baja komposit dengan model *stud connector*. Gelagar baja menggunakan profil WFS dengan mutu beton K-100 dan mutu baja Bj-34. Perencanaan sambungan gelagar baja termasuk untuk non-komposit dan komposit serta perencanaan sambungan diafragma baja non-komposit dan komposit.

Menurut Nasution (2012) bahwa konstruksi komposit adalah sebuah konstruksi yang bahan-bahannya merupakan perpaduan dari dua jenis material yang berbeda sifat, yang disatukan sedemikian rupa, sehingga bekerja sama dalam memikul beban. Konstruksi seperti ini ditemukan pada struktur jembatan, yaitu gabungan antara pelat lantai dari bahan beton dan gelagar dari bahan baja. Gabungan kedua elemen struktur ini dapat memikul beban lentur (momen) secara bersama-sama.

Aksi komposit terjadi apabila dua batang/bagian struktur pemikul beban, misalnya konstruksi lantai beton dan balok profil baja, dihubungkan secara komposit menjadi satu, sehingga dapat melentur secara bersamaan dan menyatu, dengan kata lain tidak terjadi gelincir diantara permukaan beton dan baja. Aksi komposit hanya dapat terjadi apabila anggapan-anggapan berikut ini dapat dipenuhi atau mendekati keadaan sebenarnya antara lain (Nasution, 2012):

Pada balok non-komposit yaitu slip antara pelat beton dan balok baja dibiarkan terjadi, sehingga pelat beton dan balok baja dalam memikul beban tidak berlaku sebagai satu kesatuan, tetapi secara terpisah. Oleh karena itu, ketika struktur non-komposit maka yang terjadi adalah permukaan bagian bawah pelat beton berada dalam keadaan tertarik dan terjadi

pemanjangan, serta permukaan bagian atas dari balok baja berada dalam keadaan tertekan dan terjadi pemendekan. Adapun standar pembebanan untuk jembatan adalah sebagai berikut:

A. Berat Sendiri (MS)

Berdasarkan RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan (2005), berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap.

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. Dalam hal tertentu harga K_{MA} yang telah berkurang boleh digunakan dengan persetujuan Instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut mengawasi beban mati tambahan sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

C. Beban Lalu Lintas

Berdasarkan RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan (2005), bahwa beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

a. Beban Lajur “D”

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BTG) dan jumlah lajur lintas rencana. Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots(1)$$

$$L > 30 \text{ m} \quad q = 9,0 * (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \dots\dots\dots(2)$$

b. Pembebanan Truk “T”

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as, berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut dapat berubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

D. Gaya Rem

Menurut RSNI T-02-2005 (2005) Standar Pembebanan untuk Jembatan (2005), bekerjanya gaya-gaya diarah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan. Beban lajur D disini jangan direduksi bila panjang bentang melebihi 30 m, digunakan persamaan 2.5, yaitu: $q = 9 \text{ kPa}$.

E. Aksi Lingkungan

a. Beban Angin

Menurut RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan (2005), jembatan-jembatan harus diselidiki secara khusus akibat pengaruh beban angin, termasuk respon dinamis jembatan. Faktor beban akibat beban angin dapat dilihat pada tabel 2.9. Gaya nominal ultimit dan gaya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 * C_w * (V_w)^2 A_b \dots\dots\dots(3)$$

$$T_{EW} = 0,0012 * C_w * (V_w)^2 A_b \text{ dengan } C_w = 1,2 \dots\dots\dots(4)$$

b. Pengaruh Gempa

Beban horizontal statis ekuivalen yaitu Menurut RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan (2005), pasal ini menetapkan metoda untuk menghitung beban statis ekuivalen untuk jembatan-jembatan dimana analisa statis ekuivalen adalah sesuai.

$$T_{EQ} = K_h * I * W_t \dots\dots\dots(5)$$

$$K_h = C * S \dots\dots\dots(6)$$

Waktu getar struktur dihitung dengan rumus :

$$T = 2 * \pi * \sqrt{\left[\frac{W_{TP}}{g * K_p} \right]} \dots\dots\dots(7)$$

$$K_p = 3 * E_c * I_c / h^3 \dots\dots\dots(8)$$

$$I = 1/12 * b * h^3 + A d^2 \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

T = waktu getar (detik)

W_{TP} = berat sendiri struktur atas dan beban mati tambahan, ditambah setengah berat sendiri struktur bawah (kN).

P_{MS} = berat Sendiri

P_{MA} = beban mati tambahan (kN).

g = percepatan gravitasi (=9,8 m/det²)

K_p = kekakuan struktur yang merupakan gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan (kN/m)

E_c = modulus elastis beton (kPa)

I_c = momen inersia (m⁴)

h = tinggi struktur (m)

Untuk struktur jembatan dengan daerah sendi plastis beton bertulang, maka faktor tipe struktur dihitung rumus:

$$F = 1,25 - 0,025 * n \text{ dan } F \text{ harus diambil } \geq 1 \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan:

F = Faktor perangkaian

n = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi struktur.

Koefisien beban gempa vertikal,

$$K_v = 50 \% * K_h \dots\dots\dots(11)$$

Salmon dkk (1995) menyatakan bahwa lebar efektif dalam perencanaan jembatan jalan raya menurut AASHTO-1.7.48 identik dengan AISC persamaannya adalah sebagai berikut:

$$b_E \leq \frac{L}{4} \dots\dots\dots(12)$$

$$b_E \leq b_o \dots\dots\dots(13)$$

$$b_E \leq 12 * t_s \dots\dots\dots(14)$$

dan untuk gelagar pinggir persamaannya sebagai berikut:

$$b_E \leq L/12 \dots\dots\dots(15)$$

$$b_E \leq 1/2 * (b_o + b_f) \dots\dots\dots(16)$$

$$b_E \leq 6 * t_s \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan:

L = Panjang bentang jembatan

b_E = Lebar efektif slab beton

b_o = Jarak antar gelagar

t_s = Tebal slab beton

b_f = Lebar sayap profil baja

Metode pelaksanaan suatu komponen struktur komposit (khususnya untuk komponen struktur lentur), secara umum dapat dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya tumpuan sementara (perancah). Jika tumpuan sementara tidak digunakan (*unshored*) maka profil baja akan berperilaku sebagai penumpu dari bekesting pelat beton, selama beton belum mengeras. Sistem pelaksanaan yang lain adalah dengan menggunakan tumpuan sementara (*shored*) selama pelat beton belum mengeras. Tumpuan sementara ini akan memikul berat dari profil baja, bekesting pelat serta beton yang belum mengeras. Dengan digunakannya tumpuan sementara akan dapat mengurangi tegangan yang timbul pada profil baja selama proses konstruksi. Setelah beton mengeras, perancah dilepas dan beban-beban layan dipikul melalui aksi komposit baja dan pelat beton (Setiawan, 2008).

Berdasarkan buku LRFD bahwa gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Kuat nominal penghubung geser jenis paku yang ditanam didalam pelat beton masif, ditentukan sesuai pasal 12.6.3, yaitu:

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \dots \dots \dots (18)$$

Keterangan:

A_{sc} = luas penampang penghubung geser jenis paku (mm²)

f_u = tegangan putus penghubung geser jenis paku, (MPa)

Q_n = kuat geser nominal untuk penghubung geser, (N)

Persyaratan mengenai jarak antar penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.6 adalah selimut lateral minimum = 25 mm, kecuali ada dek baja, diameter maksimum = 2,5x tebal flens profil baja, jarak longitudinal minimum = 6x diameter penghubung geser, jarak longitudinal maksimum = 8x tebal pelat beton, jarak minimum dalam arah tegak lurus sumbu longitudinal = 4x diameter dan jika digunakan dek baja gelombang, jarak minimum penghubung geser dapat diperkecil 4x diameter.

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 tentang Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD bahwa, komponen struktur komposit memiliki momen inersia yang lebih besar daripada komponen struktur non-komposit, akibatnya lendutan pada komponen struktur komposit akan lebih kecil. Jadi untuk lendutan pada baja sebelum komposit dapat dihitung sebagai berikut:

$$\delta = (5/384 * Q_t * L^4) / (E * I_x) \dots \dots \dots (19)$$

1. Lendutan maksimum pada girder akibat beban merata (Q):

$$\delta_{maks} = 5/384 * Q * L^4 / (E_s * I_{tr}) \dots \dots \dots (20)$$

2. Lendutan maksimum pada girder akibat beban terpusat (P):

$$\delta_{maks} = 1/48 * P * L^3 / (E_s * I_{tr}) \dots \dots \dots (21)$$

3. Lendutan maksimum pada girder akibat beban momen (M)

$$\delta_{maks} = 1/72 \sqrt{3} * M * L^2 / (E_s * I_{tr}) \dots \dots \dots (22)$$

Keterangan:

δ = lendutan

Q_t = total beban pada girder sebelum komposit

L = panjang bentang jembatan

E = modulus elastis baja

I_x = momen inersia

Q = total beban berat sendiri

P = beban terpusat

M = beban momen

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan yang dimilikinya dibandingkan paku keling, seperti jumlah tenaga kerja yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar, dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi. Tahanan geser baut adalah Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan:

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \dots\dots\dots(23)$$

Keterangan:

$r_1 = 0,50$ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,40$ untuk baut dengan ulir pada bidang geser

f_u^b = adalah kuat tarik baut (MPa)

A_b = adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

m = adalah jumlah bidang geser

Baut yang memikul gaya tarik tahanan nominalnya dihitung menurut:

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \dots\dots\dots(24)$$

Menurut PPBBI 1984 menyatakan bahwa untuk pola pemasangan baut harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$2,5 d < S < 7d$$

$$1,5d < U < 3d$$

$$2,5 d < S_1 < 7d$$

Keterangan:

S = Jarak antar setiap baut

U = Jarak baut ke tepi pelat yang disambung

S_1 = jarak dari sumbu baut yang paling luar ke tepi bagian yang disambung

Gaya eksentrisitas pada gelagar adalah:

$$e = \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(25)$$

Sambungan dengan beban eksentris yang menahan geser lentur

$$M = V_{u_{max}} \cdot e + M_c \dots\dots\dots(26)$$

Akibat beban M yang bekerja dititik Z , maka pada titik-titik penampang baut terjadi gaya kopel (K_i) sehingga persamaan yang terjadi adalah:

1. Penampang sumbu kopel yang terjadi pada arah sumbu Y :

$$K_{mx} = M \cdot Y / \Sigma(X_i^2 + Y_i^2) \dots\dots\dots(27)$$

Keterangan:

M = Momen kapasitas profil

Y = Jarak baut yang terbesar pada arah sumbu Y

2. Penampang sumbu kopel yang terjadi pada arah sumbu X :

$$K_{my} = M \cdot X / \Sigma(X_i^2 + Y_i^2) \dots\dots\dots(28)$$

Dari persamaan diatas dengan demikian maka besarnya gaya yang bekerja (K_R) pada baut paling kritis adalah merupakan resultant dari gaya-gaya yang dapat dihitung sebesar:

$$K_R = \sqrt{K_{mx}^2 + (K_{my} + K_p)^2} \dots\dots\dots(29)$$

Sambungan dinyatakan kuat menerima beban kerja bila $K_R < N_{Baut}$.

Dalam menentukan kekuatan baut pada *flens* (sayap) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$N_{geser} = 0,5 \cdot F_y \cdot A_{baut} \cdot m \dots\dots\dots(30)$$

$$N_{tumpu} = \delta_{maks} \cdot d \cdot 2,4 \cdot F_y \cdot \phi \dots\dots\dots(31)$$

Keterangan:

- ϕ = faktor reduksi
- F_y = tegangan leleh baja (MPa)
- A baut = luas baut
- m = jumlah tampang pada sambungan

Untuk menghitung tahanan tumpu pada bagian pada bagian web dari diafragma adalah sebagai berikut:

$$\phi R_{nt} = 0,75 (2,5 \times f_u^p) \times D_b \times t_f \dots \dots \dots (32)$$

Keterangan:

$$f_u^p = \text{kuat tarik putus baut (MPa)}$$

D_b = diameter baut

t_f = tebal sayap profil

Tahanan geser baut dengan dua bidang geser adalah:

$$\phi R_{ng} = 0,75 (0,5 \times f_u^b) \times m \times A_b \dots \dots \dots (33)$$

Keterangan:

$$f_u^b = \text{kuat tarik baut (MPa)}$$

m = jumlah tampang

A_b = luas diameter baut

II. METODOLOGI

Pada perencanaan jembatan Desa Buket Linteung Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara direncanakan dengan beberapa metode sebagai adalah dimulai Pengumpulan data sekunder kondisi awal jembatan Desa Buket Linteung Kec. Langkahan Kab. Aceh Utara, yaitu panjang jembatan 16 meter dengan lebar arus lalu lintas 6,0 m dan lebar trotoar 0,5 m serta lebar total jembatan adalah 7,0m. Berdasarkan data yang telah diperoleh yaitu merupakan data sekunder maka akan dilakukan perencanaan-perencanaan sesuai metode-metode atau ketentuan yang dipakai.

Pembebanan jembatan total hal utama yang dilakukan adalah aksi dan beban tetap yaitu yang meliputi beban mati dan beban hidup.

A. *Proses perencanaan gelagar non-komposit adalah sebagai berikut:*

1. Menentukan dimensi jembatan
 - a. Menentukan mutu baja dan mutu beton
 - b. Menentukan profil baja
2. Beban pada girder non-komposit
 - a. Berat sendiri (Ms)
 - b. Beban mati tambahan (Ma)
 - c. Beban lajur "D"
 - d. Gaya rem (TB)
 - e. Beban angin (EW)
 - f. Beban gempa (EQ)
3. Tegangan pada girder non-komposit
 - a. Kombinasi 1
 - b. Kombinasi 2
 - c. Kombinasi 3
 - d. Kombinasi 4
4. Lendutan pada girder non-komposit
5. Gaya geser maksimum pada girder non- komposit

6. Persen rasio luas penampang, berat dan lendutan pada gider non-komposit
 7. Perencanaan sambungan gelagar
 8. Perencanaan sambungan diafragma
 9. Penggambaran jembatan pada girder non-komposit.
- B. Adapun proses perencanaan gelagar komposit adalah sebagai berikut:
1. Menentukan dimensi jembatan
 - a. Menentukan mutu baja dan mutu beton
 - b. Menentukan profil baja
 2. Section properties sebelum komposit yang terdiri dari:
 - a. Kontrol penampang
 - b. Tegangan ijin
 3. Section properties setelah komposit
 - a. Lebar efektif slab beton
 - b. Section properties girder komposit
 - c. Tegangan ijin lentur beton dan baja
 4. Kondisi girder sebelum komposit
 - a. Beban sebelum komposit
 - b. Tegangan pada baja sebelum komposit
 - c. Lendutan pada baja sebelum komposit
 5. Beban pada girder komposit
 - a. Berat sendiri (Ms)
 - b. Beban mati tambahan (Ma)
 - c. Beban lajur "D"
 - d. Gaya rem (TB)
 - e. Beban angin (EW)
 - f. Beban gempa (EQ)
 6. Tegangan pada girder komposit
 - a. Kombinasi 1
 - b. Kombinasi 2
 - c. Kombinasi 3
 - d. Kombinasi 4
 7. Lendutan pada girder komposit
 8. Gaya geser maksimum pada girder komposit
 9. Perhitungan shear connector
 10. Persen rasio luas penampang, berat dan lendutan pada gider komposit
 11. Perencanaan sambungan gelagar
 12. Perencanaan sambungan diafragma
 13. Penggambaran jembatan secara keseluruhan pada girder komposit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perencanaan girder baja non-komposit pada gelagar non-komposit direncanakan dari gelagar baja IWF 700.300.13.24 dengan panjang bentang jembatan 16 meter, dengan luas penampang 23550 mm², dan profil gelagar tersebut aman terhadap lendutan dan kelangsingan.

Tabel 1. Tegangan pada girder non-komposit

No.	Jenis beban	Momen	Tegangan yang Timbul (MPa)	
		M (kNm)	Serat Atas (Fts)	Serat Bawah (Fbs)
1	Berat Sendiri (MS)	386.961	67.181	67.181
2	Beban mati tambahan	61.056	10.600	10.600

	(MA)			
3	Beban lajur "D" (TD)	29.526	5.126	5.126
4	Gaya Rem (TB)	205.208	35.626	35.626
5	Beban Angin (EW)	32.256	5.600	5.600
6	Beban Gempa (EQ)	34.203	5.938	5.938

Jumlah momen total dari semua beban adalah sebesar $M = 749,210$ kNm. Jadi untuk tegangan lentur yang terjadi pada tegangan baja non-komposit adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 f &= M \cdot 10^6 / W_x \\
 &= 749,210 \cdot 10^6 / 5760000 \\
 &= 130,071 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Syarat $f < F_{skip} = 130,071 < 136,051$ MPa maka**AMAN (OK)**

Jadi stabilitas balok-balok yang dibebani lentur, tegangan kip adalah sebesar 130,071 MPa sedangkan tegangan lentur yang terjadi pada tegangan baja non-komposit adalah sebesar 136,051 MPa. Karena nilai stabilitas balok yang dibebani lentur tegangan kip lebih kecil dari pada nilai tegangan lentur yang terjadi pada baja non-komposit, maka profil baja non-komposit pada perencanaan gelagar baja pada jembatan desa buket linteng, kecamatan langkahan kabupaten aceh utara aman terhadap tekuk, yang diakibatkan oleh beban yang bekerja sepanjang bentang jembatan.

Tabel 2. Kombinasi lendutan pada girder non-komposit

No	Jenis Beban	Kombinasi Lendutan			
		1	2	3	4
		Lendutan Maks	Lendutan Maks	Lendutan Maks	Lendutan Maks
1	Berat Sendiri (MS)	0.0203	0.0203	0.0203	0.0203
2	Beban mati tambahan (MA)	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
3	Beban lajur "D" (TD)	0.0282	0.0282	0.0282	0.0282
4	Gaya Rem (TB)			0.0010	0.0010
5	Beban Angin (EW)		0.0021	0.0021	0.0021
6	Beban Gempa (EQ)				0.0022
Lendutan Total		0.0527	0.0548	0.0558	0.0581
		< L/240	< L/240	< L/240	< L/240

Jadi dari tabel 2 diatas menjelaskan bahwa lendutan maksimal yang terjadi pada gelagar non-komposit adalah sebesar 0,0582 m, lebih kecil dari lendutan yang diijinkan yaitu 0,0667 m karena masih memenuhi syarat maka gelagar tersebut aman terhadap lendutan.

Tabel 3. Kombinasi 1–4 gaya geser maksimum pada girder non-komposit

No.	Jenis beban	Persen (%)	Vmax	100% Vmax
1	Kombinasi 1	100%	181.356	181.356
2	Kombinasi 2	125%	189.42	151.536
3	Kombinasi 3	140%	215.071	153.622
4	Kombinasi 4	150%	223.622	149.081
			V Rencana	181.356

Perencanaan sambungan pada gelagar memanjang menggunakan baut $\phi 1 \frac{1}{8}$ Inchi, dengan pelat sambungan pada gelagar memanjang 56 cm x 66 cm. dengan gaya eksentrisitas pada baut adalah 140 mm dan Momen yang terjadi (M) = 9216025.39 kgcm. Kekuatan pada

baut ($N_{geser} = 59,644 \text{ ton}$, $N_{tumpu} = 293,704 \text{ ton}$). Jumlah baut yang digunakan dalam sambungan gelagar memanjang adalah 24 buah baut dengan menggunakan baut tipe A490.

Perencanaan sambungan pada sayap menggunakan baut $\varnothing 1/2$ Inchi, dengan pelat sambungan pada gelagar memanjang 62 cm x 30 cm. Jadi jumlah baut yang di dapatkan pada sambungan sayap adalah 30 buah baut, dengan kekuatan baut pada sayap ($N_{geser} = 4,7005 \text{ ton}$, $N_{tumpu} = 131,71478 \text{ ton}$).

Perencanaan sambungan diafragma menggunakan profil WF. 250.150.5.8 dengan diameter baut 1 inchi, tipe baut A490 dan disambung dengan pelat siku sama kaki (150x150x14mm) Tahanan tumpu pada bagian pada bagian web = 13.533 ton/baut dan Tahanan geser baut dengan dua bidang geser = 31.337 ton/baut. Jadi jumlah baut yang digunakan para perencanaan diafragma adalah 6 buah baut. Syarat, $\varnothing T_n = (36,9362 \text{ Ton}) > \varnothing R_{ng} = (31.337 \text{ Ton})$ jadi baut aman untuk digunakan.

Hasil perencanaan girder baja komposit pada gelagar baja komposit direncanakan dari gelagar baja IWF gelagar baja IWF 600.200.12.20 dengan luas penampang 15250 mm², dan profil gelagar tersebut aman terhadap lendutan dan kelangsingan.

Tabel 4. momen inersia menggunakan teorema sumbu sejajar

Material	Luas Transformasi	Legan Momen	I0	d	Io + Ad ² (cm ⁴)
	A (Cm ²)	y (cm ⁴)	(cm ⁴)	cm	
Plat beton	162.487	10	5416.228	19.366	66354.908
Profil WF	152.5	50	90400	20.634	155329.396
Jumlah				Itr	221684.304

Momen inersia yang terjadi pada gelagar baja komposit ini menggunakan teorema sumbu sejajar, adapun hasil yang diperoleh momen inersia transpormasi (Itr) adalah sebesar 221684.304 cm⁴.

Tabel 5. Kombinasi Lendutan pada Girder Komposit

No.	Jenis Beban	Kombinasi Lendutan			
		1	2	3	4
		Lendutan Max	Lendutan Max	Lendutan Max	Lendutan Max
1	Berat Sendiri (MS)	0.01385	0.0138	0.0138	0.0138
2	B.Mati Tambahan (MA)	0.00367	0.0036	0.0036	0.0036
3	Beban lajur "D" (TD)	0.02564	0.0256	0.0256	0.0256
4	Gaya Rem (TB)			0.0002	0.0002
5	Beban Angin (EW)		0.0019	0.0019	0.0019
6	Beban Gempa (EQ)				0.0019
Lendutan total		0.0431	0.0451	0.0453	0.0472
		< L/240 OK	< L/240 OK	< L/240 OK	< L/240 OK

Jadi dari tabel 5 diatas menjelaskan bahwa lendutan maksimal yang terjadi pada gelagar baja komposit adalah sebesar 0,0472 m, lebih kecil dari lendutan yang diijinkan yaitu 0,0667 m karena masih memenuhi syarat maka gelagar tersebut aman terhadap lendutan.

Tabel 6. Kombinasi 1–4 gaya geser maksimum pada girder komposit

No.	Jenis beban	Persen (%)	Vmax	100% Vmax (kN)
1	Kombinasi 1	100%	162.156	162.156
2	Kombinasi 2	125%	170.22	136.176

3	Kombinasi 3	140%	175.802	125.573
4	Kombinasi 4	150%	183.805	122.537
			V Rencana	162.156

Pada perencanaan penghubung geser gelagar komposit menggunakan penghubung geser model *Stud Connector* (ukuran 23mm x 100 mm) gaya geser horizontal V_h akibat aksi komposit penuh sebesar 3202500 N. Dengan Luas penampang melintang satu buah *Stud Connector* $A_{sc} = 415,265 \text{ mm}^2$. Kuat geser satu buah *Stud Connector* 69606,927 N jadi jumlah stud yang diperlukan adalah gaya geser horizontal dibagi dengan kuat geser satu buah stud sama dengan 46 Buah, atau digunakan minimum 46 stud untuk $\frac{1}{2}$ bentang jembatan serta 92 buah stud untuk keseluruhan bentang jembatan.

Perencanaan sambungan pada gelagar memanjang menggunakan baut $\phi 1 \frac{1}{8}$ Inchi, dengan pelat sambungan pada gelagar memanjang 52 cm x 54 cm. dengan gaya eksentrisitas pada baut adalah 130 mm dan Momen yang terjadi (M) = 4768000 kgcm. Kekuatan pada baut ($N_{geser} = 59,644 \text{ ton}$, $N_{tumpu} = 301,366 \text{ ton}$). Jumlah baut yang digunakan dalam sambungan gelagar memanjang adalah 24 buah baut dengan menggunakan baut tipe A490.

Sambungan pada sayap perencanaan menggunakan baut $\phi 1 \frac{1}{2}$ Inchi, dengan pelat sambungan pada gelagar memanjang 58 cm x 20 cm. Jadi jumlah baut yang di dapatkan pada sambungan sayap adalah 20 buah baut, dengan kekuatan baut pada sayap ($N_{geser} = 4,7005 \text{ ton}$, $N_{tumpu} = 106,820 \text{ ton}$).

Sambungan diafragma menggunakan profil WF. 250.150.5.8 dengan diameter baut 1 inchi, tipe baut A490 dan disambung dengan pelat siku sama kaki (150x150x14mm) Tahanan tumpu pada bagian pada bagian web = 13.533 ton/baut dan Tahanan geser baut dengan dua bidang geser = 31.337 ton/baut. Jadi jumlah baut yang digunakan para perencanaan diafragma adalah 6 buah baut. Syarat, $\phi T_n = (39,096 \text{ Ton}) > \phi R_{ng} = (31.337 \text{ Ton})$ jadi baut aman untuk digunakan.

Metode yang digunakan pada perencanaan ini adalah RSNI-T-02-2005 dan RSNI-T-03-2005. Perencanaan geagar baja non-komposit direncanakan dengan menggunakan profil IWF. 700.300.13.24, dengan spesifikasi data tinggi tampang profil baja 700 mm, lebar sayap profil baja 300 mm, tebal badan profil baja 13 mm dan tebal sayap profil baja 24 mm. Hasil yang diperoleh maka pengontrolan penampang kelangsingan pada badan profil baja memenuhi syarat yang aman yaitu $58,333 < 75$ kelangsingan yang diijinkan, jadi profil baja tersebut aman terhadap kelangsingan. Sedangkan perencanaan pada baja komposit diperoleh profil IWF. 600.200.12.20, dengan spesifikasi data tinggi tampang profil baja 600 mm, lebar sayap profil baja 200 mm, tebal badan profil baja 12 mm dan tebal sayap profil baja 20 mm. Hasil yang diperoleh maka pengontrolan penampang kelangsingan pada badan profil baja memenuhi syarat yang aman yaitu $50 < 75$ kelangsingan yang diijinkan, jadi profil baja tersebut aman terhadap kelangsingan.

Setelah melakukan perhitungan pada gelagar baja non-komposit hasil yang diperoleh yaitu gelagar aman terhadap lendutan yaitu $0,0582 \text{ m} < 0,0667 \text{ m}$ lendutan yang diijinkan. Sedangkan lendutan yang didapat pada gelagar baja komposit yaitu $0,0472 \text{ m} < 0,0667 \text{ m}$, Dari hasil diatas bahwa penampang komposit lebih kecil dari pada penampang komposit dan lendutan yang didapat juga terbukti struktur komposit lebih kaku dan kuat untuk menahan beban yang bekerja dibandingkan dengan struktur non-komposit.

Tabel 7. Persentase rasio perbandingan pada perencanaan gelagar baja

No	Beban	Non-komposit	Komposit	% Rasio
1.	Profil IWF	700.300.13.24	600.200.12.20	
2.	Berat	185 kg/m	120 kg/m	65%

3.	Lendutan	0,0582 m	0,047	1,12 %
4.	Luas Penampang	235,5 cm ²	152,5 cm ²	83 %

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan mengenai perencanaan gelagar baja komposit pada jembatan Desa Buket Linteung, Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara, maka penulis dapat mengambil simpulan bahwa pada gelagar non-komposit direncanakan dari gelagar baja IWF 700.300.13.24 dengan panjang bentang jembatan 16 meter, dengan luas penampang 23550 mm². Sedangkan gelagar komposit direncanakan dari gelagar baja IWF 600.200.12.20 dengan luas penampang 15250 mm². Penghubung geser yang digunakan adalah model *Stud Connector*, jadi jumlah stud minimum yang diperlukan adalah 46 stud untuk ½ bentang, atau 92 buah stud untuk keseluruhan bentang jembatan. Gelagar baja non-komposit aman terhadap lendutan yaitu 0,0582 m < lendutan yang diijinkan = 0,0667 m. Sedangkan Gelagar baja komposit aman juga terhadap lendutan yaitu 0,047 m < 0,0667 m. Persentase rasio luas penampang adalah 83 % (Luas penampang pada girder non-komposit = 235,5 cm², sedangkan luas penampang pada girder komposit = 152,5 cm²). % Rasio berat adalah = 65% (Berat pada girder non-komposit yaitu = 185 kg/m, sedangkan berat pada girder komposit yaitu 120 kg/m). Lendutan yang terjadi pada girder non-komposit 0,0582 m, sedangkan pada girder komposit yaitu 0,047 m, adapun % Rasio lendutan adalah = 1,12%. Jadi pada perencanaan ini gelagar komposit lebih efisien dari pada gelagar non-komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional, 2005. *Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI-T-02-2005*. Jakarta:BSN.
- Badan Rancangan Standar Nasional Indonesia, 2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan RSNI T-03-2005*. Jakarta: BSN.
- Badan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005. *Pedoman Gambar Standar Pekerjaan Jalan dan Jembatan*. PU.
- Haryadi, Irwan K., dan Yonatan, Edison. 2004. *Pengaruh Metode Konstruksi Terhadap Perencanaan Jembatan Gelagar Komposit*. Tangerang: Jurnal Teknik Sipil. Vol.1, No. 1: 62-73.
- Iqbal, Manu, 1995. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang* Departemen Pekerjaan Umum: PT. Mediatama Saptakarya.
- Kh., Sunggono, 1995. *Buku Teknik Sipil* Bandung: Nova.
- Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia* Bandung: LPMB.
- Moeljono, Drs., SPI. 2004. *Konstruksi Baja Dasar*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Salmon, Charles G., Johnson, John, dan Wira. 1995 *Struktur Baja Desain dan Perilaku*. Jakarta: Edisi kedua jilid 2: Erlangga.
- Setiawan, Agus. 2008 *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD: Berdasarkan SNI 03-1729-2002*. Jakarta: Erlangga.