

Kajian Kapasitas Gelagar Beton Bertulang Berdasarkan Sistem Pembebanan BMS 1992 dan SNI 2005

Rico Daniel Sumendap

Steenie E. Wallah, M. J. Paransa

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : rico_d_sumendap@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam membangun suatu jembatan harus direncanakan untuk mampu memikul beban baik beban hidup maupun beban mati. Guna menyeragamkan pengambilan nilai beban maka muncul beberapa metode pembebanan. Dalam skripsi ini diambil metode pembebanan Bridge Management System (BMS 1992) dan SNI T-02-2005 sebagai objek penelitian. Untuk mengetahui besarnya perbedaan beban dari kedua metode pembebanan ini, hal tersebut kemudian ditinjau terhadap struktur bangunan atas jembatan yang menggunakan beton bertulang dengan bentang 8m sampai 30m. Perbedaan momen yang dihasilkan oleh kedua metode pembebanan ini kemudian dihubungkan terhadap perencanaan tulangan lentur gelagar yang menggunakan mutu beton (f_c') 30MPa, mutu baja (f_{sy}) 240Mpa dan dimensi gelagar tertentu. Selain untuk mengetahui besarnya perbedaan dari kedua metode pembebanan ini, dalam skripsi ini juga merencanakan tulangan diafragma, plat lantai, dan gelagar jembatan pada bentang $L = 8m$, $L = 12m$, $L = 16m$, $L = 20m$, serta menghitung kapasitas dari masing-masing dimensi gelagar terhadap bentang jembatan yang dihitung berdasarkan metode pembebanan SNI 2005 dan BMS 1992. Adapun dimensi gelagar yang digunakan adalah $b = 40cm$, $b = 45cm$, $b = 50cm$, $b = 60cm$, $b = 70cm$, $b = 80cm$ dengan perbandingan tinggi gelagar terhadap lebar gelagar adalah 3/2. Hasil menunjukkan momen yang dihitung dengan metode pembebanan SNI 2005 lebih besar dari BMS 1992 yaitu 0.37% sampai 0.54%. Dalam perhitungan kapasitas gelagar perbedaan ini sangat kecil pengaruhnya bahkan pada kondisi tertentu tidak berarti.

Kata kunci : BMS 1992, SNI 2005, kapasitas gelagar

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Jembatan merupakan suatu bangunan sipil yang berfungsi untuk menghubungkan suatu daerah dengan daerah yang lain. Setiap jembatan harus direncanakan untuk mampu memikul beban baik yang timbul akibat kendaraan maupun manusia serta pengaruh dari kondisi alam sekitar.

Metode pembebanan yang dijadikan obyek penelitian adalah metode pembebanan "Bridge Management System 1992" dan "SNI T-02-2005". Kedua metode pembebanan ini merupakan metode pembebanan yang terbaru. Metode pembebanan SNI 2005 merupakan hasil kajian dari metode pembebanan BMS 1992. Hasil kajian dari SNI 2005 terhadap BMS 1992 salah satunya adalah tentang beban hidup jembatan. BMS 1992 menetapkan faktor beban untuk beban hidup sebesar 2.0 dan SNI 2005 sebesar 1.8. Pada beban terbagi rata lajur "D" dengan bentang jembatan $\leq 30m$, SNI 2005 menetapkan nilai beban sebesar 9 KPa dan BMS 1992 sebesar 8 KPa. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode pembebanan SNI 2005 menaikkan faktor beban namun menurunkan nilai dari beban hidup. Tidak ada penjelasan secara rinci dari SNI 2005 mengapa menaikkan beban tetapi menurunkan faktor beban. Penulis tertarik untuk mengetahui besarnya perbedaan beban dari kedua metode pembebanan

tersebut, serta pengaruhnya terhadap perencanaan tulangan dari struktur bangunan atas jembatan.

Dalam perencanaan tulangan khususnya gelagar beton bertulang, selain gelagar harus direncanakan untuk mampu memikul beban yang ada, namun harus juga mempertimbangkan daktilitas dari gelagar tersebut. Dimensi balok yang kecil membutuhkan rasio tulangan yang besar agar bisa memikul beban namun semakin besar rasio tulangan yang dipasang membuat gelagar semakin berada pada kondisi daktail. Dimensi balok yang besar membutuhkan rasio tulangan yang kecil untuk memikul beban namun semakin kecil rasio tulangan yang dipasang membuat gelagar berada pada kondisi daktail juga. Hal ini membuat perhitungan gelagar menjadi kompleks dan rumit.

Oleh karena itulah, selain penulis ingin mengetahui besarnya perbedaan dari hasil kajian SNI 2005 terhadap BMS 1992, penulis juga ingin mengetahui kapasitas dari beberapa dimensi penampang gelagar beton bertulang terhadap perubahan panjang bentang jembatan.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan beban antara SNI 2005 dengan BMS 1992 akibat dari hasil kajian SNI 2005 terhadap BMS 1992.
2. Membandingkan hasil momen maksimum BMS 1992 terhadap SNI 2005.
3. Mengetahui besarnya pengaruh dari perbedaan beban BMS 1992 dan SNI 2005 terhadap perencanaan tulangan lentur gelagar jembatan.
4. Mengetahui kapasitas dari masing-masing dimensi gelagar yang dipilih terhadap perubahan bentang jembatan.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu :

1. Menjadi bahan referensi pembelajaran dalam perencanaan gelagar jembatan dan balok beton bertulang.
2. Memberikan informasi tentang besarnya perbedaan beban antara BMS 1992 dan SNI 2005 serta pengaruhnya terhadap penulangan jembatan, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan metode pembebanan jembatan.
3. Memudahkan perencana dalam pemilihan dimensi gelagar pada setiap bentang jembatan beton bertulang yang terletak diatas dua perletakkan sederhana.

LANDASAN TEORI

Struktur Bangunan Atas Jembatan

Pada umumnya struktur bangunan atas jembatan terdiri dari :

1. Sandaran dan tiang sandaran
2. Trotoar
3. Gelagar
4. Slab atau plat lantai kendaraan yang diatasnya terdapat lapis perkerasan jalan
5. Balok diafragma / balok melintang
6. Perletakkan (rol dan sendi)

Pembebanan Jembatan Menurut BMS 1992

➤ Faktor Beban

Tabel 1. Faktor Beban BMS 1992

No.	Jenis Beban	Faktor Beban Keadaan Batas		
		Deskripsi atau Keterangan	Biasa (Max)	Terkurangi (Min)
1	Berat Sendiri	Baja, aluminium	1.1	0.9
		Beton Pracetak	1.2	0.9
		Beton cor ditempat	1.3	0.8
		Kayu	1.4	0.7
2	Beban Lajur "D"	-	2.0	Tidak Ada
3	Beban Truk "T"	-	2.0	Tidak Ada
4	Gaya Rem		2.0	Tidak Ada

5	Beban Pejalan Kaki	-	2.0	Tidak Ada
---	--------------------	---	-----	-----------

Sumber :Bridge Management System 1992

➤ Berat Sendiri :

Tabel 2. Berat Volume Material BMS 1992

Bahan Jembatan	Berat Sendiri Nominal S.L.S kN/m ³	Berat Sendiri Riase U.L.S kN/m ³	Berat Sendiri Teraturang U.L.S kN/m ³
Beton Massa (cor)	24	31.2	18
Beton bertulang (cor)	25	32.5	18.80
Beton bertulang atau pretakan (Pracetak)	25	30	21.30
Baja	77	84.7	69.3
Kayu, kayu lunak	7.8	10.9	5.50
Kayu, kayu keras	11.0	15.4	7.7

Sumber :Bridge Management System 1992

➤ Beban Lajur "D" :

a. Beban Terbagi Rata

$$L \leq 30 \text{ m} ; q = 8.0 \text{ kPa}$$

$$L > 30 \text{ m} ; q = 8.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

b. Beban Terpusat

$$P = 44.0 \text{ kN/m}$$

Dimana, P adalah beban garis dengan satuan kN/m. ada beban lalu lintas yang merupakan suatu beban terpusat seperti beban garis (KEL) lajur "D" dan beban truk "T" berlaku suatu faktor yang muncul akibat dari kejut yaitu Faktor Beban Dinamik (DLA).

Tabel 3. Faktor Beban Dinamis BMS 1992

Bentang Ekuivalen L_e (m)	DLA (untuk kedua keadaan batas)
$L_e \leq 50$	0.4
$50 < L_e < 90$	$0.525 - 0.0025 L_e$
$L_e \geq 90$	0.3

Catatan :

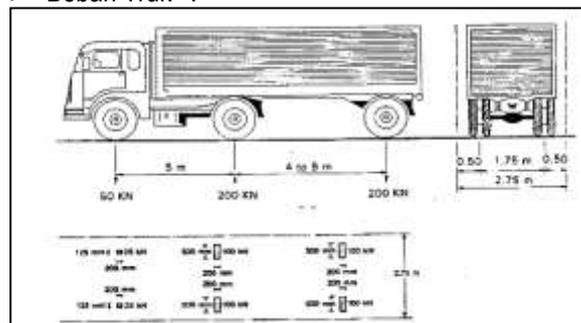
1. Untuk bentang sederhana L_e = panjang bentang aktual
2. Untuk bentang menerus $L_e = \sqrt{\frac{L_{max} \cdot L_{min}}{L_{rata-rata}}}$

dengan :

- $L_{rata-rata}$ = panjang bentang rata-rata dari bentang-bentang menerus
- L_{max} = Panjang bentang maksimum dari bentang-bentang menerus

Sumber :Bridge Management System 1992

➤ Beban Truk "T"



Gambar 1. Beban Truk BMS 1992
Sumber :Bridge Management System 1992

➤ Beban Pedestrian

Tabel 4. Beban Pedestrian BMS 1992

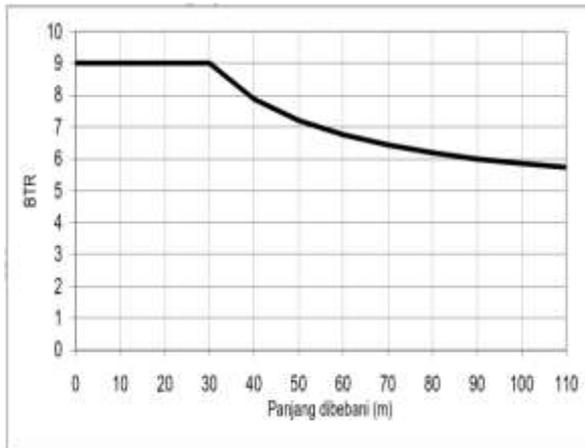
Luas terpukul oleh unsur - m ²	Intensitas beban pejalan kaki nominal kPa
A < 10 m ²	5
10 m ² < A < 100 m ²	5.33 - A/30
A > 100 m ²	2

bila kendaraan tidak dicegah naik ke kerb oleh penghalang rencana, trotoar juga harus direncanakan agar menahan beban terpusat 20 kN.

Sumber : Bridge Management System 1992

Pembebanan Jembatan Menurut SNI 2005

- Berat sendiri SNI 2005 sama dengan berat sendiri BMS 1992.
- Beban Lajur "D" :
 - a. Beban Terbagi Rata
Faktor Beban 1.8

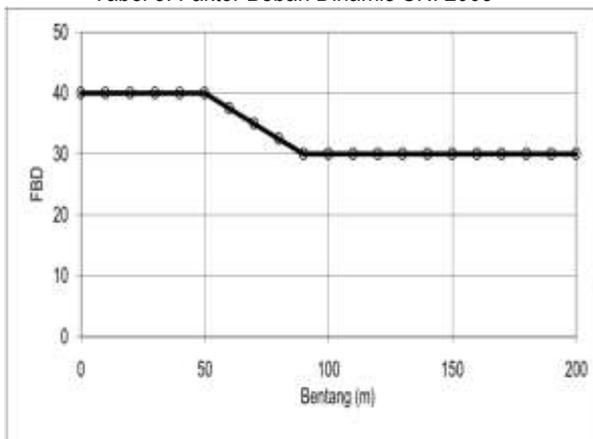


Gambar 2. Grafik Beban UDL SNI 2005
Sumber : SNI T-02-2005

- b. Beban Terpusat :

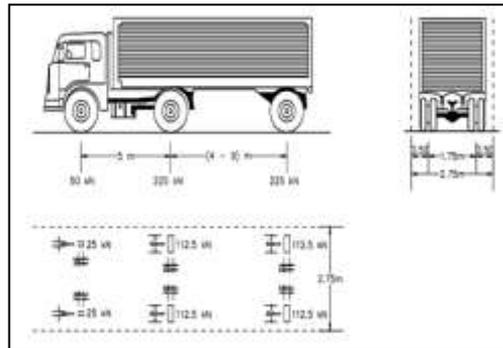
$$P = 49.0 \text{ kN/m}$$

Tabel 5. Faktor Beban Dinamis SNI 2005



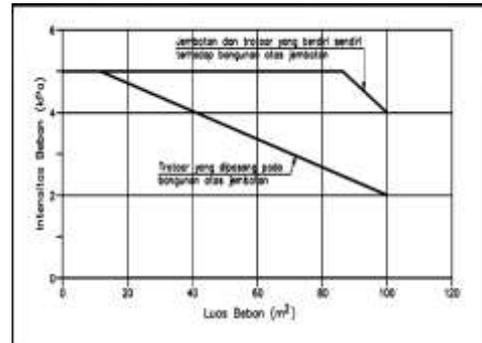
Gambar 3. Faktor Beban Dinamis SNI 2005
Sumber : SNI T-02-2005

➤ Beban Truk "T"



Gambar 4. Beban Truk SNI 2005
Sumber : SNI T-02-2005

➤ Beban Pedestrian



Gambar 5. Beban Pejalan Kaki SNI 2005
Sumber : SNI T-02-2005

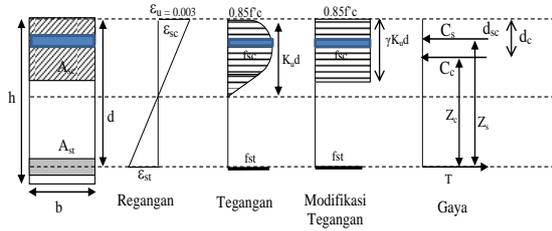
Tipe Keruntuhan Balok

Balok beton bertulang akan mengalami 3 tipe keruntuhan yaitu :

- Keruntuhan Seimbang (*Balanced-reinforcement*)
Suatu penampang dikatakan bertulangan seimbang (*balance*) apabila jumlah tulangan baja tarik sedemikian sehingga letak garis netral pada posisi di mana akan terjadi secara bersamaan regangan luluh pada baja tarik dan regangan tekan beton maksimum 0,003. Dalam hal ini baja dan beton mengalami leleh secara bersamaan.
- Keruntuhan Tekan (*Overreinforced*)
Bila penampang balok mengandung jumlah tulangan tarik lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan, penampang balok dikatakan bertulangan lebih (*overreinforced*). Berlebihnya tulangan mengakibatkan garis netral bergeser ke bawah, beton mencapai regangan maksimum 0,003 sebelum baja tarik mencapai luluh. Bila dibebani lebih besar lagi struktur akan mengalami kehancuran tiba-tiba (*hancur getas*) yaitu beton hancur sebelum baja leleh.
- Keruntuhan Tarik (*Underreinforced*)
Bila suatu penampang mengandung jumlah tulangan tarik kurang dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan, penampang disebut bertulangan kurang (*underreinforced*).

Letak garis netral naik sedikit dibandingkan kondisi seimbang, baja tarik mencapai regangan luluh sebelum beton mencapai regangan 0,003.

Perencanaan Tulangan Gelagar



Gambar 6. Diagram Tegangan Regangan Balok

Pada kondisi seimbang yaitu $C_c + C_s = T$

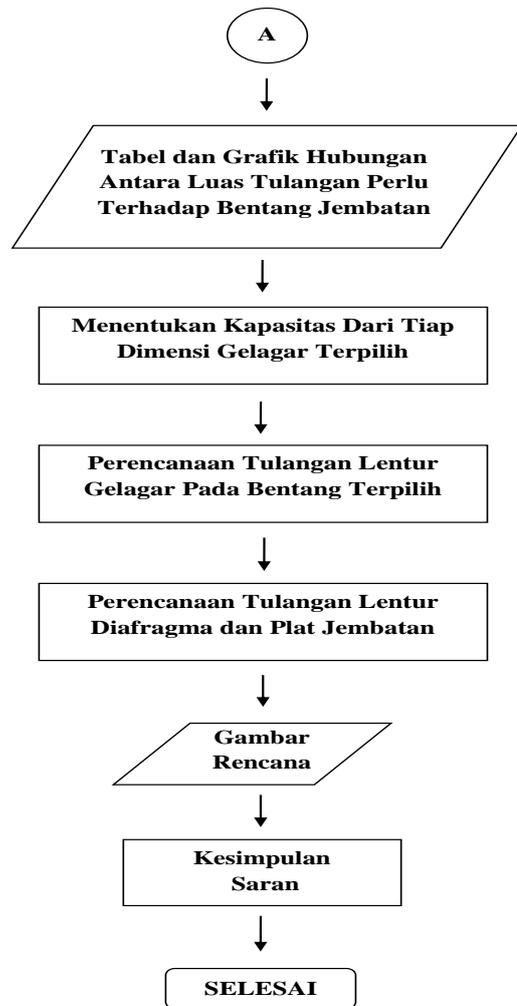
$$K_u = \left(\frac{1}{0.85} \right) \left(\frac{A_{st} - A_{sc}}{bd} \right) \left(\frac{f_{sy}}{f'_c} \right) \left(\frac{1}{\gamma} \right) \quad (1)$$

$$\frac{M_u^*}{bd^2} = K_c^R \left[(0.85 f'_c) (\gamma K_u) (1 - 0.5 \gamma K_u) + \left(\frac{A_{sc}}{bd} \right) (f_{sy}) \left(1 - \frac{d_{sc}}{d} \right) \right] \quad (2)$$

Dimana, $K_u = 0.4$

$$\frac{A_{st}}{bd} = 0.34 \gamma \left(\frac{f'_c}{f_{sy}} \right) \left(\frac{1}{A_{sc}/bd} \right) \quad (3)$$

METODE PENELITIAN



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian

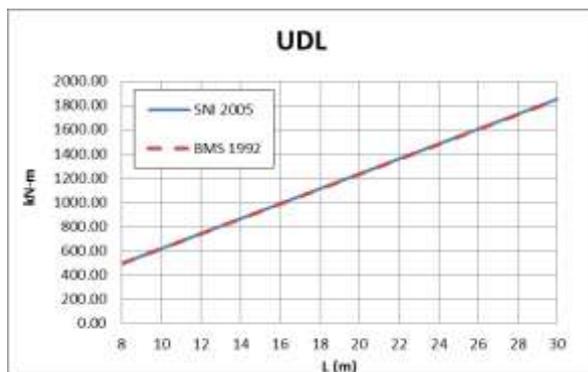
Tabel 5. Tipikal Jembatan Rencana

BAGIAN	NOTASI	SATUAN	NILAI
Panjang bentang jembatan	L	m	5 - 30
Lebar jalan	B1	m	7.0
Lebar trotoar	B2	m	1.2
Tebal penghalang lalu lintas	B3	m	0.3
Tinggi penghalang lalu lintas	hl	m	1.4
Lebar total jembatan	B	m	10.0
Tinggi trotoar	tt	m	0.2
Tebal perkerasan jalan	tp	m	0.07
Tinggi gelagar	h	m	3/2b
Lebar gelagar	b	m	0.4 - 0.8
Jarak antar gelagar	s	m	2.0
Jumlah gelagar	n	buah	5
Tinggi diafragma	hd	m	0.4
Lebar diafragma	bd	m	0.3
Jarak antar diafragma	sd	m	4.0
Tebal genangan air bujan	ta	m	0.05
Tebal slab	ts	m	0.2

HASIL DAN PEMBAHASAN
Hubungan Antara BMS 1992 dan SNI 2005
Terhadap Beban Lajur "D"
 a. Beban Terbagi Rata (UDL)

Tabel 6. Hubungan Beban UDL BMS 1992 dan SNI 2005

L (m)	BMS 1992	SNI 2005	SNI - BMS	% Terhadap BMS 1992
	Momen (kN-m)	Momen (kN-m)	Δ Momen (kN-m)	Δ Momen (%)
8	256.00	259.20	3.20	1.25
10	400.00	405.00	5.00	1.25
12	576.00	583.20	7.20	1.25
14	784.00	793.80	9.80	1.25
16	1024.00	1036.80	12.80	1.25
18	1296.00	1312.20	16.20	1.25
20	1600.00	1620.00	20.00	1.25
22	1936.00	1960.20	24.20	1.25
24	2304.00	2332.80	28.80	1.25
26	2704.00	2737.80	33.80	1.25
28	3136.00	3175.20	39.20	1.25
30	3600.00	3645.00	45.00	1.25

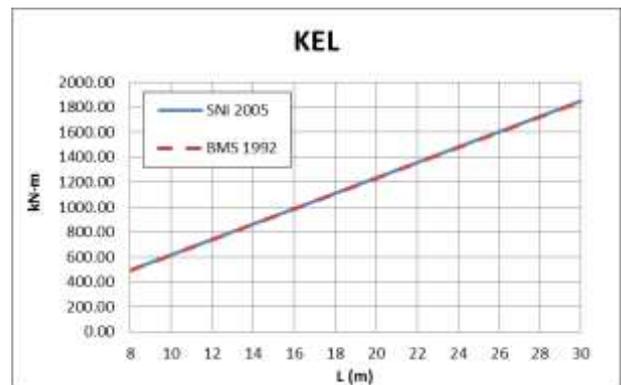


Gambar 8. Grafik Momen UDL BMS 1992 dan SNI 2005
 Dari perhitungan momen UDL diatas, momen dari pembebanan SNI 2005 lebih besar 1.25% dari BMS 1992.

b. Beban Terpusat (KEL)

Tabel 7. Hubungan Beban KEL BMS 1992 dan SNI 2005

L (m)	BMS 1992	SNI 2005	SNI - BMS	% Terhadap BMS 1992
	Momen (kN-m)	Momen (kN-m)	Δ Momen (kN-m)	Δ Momen (%)
8	492.80	493.92	1.12	0.23
10	616.00	617.40	1.40	0.23
12	739.20	740.88	1.68	0.23
14	862.40	864.36	1.96	0.23
16	985.60	987.84	2.24	0.23
18	1108.80	1111.32	2.52	0.23
20	1232.00	1234.80	2.80	0.23
22	1355.20	1358.28	3.08	0.23
24	1478.40	1481.76	3.36	0.23
26	1601.60	1605.24	3.64	0.23
28	1724.80	1728.72	3.92	0.23
30	1848.00	1852.20	4.20	0.23



Gambar 9. Grafik Momen KEL BMS 1992 dan SNI 2005

Dari perhitungan momen KEL diatas, momen dari pembebanan SNI 2005 lebih besar 0.23% dari BMS 1992. Jika dibuat kedalam bentuk grafik, garis momen kedua metode pembebanan tersebut adalah saling berhimpit.

Tabel 8. Hubungan Beban Lajur "D" BMS 1992 dan SNI 2005

L (m)	BMS 1992	SNI 2005	SNI - BMS	% Terhadap BMS 1992
	Momen (kN-m)	Momen (kN-m)	Δ Momen (kN-m)	Δ Momen (%)
8	748.80	753.12	4.32	0.58
10	1016.00	1022.40	6.40	0.63
12	1315.20	1324.08	8.88	0.68
14	1646.40	1658.16	11.76	0.71
16	2009.60	2024.64	15.04	0.75
18	2404.80	2423.52	18.72	0.78
20	2832.00	2854.80	22.80	0.81
22	3291.20	3318.48	27.28	0.83
24	3782.40	3814.56	32.16	0.85
26	4305.60	4343.04	37.44	0.87
28	4860.80	4903.92	43.12	0.89
30	5448.00	5497.20	49.20	0.90

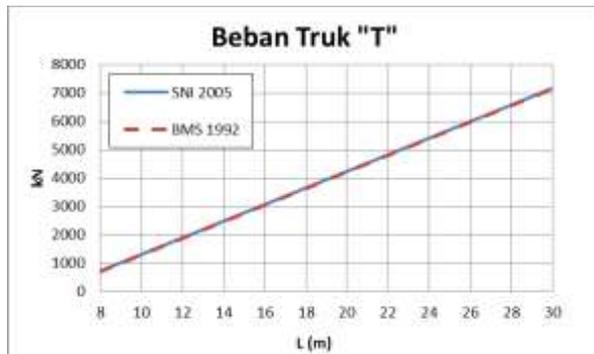


Gambar 10. Grafik Momen Beban Lajur "D" BMS 1992 dan SNI 2005

Hubungan Antara BMS 1992 dan SNI 2005 Terhadap Beban Truk "T"

Tabel 9. Hubungan Beban Truk "T" BMS 1992 dan SNI 2005

L (m)	BMS 1992	SNI 2005	SNI - BMS	% Terhadap BMS 1992
	Momen (kN-m)	Momen (kN-m)	ΔMomen (kN-m)	ΔMomen (%)
8	715.00	731.25	16.25	2.27
10	1300.00	1316.25	16.25	1.25
12	1885.00	1901.25	16.25	0.86
14	2470.00	2486.25	16.25	0.66
16	3055.00	3071.25	16.25	0.53
18	3640.00	3656.25	16.25	0.45
20	4225.00	4241.25	16.25	0.38
22	4810.00	4826.25	16.25	0.34
24	5395.00	5411.25	16.25	0.30
26	5980.00	5996.25	16.25	0.27
28	6565.00	6581.25	16.25	0.25
30	7150.00	7166.25	16.25	0.23



Gambar 10. Grafik Momen Beban Truk "T" BMS 1992 dan SNI 2005

Selisih momen akibat beban truk antara SNI 2005 dengan BMS 1992 adalah sebesar 16.25 kN-m.

Hubungan Antara BMS 1992 dan SNI 2005 Terhadap Beban Pejalan Kaki

Tabel 9. Hubungan Beban Pejalan Kaki BMS 1992 dan SNI 2005

L (m)	BMS 1992	SNI 2005	SNI - BMS	% Terhadap BMS 1992
	Momen (kN-m)	Momen (kN-m)	ΔMomen (kN-m)	ΔMomen (%)
8	91.315	82.781	-8.534	-9.35
10	148.229	134.341	-13.888	-9.37
12	212.455	192.557	-19.898	-9.37
14	283.993	257.429	-26.564	-9.35
16	362.843	328.957	-33.886	-9.34
18	449.005	407.141	-41.864	-9.32
20	542.479	491.981	-50.498	-9.31
22	643.265	583.477	-59.788	-9.29
24	751.363	681.629	-69.734	-9.28
26	866.773	786.437	-80.336	-9.27
28	989.495	897.901	-91.594	-9.26
30	1119.529	1016.021	-103.508	-9.25



Gambar 11. Grafik Momen Beban Pejalan Kaki BMS 1992 dan SNI 2005

Kombinasi Pembebanan Untuk Gelagar

Seluruh perhitungan momen dibuat menjadi sebuah persamaan umum dengan variabel yang divariasikan adalah panjang bentang (L) jembatan dan lebar gelagar (b).

a. Gelagar Tengah

BMS 1992 :

$$M_{ud} = 6.094L^2b^2 + 6.888L^2 + 61.463L + 0.303 \quad (4)$$

SNI 2005 :

$$M_{ud} = 6.094L^2b^2 + 6.938L^2 + 61.603L + 0.303 \quad (5)$$

Tabel 10. Momen Rencana Gelagar Tengah

b = 45cm				
L (m)	BMS 1992 (kN-m)	SNI 2005 (kN-m)	SNI - BMS (kN-m)	% Terhadap BMS 1992
8	1011.817	1016.137	4.320	0.43
9	1211.355	1216.665	5.310	0.44
10	1427.137	1433.537	6.400	0.45
11	1659.162	1666.752	7.590	0.46
12	1907.432	1916.312	8.880	0.47
13	2171.946	2182.216	10.270	0.47
14	2452.704	2464.464	11.760	0.48
15	2749.706	2763.056	13.350	0.49
16	3062.952	3077.992	15.040	0.49
17	3392.442	3409.272	16.830	0.50
18	3738.176	3756.896	18.720	0.50
19	4100.155	4120.865	20.710	0.51
20	4478.377	4501.177	22.800	0.51
21	4872.843	4897.833	24.990	0.51
22	5283.554	5310.834	27.280	0.52
23	5710.509	5740.179	29.670	0.52
24	6153.707	6185.867	32.160	0.52
25	6613.150	6647.900	34.750	0.53
26	7088.837	7126.277	37.440	0.53
27	7580.768	7620.998	40.230	0.53
28	8088.942	8132.062	43.120	0.53
29	8613.361	8659.471	46.110	0.54
30	9154.025	9203.225	49.200	0.54

Dari perhitungan momen rencana untuk gelagar tengah yang ditinjau dari bentang 8m sampai 30m, momen dari pembebanan SNI 2005 naik sebesar 4.320kN-m sampai 49.200kN-m atau 0.37% sampai 0.54%.

b. Gelagar Tepi

BMS 1992 :

$$M_{ud} = 6.094L^2b^2 + 6.483L^2 + 11.868L - 62.918 \quad (6)$$

SNI 2005 :

$$M_{ud} = 6.094L^2b^2 + 6.401L^2 + 10.667L - 56.596 \quad (7)$$

Tabel 11. Momen Rencana Gelagar Tengah

b = 40cm				
L (m)	BMS 1992 (kN-m)	SNI 2005 (kN-m)	SNI - BMS (kN-m)	% Terhadap BMS 1992
8	506.461	500.807	-5.654	-1.12
9	644.350	636.866	-7.484	-1.16
10	797.066	787.678	-9.388	-1.18
11	964.608	953.242	-11.366	-1.18
12	1146.976	1133.558	-13.418	-1.17
13	1344.170	1328.626	-15.544	-1.16
14	1556.190	1538.446	-17.744	-1.14
15	1783.036	1763.018	-20.018	-1.12
16	2024.708	2002.342	-22.366	-1.10
17	2281.207	2256.419	-24.788	-1.09
18	2552.531	2525.247	-27.284	-1.07
19	2838.681	2808.827	-29.854	-1.05
20	3139.658	3107.160	-32.498	-1.04
21	3455.461	3420.245	-35.216	-1.02
22	3786.089	3748.081	-38.008	-1.00
23	4131.544	4090.670	-40.874	-0.99
24	4491.825	4448.011	-43.814	-0.98
25	4866.932	4820.104	-46.828	-0.96
26	5256.865	5206.949	-49.916	-0.95
27	5661.624	5608.546	-53.078	-0.94
28	6081.209	6024.895	-56.314	-0.93
29	6515.621	6455.997	-59.624	-0.92
30	6964.858	6901.850	-63.008	-0.90

Dari perhitungan momen rencana untuk gelagar tepi yang ditinjau dari bentang 8m sampai 30m, momen dari pembebanan SNI 2005 turun sebesar 5.654kN-m sampai 63.008-m atau 0.66% sampai 1.12%. Momen yang bekerja pada gelagar tepi lebih kecil dari gelagar tengah oleh karena itu momen pada gelagar tengah digunakan sebagai momen rencanan dalam perencanaan tulangan gelagar.

Kombinasi Beban Diafragma

BMS 1992 :

Momen Tumpuan = **73.341 kN-m**

Momen Lapangan = **69.171 kN-m**

SNI 2005 :

Momen Tumpuan = **76.860 kN-m**

Momen Lapangan = **71.337 kN-m**

Pembebanan Plat Lantai Kendaraan

BMS 1992

Momen Arah X = 46.040 kN-m

Momen Arah Y = 28.168 kN-m

SNI 2005

Momen Arah X = 46.573 kN-m

Momen Arah Y = 28.468 kN-m

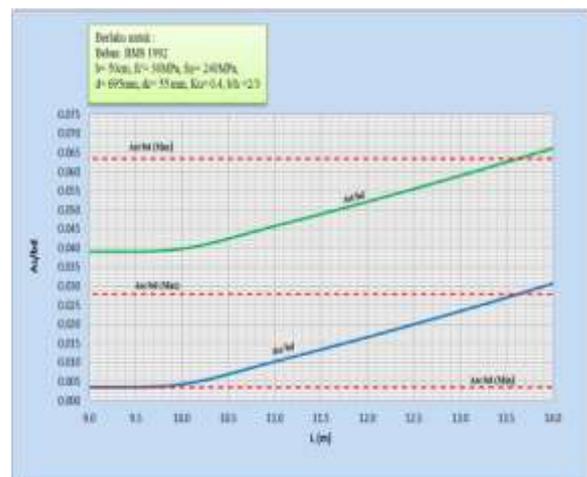
Penulangan Gelagar Jembatan

Karena beban dari gelagar tengah lebih besar dari gelagar tepi maka dimensi gelagar tepi dibuat seragam dengan gelagar tengah. Berikut ini adalah kapasitas dari tiap dimensi gelagar yang dibatasi dengan A_{sc}/bd minimum = 0.0035 dan A_{st}/bd maksimum = 0.0634 terhadap bentang jembatan yang dihitung berdasarkan pembebanan BMS 1992 dan SNI 2005 serta menggunakan mutu beton (f_c') 30 MPa dan mutu baja (f_{sy}) 240 MPa.

Kapasitas Gelagar Terhadap Bentang Jembatan

Tabel 12. Rasio Tulangan b = 50cm BMS 1992

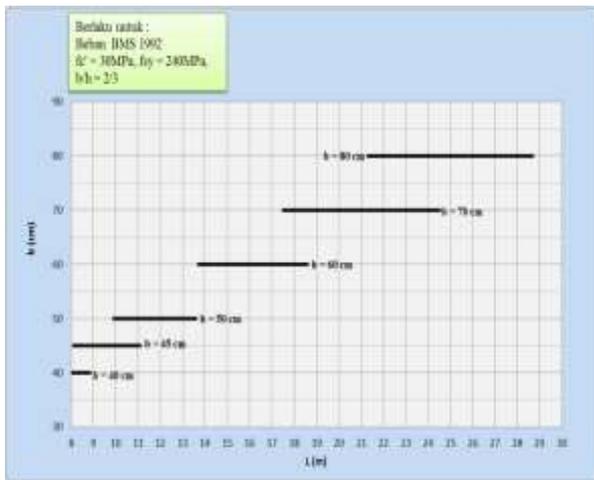
L (m)	M* (kN-m)	M*/bd ²	A _{sc} /bd	Mu/bd ²	A _{st} /bd
8.0	1030.343	4.2662	0.0035	5.9062	0.0390
9.0	1234.802	5.1128	0.0035	5.9062	0.0390
10.0	1456.083	6.0290	0.0043	6.0460	0.0399
11.0	1694.188	7.0149	0.0104	7.0558	0.0460
12.0	1949.115	8.0705	0.0170	8.1369	0.0525
13.0	2220.866	9.1957	0.0239	9.2894	0.0594
14.0	2509.439	10.3905	0.0307	10.4148	0.0662
15.0	2814.836	11.6550	0.0383	11.6745	0.0738



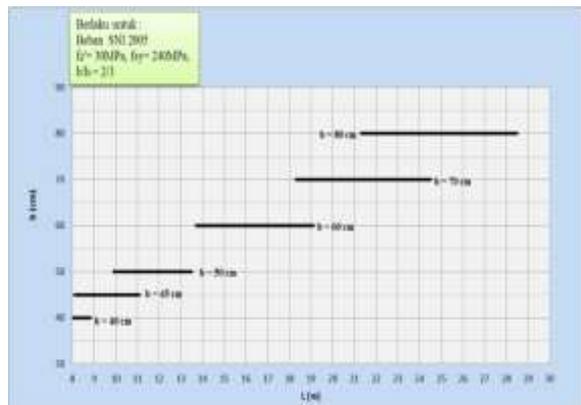
Gambar 12. Grafik Rasio Tulangan b = 50cm beban BMS 1992

Tabel 12. Rasio Tulangan b = 50cm SNI 2005

L (m)	M* (kN-m)	M*/bd ²	A _{sc} /bd	Mu/bd ²	A _{st} /bd
8.0	1034.663	4.2841	0.0035	5.9062	0.0390
9.0	1240.112	5.1348	0.0035	5.9062	0.0390
10.0	1462.483	6.0555	0.0045	6.0720	0.0400
11.0	1701.778	7.0463	0.0104	7.0499	0.0459
12.0	1957.995	8.1072	0.0169	8.1274	0.0524
13.0	2231.136	9.2382	0.0237	9.2545	0.0592
14.0	2521.199	10.4392	0.0309	10.4479	0.0664
15.0	2828.186	11.7103	0.0386	11.7242	0.0741



Gambar 13. Grafik Kapasitas Penampang beban BMS1992



Gambar 14. Grafik Kapasitas Penampang beban SNI 2005

Perbandingan Luas Tulangan Perlu

Tabel 13. Perbandingan Luas Tulangan Perlu b=40cm

L (m)	BMS 1992		SNI 2005		SNI-BMS		%	
	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)
8	4120.20	11859.20	4163.80	11902.80	43.60	43.60	1.06	0.37

Tabel 13. Perbandingan Luas Tulangan Perlu b=45cm

L (m)	BMS 1992		SNI 2005		SNI-BMS		%	
	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)
9	2645.80	12778.20	2901.60	12834.00	55.80	55.80	1.96	0.44
10	4094.10	14898.60	5049.90	14954.40	55.80	55.80	1.12	0.37
11	7254.00	17186.40	7337.70	17242.20	83.70	55.80	1.15	0.32

Tabel 14. Perbandingan Luas Tulangan Perlu b=50cm

L (m)	BMS 1992		SNI 2005		SNI-BMS		%	
	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)
10	1494.25	13830.50	1520.00	13865.25	34.75	34.75	2.33	0.25
11	3544.50	15915.50	3614.00	15950.25	69.50	34.75	1.96	0.22
12	5768.50	18104.75	5838.00	18174.25	69.50	69.50	1.20	0.38
13	8131.50	20502.50	8235.75	20572.00	104.25	69.50	1.28	0.34

Tabel 15. Perbandingan Luas Tulangan Perlu b=60cm

L (m)	BMS 1992		SNI 2005		SNI-BMS		%	
	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)
14	2535.00	20584.20	2636.40	20634.90	101.40	50.70	4.00	0.25
15	4867.20	22865.70	4917.90	22967.10	50.70	101.40	1.04	0.44
16	7250.10	25299.30	7351.50	25400.70	101.40	101.40	1.40	0.40
17	9785.10	27834.30	9937.20	27935.70	152.10	101.40	1.55	0.36
18	12472.20	30470.70	12624.30	30622.80	152.10	152.10	1.22	0.50

Tabel 16. Perbandingan Luas Tulangan Perlu b=70cm

L (m)	BMS 1992		SNI 2005		SNI-BMS		%	
	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)
18	3691.45	28417.20	3761.10	28556.50	69.65	139.30	1.89	0.49
19	6198.85	30924.60	6338.15	31063.90	139.30	139.30	2.25	0.45
20	8845.55	33571.30	8984.85	33710.60	139.30	139.30	1.57	0.41
21	11561.90	36357.30	11701.20	36496.60	139.30	139.30	1.20	0.38
22	14417.55	39212.95	14626.50	39352.25	208.95	139.30	1.45	0.36
23	17412.50	42138.25	17551.80	42347.20	139.30	208.95	0.80	0.50

Tabel 16. Perbandingan Luas Tulangan Perlu b=80cm

L (m)	BMS 1992		SNI 2005		SNI-BMS		%	
	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)	Asc (mm ²)	Ast (mm ²)
22	5038.00	37556.00	5221.20	37739.20	183.20	183.20	3.64	0.49
23	7786.00	40395.60	7969.20	40487.20	183.20	91.60	2.35	0.23
24	10717.20	43235.20	10808.80	43418.40	91.60	183.20	0.85	0.42
25	13648.40	46258.00	13831.60	46349.60	183.20	91.60	1.34	0.20
26	16762.80	49280.80	16946.00	49464.00	183.20	183.20	1.09	0.37
27	19968.80	52486.80	20152.00	52670.00	183.20	183.20	0.92	0.35
28	23266.40	55784.40	23449.60	55967.60	183.20	183.20	0.79	0.33

Berdasarkan dimensi gelagar yang diteliti, akibat dari kajian pembebanan SNI 2005 terhadap BMS 1992 luas tulangan tekan (Asc) naik sebesar 0.79% sampai 4.0% dan luas tulangan tarik (Ast) 0.2% sampai 0.5%.

Perencanaan Tulangan Lentur Gelagar Pada Tiap Variasi Bentang

Berikut ini adalah hasil dari perencanaan tulangan lentur gelagar pada bentang 8m, 12m, 16m, dan 20m yang menggunakan diameter tulangan 25mm.

Tabel 17. Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Gelagar Beban BMS 1992

BMS 1992						
L (m)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	dc (mm)	Nsc	Nst
8	400	600	485	70	10	29
12	500	750	620	85	20	42
16	600	900	770	70	20	58
20	700	1050	905	85	30	76

Tabel 18. Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Gelagar Beban SNI 2005

SNI 2005						
L (m)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	dc (mm)	Nsc	Nst
8	400	600	485	70	11	29
12	500	750	620	85	21	42
16	600	900	770	70	20	58
20	700	1050	905	85	30	76

Dari kedua tabel diatas, pada bentang 16 m dan 20 m dimensi gelagar dan tulangan yang dihitung berdasarkan beban BMS 1992 dan SNI 2005 adalah sama atau pada kondisi ini perbedaan dari kedua metode pembebanan tersebut tidak berarti.

Perencanaan Tulangan Lentur Plat dan Diafragma

Tabel 19. Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Diafragma Beban BMS 1992

BMS 1992						
Bagian	b (mm)	h (mm)	d (mm)	dc (mm)	Nsc	Nst
Tumpuan	400	300	345	55	2	9
Lapangan	400	300	345	55	2	9

Tabel 20. Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Diafragma Beban SNI 2005

SNI 2005						
Bagian	b (mm)	h (mm)	d (mm)	dc (mm)	Nsc	Nst
Tumpuan	400	300	345	55	2	9
Lapangan	400	300	345	55	2	9

Tabel 21. Hasil Perhitungan Plat Jembatan Beban

ARAH	BMS 1992	SNI 2005
X	φ 12 – 60 mm	φ 12 – 60 mm
Y	φ 12 – 100 mm	φ 12 – 100 mm

PENUTUP

Simpulan

- Beban mati yang diberikan dari kedua sistem pembebanan ini adalah sama yaitu, berat isi beton bertulang, $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Begitupun juga dengan faktor beban mati yang diberikan oleh kedua sistem pembebanan ini adalah sama yaitu sebesar $K_{ms} = 1.30$
- Beban Lalu Lintas
SNI 2005 menaikkan beban lalu lintas dan menurunkan faktor beban, sehingga berdasarkan perhitungan matematis momen dari metode pembebanan SNI 2005 untuk *Uniformly Distributed Load* (UDL) naik sebesar 1.25%, *Knife Edge Load* (KEL) naik sebesar 0.227%, dan beban truk "T" naik sebesar 16.250kN dengan kondisi truk berada ditengah bentang dan jarak antara roda sama yaitu sebesar 5m.

Tabel 22. Standar Beban Lalu Lintas SNI 2005 dan BMS 1992

	Faktor Beban	Beban Lajur "D"		Beban Truk (kN)
		UDL (Kpa)	KEL (kN/m)	
BMS 1992	2.0	8.0	44.0	450
SNI 2005	1.8	9.0	49.0	500

- Kapasitas dari dimensi penampang gelagar adalah sebagai berikut :

Tabel 23. Kapasitas Gelagar

b (cm)	BMS 1992	SNI 2005
40	≤ 8m	≤ 8m
45	8 - 11m	8 - 11m
50	9m – 13m	9m – 13m
60	13m – 18m	13m – 18m
70	17m – 23m	17m – 23m
80	21m – 28m	21m – 28m

Pada perhitungan perencanaan tulangan gelagar luas tulangan tekan (A_{sc}) naik sebesar 0.79% sampai 4.0% dan luas tulangan tarik (A_{st}) 0.2% sampai 0.5%. Pada bentang 16m dan 20m dimensi gelagar dan tulangan yang dihasilkan berdasarkan pembebanan BMS 1992 dan SNI 2005 adalah sama, hal ini disebabkan karena luas tulangan perlu yang dihitung dengan kedua metode pembebanan ini berada pada range luas tulangan yang sama.

- Berdasarkan perhitungan pembebanan dalam hal ini bangunan atas jembatan, momen dari SNI 2005 naik 0.37% sampai 0.54% dan dalam perhitungan tulangan perbedaan ini sangat kecil pengaruhnya bahkan pada kondisi tertentu tidak berarti.

Saran

- Penelitian ini perlu dilanjutkan terhadap bangunan bawah jembatan yaitu dalam perencanaan abutmen dan pondasi jembatan untuk mengetahui lebih lagi tentang perbedaan beban yang terjadi dari kedua metode pembebanan ini serta pengaruhnya terhadap perencanaan struktur bangunan bawah jembatan.
- Penelitian ini juga perlu dilanjutkan dengan menggunakan dimensi penampang yang lain, bentang jembatan yang lain, mutu material yang lain, dan tipikal jembatan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, Indonesia.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992. *Bridge Management System*, Indonesia.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014. *Perencanaan Bangunan Atas Jembatan*, Ambon.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Jakarta. Hal 200-203
- Vis, W.C. dan Kusuma Gideon, 1971. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.