
Perbandingan Dimensi *Laminated Rubber Elastomeric Bearing, Lead Rubber Bearing, Pot Bearing* Pada Jembatan Kalitangi Baru

Dion Rizky Sanjoyo Putro¹⁾, Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc²⁾

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru 45, Surabaya 60118, Jawa Timur, Indonesia-Telp (+62) 31-5931800
E-mail: dionputro73@gmail.com

Abstrak

Perletakan jembatan merupakan salah satu komponen dalam struktur jembatan yang berfungsi sebagai media penyalur beban baik vertikal maupun rotasi. Pada jembatan Kalitangi Baru ini menggunakan perletakan spherical bearing. Masalah yang muncul ialah kondisi spherical bearing yang mengalami kerusakan. Dalam penelitian kali ini akan merencanakan dimensi dari 3 tipe perletakan yaitu laminated rubber elastomeric bearing pad, lead rubber bearing, dan pot bearing. Perencanaan ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang menghitung manual pembebanan jembatan mengacu pada SNI 1725 : 2016. Hasil dari perhitungan pembebanan jembatan yang diperoleh adalah gaya vertikal maksimum sebesar 708,59 kN, gaya horizontal maksimum sebesar 113,09 kN dan gaya vertikal minimum sebesar 90,91 kN, gaya horizontal minimum sebesar 54,38 kN dan dimana juga hasil dari perhitungan dimensi yaitu laminated rubber elastomeric bearing pad 500mm x 350mm x 70mm dan lead rubber bearing dengan diameter 700 mm serta pot bearing dengan diameter 440 mm.

Kata kunci: Dimensi,Laminated Rubber Elastomeric Bearing Pad,Lead Rubber Bearing,Pot Bearing

Abstract

Bearing is one of a bridge placement types that considered as an important component in bridge structure. The bridge placement functions as a medium for distributing loads both vertically or rotationally. However, Spherical Bearing that is not maintained will frequently cause damage problems. One of the uses of Spherical Bearing is found in Kalitangi Baru bridge. The purpose of this study is to plan the replacement of the spherical bearing using 3 dimensions of placements; rubber elastomeric bearing pad, lead rubber bearing, and pot bearing. The method used in this research is descriptive quantitative by manually calculating the loading of the Kalitangi Baru bridge which refers to SNI 1725 : 2016. As a result, the recapitulation datas of the bridge loading were 708.59Kn of maximum vertical force, 113.09kN of maximum horizontal force, 90.91kN of minimum vertical force and 54.38kN of minimum horizontal force. Also, the result of the dimension calculations were 500mm x 350mm x

70mm dimension of laminated rubber elastomeric bearing pad, with a diameter of 700mm lead rubber bearing and 440mm diameter pot bearing.

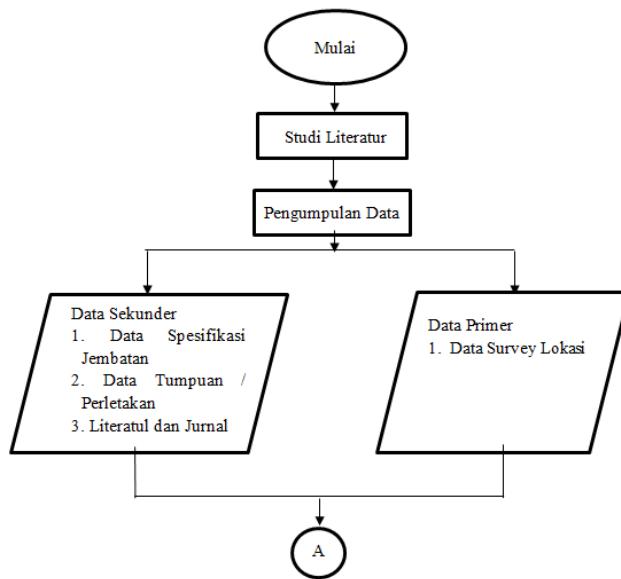
Keywords: Dimention,Laminated Rubber Elastomeric Bearing Pad,Lead Rubber Bearing,Pot Bearing.

1. PENDAHULUAN

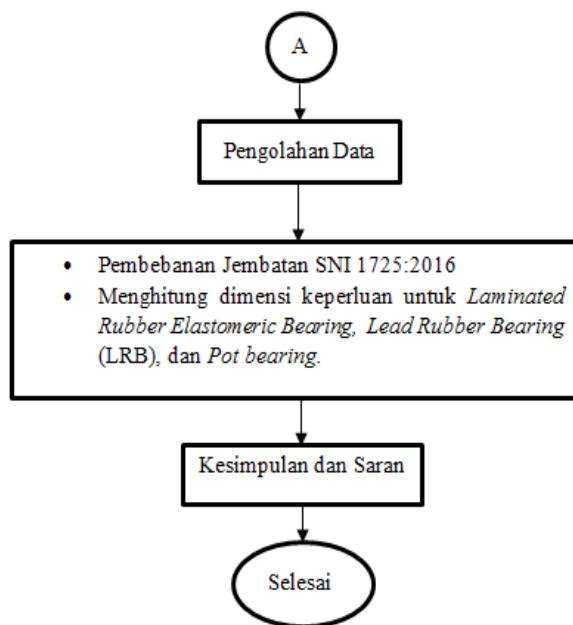
Perletakan jembatan merupakan salah satu komponen dalam struktur jembatan yang berfungsi sebagai media penyalur beban baik vertikal maupun rotasi. Jembatan Kalitangi Baru ini melalui sungai kali Lamong dan berada di jalan Kragan – Rembang – Surabaya, Jembatan ini berperan penting sebagai akses jalan utama penghubung Kota Surabaya dan Kota Gresik. Pada jembatan kalitangi baru ini menggunakan perletakan *spherical bearing*. Masalah yang muncul ialah kondisi *spherical bearing* yang mengalami kerusakan dikarenakan sudah berkarat dan cacat akibat gesekan material geser dengan permukaannya dan juga usia yang sudah terlalu lama. Dalam penelitian ini akan menghitung pembebanan jembatan dan dilanjutkan dengan menghitung perencanaan dimensi dari 3 tipe material yaitu *laminated rubber elastomeric bearing pad*, *lead rubber bearing* dan *pot bearing*.

2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1a Diagram alir penelitian



Gambar 1b Diagram alir penelitian (Lanjutan)

Pada penelitian kali ini ialah merencanakan kebutuhan dimensi dari tiap material yang dipilih. Langkah pertama ialah mengumpulkan studi literatur dilanjutkan dengan pengumpulan data. Pengumpulan data dapat didapatkan dari dinas yang mengawasi ruas jalan dan jembatan tersebut. Tahapan selanjutnya ialah menghitung pembebaan jembatan secara manual dengan mengacu pada SNI 1725 : 2016. Setelah menyelesaikan perhitungan pembebaan jembatan dapat dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan dimensi material yang dipilih yang nantinya akan menghasilkan kesimpulan dari ketiga material tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembebaan Lantai Jembatan

$$\text{Berat sendiri} = b \times h \times W_c = 1,0 \times 0,6 \times 25,00 = 15,00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat mati tambahan} = Q_{\text{aspal}} + Q_{\text{hujan}} = 1,12 + 0,49 = 1,61 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban truk} = (1 + FDB) \times T = (1 + 0,3) \times 112,5 = 146,25 \text{ kN}$$

$$\text{Beban angin} = (1/2 \times \frac{h}{x} \times T_{ew}) \times L = (1/2 \times \frac{1,80}{2,75} \times 1,46) \times 16,6 = 7,932 \text{ kN}$$

$$\text{Pengaruh temperatur} = (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) = (40-15) = 25^{\circ}\text{C}$$

Momen pada slab lantai jembatan

Tabel 1 Momen slab

No	Jenis Beban	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan Ultimit	M Tumpuan kNm	M Lapangan kNm
1	Berat Sendiri	KMS	1,0	1,3	3,82	1,91
2	Beban Mati Tambahan	KMA	1,0	2,0	0,51	0,26
3	Beban Truk "T"	KT	1,0	2,0	69,96	63,01
4	Beban Angin	KEW	1,0	1,2	3,79	3,41
5	Beban Temperatur	KET	1,0	1,2	0,02	0,09

Tabel 2 Kombinasi – 1

No	Jenis Beban	Faktor	M	M	Mu	Mu
		Beban	Tumpuan kNm	Lapangan kNm	Tumpuan kNm	Lapangan kNm
1	Berat Sendiri	1,30	3,82	1,91	4,96	2,48
2	Beban Mati Tambahan	2,00	0,51	0,26	1,02	0,52
3	Beban Truk "T"	2,00	69,96	63,01	139,92	126,02
4	Beban Angin	1,00	3,79	3,41	3,79	3,41
5	Beban Temperatur	1,00	0,02	0,09	0,02	0,09
Total Momen Ultimit Slab MU =					149,71	132,52

Tabel 3 Kombinasi – 2

No	Jenis Beban	Faktor	M	M	Mu	Mu
		Beban	Tumpuan kNm	Lapangan kNm	Tumpuan kNm	Lapangan kNm
1	Berat Sendiri	1,30	3,82	1,91	4,96	2,48
2	Beban Mati Tambahan	2,00	0,51	0,26	1,02	0,52
3	Beban Truk "T"	2,00	69,96	63,01	139,92	126,02
4	Beban Angin	1,20	3,79	3,41	4,54	4,09
5	Beban Temperatur	1,20	0,02	0,09	0,024	0,108
Total Momen Ultimit Slab MU =					150,46	133,21

Tabel 4 Kombinasi – 3

No	Jenis Beban	Faktor	M	M	Mu	Mu
		Beban	Tumpuan kNm	Lapangan kNm	Tumpuan kNm	Lapangan kNm
		A	b	c	a x b	a x c
1	Berat Sendiri	1,30	3,82	1,91	4,96	2,48
2	Beban Mati Tambahan	2,00	0,51	0,26	1,02	0,52
3	Beban Truk “T”	1,80	69,96	63,01	125,92	113,41
4	Beban Angin	1,00	3,79	3,41	3,79	3,41
5	Beban Temperatur	1,20	0,02	0,09	0,024	0,108
Total Momen Ultimit Slab MU =					135,71	119,928

3.2 Pembebanan PCI Girder Bentang 21,00 m

Mutu beton girder K-600 dan mutu beton slab K-350

Lebar effektif plat (Beff) = $1,75 \times 0,66352 = 1,161$ m

Tabel 5 Section Properties Balok Girder

No	Lebar b (m)	Tinggi h (m)	Luas A (m ²)	Jarak Thd Alas Y (m)	Statis Momen A.Y (m ³)	Inersia A.Y ² m ⁴	Inersia I ₀ (m ²)
1	0.410	0.070	0.0287	1.215	0.0349	0.0424	0.000012
2	0.550	0.150	0.0825	1.105	0.0912	0.1007	0.00015
3	0.365	0.055	0.0201	1.012	0.0203	0.0206	0.0000051
4	0.180	0.745	0.1341	0.603	0.0808	0.0487	0.0062
5	0.415	0.100	0.0415	0.197	0.0082	0.0016	0.000035
6	0.650	0.130	0.0845	0.065	0.0055	0.0004	0.00012
Total =		0.3914		Sx=	0.2408	0.2143	0.0065

Tabel 6 Section Properties Composit (Balok Girder + Slab Jembatan)

No	Lebar b (m)	Tinggi h (m)	Luas AC (m ²)	Jarak Thd Alas Y (m)	Statis Momen AC.Y (m ³)	Inersia AC.Y ² m ⁴	Inersia IC ₀ (m ²)
1	1.161	0.600	0.6967	1.550	1.0799	1.6738	0.020901
2	0.410	0.070	0.0287	1.215	0.0349	0.0424	0.000012
3	0.550	0.150	0.0825	1.105	0.0912	0.1007	0.00015
4	0.365	0.055	0.0201	1.012	0.0203	0.0206	0.0000051
	0.180	0.745	0.1341	0.603	0.0809	0.0488	0.0062

5	0.415	0.100	0.0415	0.197	0.0082	0.0016	0.000035
6	0.650	0.130	0.0845	0.065	0.0055	0.0004	0.00012
	Total =	1.0881		Sx=	1.3207	1.8881	0.027428

$$\text{Berat diafragma} = \text{wd} \times n = 9,1875 \times 5 = 45,9 \text{ kN}$$

$$\text{Berat girder} = A \times L \times W_c = 0,3914 \times 21 \times 25 = 205,47 \text{ kN}$$

$$Q_{\text{Girder}} = W_{\text{girder}} / L = 205,47 / 21 = 9,784 \text{ kN/m}$$

Tabel 7 Resume Beban, Gaya Geser, dan Momen

Jenis Beban		Lebar b (m)	Tebal h (m)	Luas A (m ²)	Berat Sat W (KN/m ³)	Beban Q (KN/m)	Geser V (KN)	Momen M (KN/m)
MA	Air	1.75	0.05	0.09	9.81	0.86	9.01	47.32
	Aspal + Overlay	1.75	0.05	0.09	22.56	1.97	20.73	108.82
	JUMLAH					2.83	29.74	156.13
MS	Plat Lantai	1.75	0.60	1.05	23.54	24.72	259.53	1362.52
	Deck Slab / RC Plate	1.16	0.07	0.08	23.54	1.91	20.09	105.47
	Diafragma					6.77	71.09	373.24
	JUMLAH					33.40	350.71	1841.24
Precast	Girder					9.78	102.74	539.36
T O T A L						46.02	483.19	2536.74

$$\text{Beban lajur D (PTD)} = (1+DLA) \times p \times s = (1+0,40) \times 49 \times 1,75 = 120,05 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya rem TB (QTD)} = q \times s = 9 \times 1,75 = 15,75 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban angin (QEW)} = (1/2 * h / x * TEW) = (1/2 \times 2 / 1,74 \times 1,80) = 1,03 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban gempa (QEQ)} = TEQ / L = 192,36 / 21 = 9,16 \text{ kN/m}$$

Tabel 8 Resume Momen dan Gaya Geser pada Balok

No	Jenis Beban	Kode beban	Q	P	M	Keterangan
			(kN/m)	(KN)	(kN/m)	
1	Berat balok prategang	balok	9.78	-	-	Beban merata, Qbalok

2	Berat sendiri	MS	33.40	-	-	Beban merata, QMS	
3	Mati tambahan	MA	2.83	-	-	Beban merata, QMA	
4	Lajur "D"	TD	15.75	120.05	-	Beban merata, QMA dan terpusat, PTD	
5	Gaya rem	TB	-	102.28 8	315.68 4	Beban momen, MTB	
6	Angin	EW	1.03	-	-	Beban merata, QEW	
7	Gempa	EQ	9.16	-	-	Beban merata, QEW	

Tabel 9 Momen Pada Balok Prategang Akibat Beban

Jarak X (m)	Momen pada balok prategang akibat beban							
	Berat Girder (KN/m)	Berat Sendiri MS	Berat Mati Tambahan MA	Berat Lajur "D" TD	Rem TB	Angin EW	Gempa EQ	
		(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)	(KN/m)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.0	97.84	334.01	28.74	217.53	15.03	10.29	91.60	
2.0	185.90	634.62	55.48	419.30	30.07	19.54	174.05	
3.0	264.18	901.83	80.22	605.33	45.10	27.77	247.33	
4.0	332.67	1135.64	102.96	775.60	60.13	34.97	311.46	
5.0	391.38	1336.05	123.70	930.13	75.16	41.14	366.42	
6.0	440.30	1503.05	142.44	1068.90	90.20	46.29	412.22	
7.0	479.43	1636.66	159.18	1191.93	105.23	50.40	448.86	
8.0	508.79	1736.86	173.92	1299.20	120.26	53.49	476.34	
9.0	528.36	1803.66	186.66	1390.73	135.29	55.54	494.66	
10.0	538.14	1837.07	197.40	1466.50	150.33	56.57	503.82	

Tabel 9 Momen Pada Balok Prategang Akibat Beban (lanjutan)

KOMB. I	KOMB. II	KOMB. III	KOMB. IV
MS+MA+ TD+TB (KN/m)	MS+MA+ TD+ EW (KN/m)	MS+MA+ TD+TB+EW (KN/m)	MA+MS+ GRD+Eqmax (KN/m)
0.00	0.00	0.00	0.00
693.15	688.41	703.44	552.20
1325.37	1314.85	1344.91	1050.05
1896.65	1879.33	1924.42	1493.56
2407.00	2381.84	2441.97	1882.72
2856.41	2822.39	2897.55	2217.54
3244.89	3200.98	3291.17	2498.01
3572.43	3517.60	3622.83	2724.13
3839.03	3772.25	3892.52	2895.91

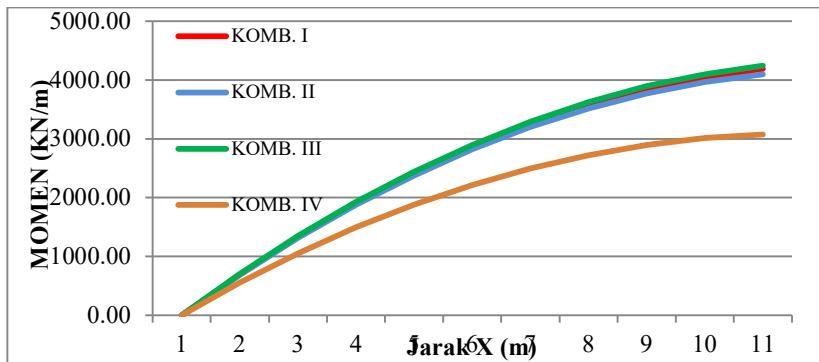
4044.70	3964.95	4100.24	3013.34
4189.43	4095.68	4246.00	3076.43

Tabel 10 Gaya Geser Pada Balok Prategang Akibat Beban

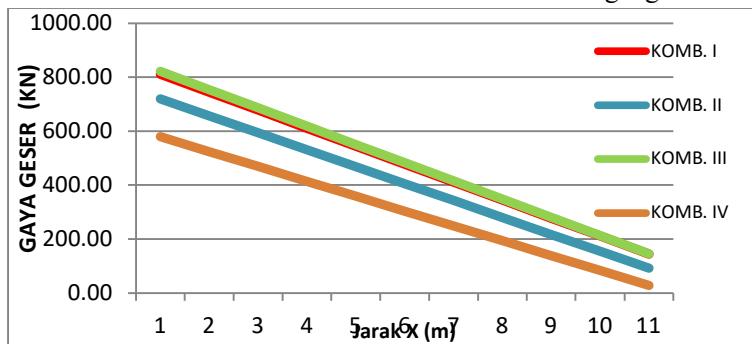
Jarak X (m)	Gaya geser pada balok prategang akibat beban						
	Berat Girder (KN/m)	Berat Sendiri MS (KN/m)	Berat Mati Tambahan MA (KN/m)	Lajur "D" TD (KN/m)	Rem TB (KN/m)	Angin EW (KN/m)	Gempa EQ (KN/m)
0.0	102.74	350.71	29.74	225.40	102.29	10.80	96.18
1.0	92.95	317.31	26.91	209.65	97.42	9.80	87.02
2.0	83.17	283.91	24.08	193.90	92.55	8.80	77.86
3.0	73.38	250.51	21.24	178.15	87.68	7.80	68.70
4.0	63.60	217.11	18.41	162.40	82.80	6.80	59.54
5.0	53.81	183.71	15.58	146.65	77.93	5.80	50.38
6.0	44.03	150.31	12.75	130.90	73.06	4.80	41.22
7.0	34.25	116.90	9.91	115.15	68.19	3.80	32.06
8.0	24.46	83.50	7.08	99.40	63.32	2.80	22.90
9.0	14.68	50.10	4.25	83.65	58.45	1.80	13.74
10.0	4.89	16.70	1.42	67.90	53.58	0.80	4.58

Tabel 10 Gaya Geser Pada Balok Prategang Akibat Beban (lanjutan)

KOMB. I	KOMB. II	KOMB. III	KOMB. IV
MS+MA+TD+TB (KN/m)	MS+MA+TD+ EW (KN/m)	MS+MA+TD+TB+EW (KN/m)	MA+MS+GRD+Eqmax (KN/m)
810.88	719.39	821.68	579.37
744.24	656.62	754.04	524.19
677.60	593.85	686.40	469.02
610.96	531.08	618.76	413.84
544.32	468.32	551.12	358.66
477.68	405.55	483.48	303.48
411.04	342.78	415.84	248.30
344.40	280.01	348.20	193.12
277.77	217.24	280.57	137.95
211.13	154.48	212.93	82.77
144.49	91.71	145.29	27.59



Gambar 1 Grafik Momen Pada Balok Prategang



Gambar 2 Grafik Gaya Geser Pada Balok Prategang

3.3 Perhitungan Dimensi Perlakatan

Dalam tahapan ini ialah mencari atau menghitung dimensi pada tiap perlakatan yang dapat digunakan untuk jembatan Kalitangi Baru ini.

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya vertikal max} &= (\text{Vu MA} + \text{MS} + \text{GrdMax}) + (\text{Vu TD Max}) \\
 &= (29,74 + 350,71 + 102,74) + (225,40) = 708,59 \text{ kN} = 70,86 \text{ Ton} \\
 \text{Gaya horisontal max} &= (\text{TB} + \text{EW}) = 102,29 + 10,80 = 113,09 \text{ kN} = 11,31 \text{ Ton} \\
 \text{Gaya vertikal min} &= (\text{Vu MA} + \text{MS} + \text{GrdMin}) + (\text{Vu TD Min}) \\
 &= 23,01 + 68,90 = 90,91 \text{ kN} = 9,09 \text{ Ton} \\
 \text{Gaya horisontal min} &= (\text{TB} + \text{EW}) = 53,58 + 0,80 = 54,38 \text{ kN} = 5,44 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- Laminated Rubber Elastomeric (Bearing Pad)

- Nilai pergeseran

- Akibat susut = $\Delta ls = \Delta ts \times \alpha \times lm \times \beta = 12,5 \times 0,00001 \times 16000 \times 0,6 = 1,20 \text{ mm}$

- Akibat rangkak beton

$$\Delta lc = \frac{\text{As.fy.lm.}\beta}{\text{Ec.(HGirder-Yac).bbott.}} = \frac{2,172 \times 1580 \times 16000 \times 0,6}{33,778 \times 484 \times 650} = 3,10 \text{ mm}$$

- Total pergeseran = $\Delta l = \Delta ls + \Delta lc = 4,30 \text{ mm}$

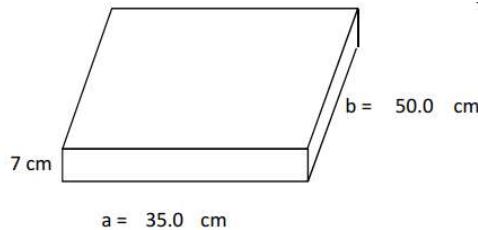
- Desain perlakatan roll

- Check rasio beban hidup = $\frac{\text{HU max} - \text{HU min}}{\text{Hu max}} \leq \frac{50}{15} = \frac{11,31 - 5,44}{11,31} = 0,52 \leq 3,33 \rightarrow \text{OK!}$

- Tebal bearing pad = $\Sigma te \geq \frac{\Delta l}{\alpha} = \frac{4,30}{0,7} = 7 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } te = 10 \text{ mm}$

- Luas bearing = $\frac{\text{HU max}}{\text{S max}} \leq \frac{\text{HU min}}{\text{S min}} = \frac{11,309}{80} = 141 \text{ cm}^2 \leq A \geq \frac{5,438}{15} = 363 \text{ cm}^2$

- d. Check luas effektif = $\sigma_{\text{max}} = \frac{H_{\text{U max}}}{A_0} \leq S_{\text{max}} = \frac{11,309}{1728} = 6,54 \text{ Kg/cm}^2 \leq 80 \text{ Kg/cm}^2$
 \rightarrow Luas Effektif Bearing OK!
- e. Check penyimpanan tegangan tekanan = $\sigma_{\text{max}} = \frac{H_{\text{U max}}}{A_0} \leq S_{\text{max}} = \frac{11,309}{1728} = 6,54 \text{ Kg/cm}^2 \leq 80 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow$ Luas Effektif Bearing OK!
- f. Check perputaran max = $E = (3+6,585 S^2) \times G = 5606$ (*Rotasi Max Bisa Diakomodir!*)
- g. Check regangan geser parsial = $\epsilon_t = \epsilon_c + \epsilon_s + \epsilon_R \leq \epsilon_{\text{na}} = \epsilon$ Total = $94,67 \leq 300,00$
3. Desain perletakan sendi
- a. Check rasio beban hidup = $\frac{V_{\text{U max}} - V_{\text{U min}}}{V_{\text{U max}}} \leq \frac{50}{15} = \frac{70,86 - 9,09}{70,86} = 0,87 \leq 3,33 \rightarrow$ OK!
- b. Tebal bearing pad = $\Sigma t_e \geq \frac{\Delta l}{d} = \frac{4,30}{0,7} = 7 \text{ mm} \rightarrow$ dipakai $t_e = 10 \text{ mm}$
- c. Luas bearing = $\frac{V_{\text{U max}}}{S_{\text{max}}} \leq \frac{V_{\text{U min}}}{S_{\text{min}}} = \frac{70,859}{80} = 886 \text{ cm}^2 \leq A \geq \frac{9,091}{15} = 606 \text{ cm}^2$
- d. Check luas effektif = $\sigma_{\text{max}} = \frac{V_{\text{U max}}}{A_0} \leq S_{\text{max}} = \frac{70,859}{1728} = 40,99 \text{ Kg/cm}^2 \leq 80 \text{ Kg/cm}^2$
 \rightarrow Luas Effektif Bearing OK!
- e. Check penyimpanan tegangan tekanan = $\sigma_{\text{max}} - \frac{V_{\text{U min}}}{A_0} = \Delta\sigma_{\text{max}}$ $\Delta\sigma_0 = 28,91 - \frac{9090,90}{1728} = 35,74 \text{ Kg/cm}^2 \leq 80 \text{ Kg/cm}^2$
- f. Check perputaran max = $E = (3+6,585 S^2) \times G = 5606$ (*Rotasi Max Bisa Diakomodir!*)
- g. Check regangan geser parsial = $\epsilon_t = \epsilon_c + \epsilon_s + \epsilon_R \leq \epsilon_{\text{na}} = \epsilon$ Total = $121,55 \leq 300,00$



Gambar 3 Desain Laminated Rubber Elastomeric Bearing Pad

Jadi dimensi perletakan Elastomer Sintetis Berlapis Baja (*Bearing Pad*) memakai ukuran **500 mm x 350 mm x 70 mm**.

- *Lead Rubber Bearing (LRB)*

Gaya yang bekerja dari pemodelan struktur dengan menggunakan *software CSI Bridge* adalah sebagai berikut :

Tabel 11 Reaksi Struktur (CSI Bridge)

Kombinasi	F (KN)		
	F1	F2	F3
D + L + H + W	1103.332216	1873.829104	6820.883023
D + H + W	1240.551813	1902.77381	7103.008371
D + H + L	519.77382	671.098319	3719.77482
D + H	687.223369	695.221654	4021.336958

D = Beban mati

L = Beban hidup

H = Beban hidrostatis

W = Beban arus dan gelombang

$$P_{max} = \sum \frac{PV}{N} + \frac{MX}{nY \cdot \Sigma Y^2} + \frac{MY}{nX \cdot \Sigma X^2} = \sum \frac{F_3}{N} + \frac{F_2 \cdot Y_{max}}{nY \cdot \Sigma Y^2} + \frac{F_1 \cdot X_{max}}{nX \cdot \Sigma X^2} = \sum \frac{6820.883023}{12} +$$

$$\frac{1873.829104 \times 1}{6 \times 2} + \frac{1103.332216 \times 1}{2 \times 2} = 568.41 + 156.1524253 + 1103.332216$$

$$P_{max} (\text{compression}) = 1827.89$$

Untuk memikul gaya geser yang terjadi, perlu dihitung besarnya Fmax gesernya

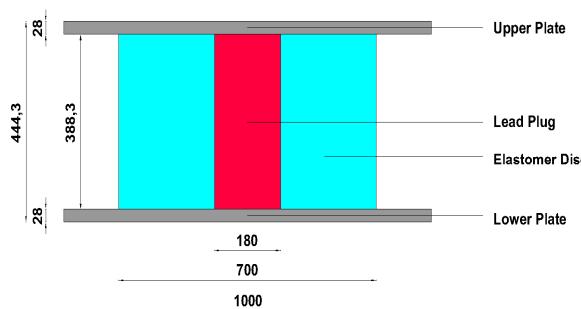
$$FR = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(1240.551813^2) + (1902.77381^2)} = \sqrt{(1538968.80 + 3620548.17)}$$

$$= 2271.457 \text{ KN}$$

Gaya geser maksimum yang mampu dipikul tiap rubber

$$P_{max} (\text{shear force}) = 2271.457 / 12 = 189.288$$

Dengan hasil perhitungan di atas, dapat ditentukan dimensi rubber yang dipakai dengan melihat tabel spesifikasi rubber dari *catalog bridgestone seismic isolation product*. Didapat :



Gambar 4 Desain Lead Rubber Bearing

Jadi dimensi perletakan *Lead Rubber Bearing* (LRB) memakai ukuran **$\text{Ø } 700 \text{ mm}^2$** .

- *Pot Bearing*

Gaya yang bekerja dari pemodelan struktur dengan menggunakan *software CSI Bridge* adalah sebagai berikut :

Tabel 12 Pot Bearing Reaction (Abutment)

	Axial (Kn)	Shear - y (Kn)	Shear - Z (Kn)	Torsion (Kn/m)	Moment - y (Kn/m)	Moment - Z (Kn/m)
Max	29001.75	96035.94	0	0	0	0
Min	-27563.29	-105622.58	0	0	0	0

Tabel 13 Pot Bearing Reaction (Pilar)

	Axial (Kn)	Shear - y (Kn)	Shear - Z (Kn)	Torsion (Kn/m)	Moment - y (Kn/m)	Moment - Z (Kn/m)
Max	3940.66	18806.96	1144.83	5771.44	1599.47	247212.71
Min	-1732.63	-18889.9	-4240.71	-2281.53	-942.15	-99118.99

Tabel 14 Pot Bearing Displacement (Abutment)

	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX [(rad)]	RY [(rad)]	RZ [(rad)]
Max	2.73	0.005	0.091	0.0419	0.421	0.0557
Min	0.00062	0.000051	0.00012	0.008	0.117	0.002

Tabel 15 Pot Bearing Displacement (Pilar)

	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	RX [(rad)]	RY [(rad)]	RZ [(rad)]
Max	0.78	0.0008	0.039	0.011	0.291	0.039
Min	0.0006	0.000005	0.000041	0.00006	0.007	0.001

1. Menentukan dimensi elastomeric disc

$$\sigma_{\text{max}} \leq 3.5 \text{ ksi} \text{ atau } \sigma_{\text{max}} \approx 250 \text{ kg/cm}^2$$

Cek tegangan dengan diameter (D_p) = 440 mm

$$\Theta_u = 0.0557 \leftarrow \text{Displacement} \text{ (max RZ dari Abutment)}$$

$$H_u = 96035.94 \leftarrow \text{Reaction} \text{ (max Shear-Y dari Abutment)}$$

$$P_{\text{max}} = 29001.75 \leftarrow \text{Reaction} \text{ (max Axial dari Abutment)}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_p^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 440^2 = 151976.00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_R = P/A \leq \sigma_{\text{max}} \approx 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_R = 29001.75 / 151976.00 \leq \sigma_{\text{max}} \approx 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_R = 190.83 \text{ Mpa} \leq \sigma_{\text{max}} \approx 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Oke!)}$$

Menghitung tebal elastomer disc,

$$H_r = 3.33 \times D_p \times \Theta_u = 3.33 \times 440 \times 0.0557 = 81.61 \approx 82 \text{ mm}$$

Menghitung shape factor S untuk elastomer berbentuk silinder

$$S = (0.5 \times D_p) / 2 h_r = (0.5 \times 440) / 2 \times 82 = 1.3396$$

2. Menentukan dimensi pot baja

Menghitung tebal lower plate, $t_b = 0.06 D_p = 26.4 \approx 27 \text{ mm}$

Menghitung tebal wall plate, t_w

$$T_w = \sqrt{(25 \times H_u \times \Theta_u / f_y)} T_w = \sqrt{(25 \times 96035.94 \times 0.0557 / 275)}$$

$$T_w = 139.4691 \approx 140 \text{ mm}$$

$$\text{Menghitung } H_w = 0.03 D_p = 0.03 \times 440 = 13.2 \text{ mm} \approx 14 \text{ mm}$$

Menghitung ketebalan rongga dalam pot, h_{p1}

$$H_{p1} = (0.5 \times D_p \times \Theta_u) + h_r + h_w = (0.5 \times 440 \times 0.0557) + 82 + 14$$

$$H_{p1} = 108.81 \approx 109 \text{ mm}$$

Menghitung clearance antara upper plate dengan pot; h_{p2}

$$H_{p2} = R_0 \times \Theta_u + 2 \times \delta_u + 0.125 \text{ inci} = 220 \times 0.0557 + 2 \times 1.81902 + 0.125$$

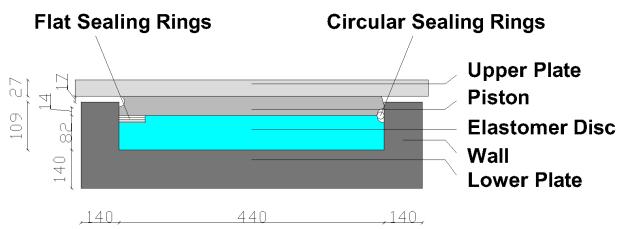
$$H_{p2} = 16.01703407 \approx 17 \text{ mm}$$

Tebal upper plate diasumsikan sama dengan lower plate $t_b = 27 \text{ mm}$

Clearance antara piston dengan wall

$$C = \Theta_u \{H_w - [(D_p \times \Theta_u) / 2]\} = 0.0557 \{14 - [(440 \times 0.0557) / 2]\}$$

$$C = 1.4177878 \approx 1.5 \text{ mm}$$



Gambar 5 Desain Pot Bearing

Jadi dimensi perletakan *Pot Bearing* tipe Fix memakai ukuran $\text{Ø } 440 \text{ mm}^2$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis alternatif perletakan yang diusulkan dari tiga *rubber bearing* guna memperoleh perletakan yang efisien terdapat pada perletakan *Laminated Rubber Elastomeric Bearing Pad* (500 mm x 350 mm x 70 mm) dengan dimensi yang cukup minim dari ketiga rubber bearing ini, *Laminated Rubber Elastomeric Bearing Pad* memiliki umur rencana atau masa pakai hingga 40 tahun dan ampu menahan gaya vertikal maksimum sebesar 70,86 Ton dan gaya horizontal maksimum sebesar 11,31 Ton dari gaya yang disebabkan oleh Jembatan Kalitangi Baru dengan panjang bentang 21 m tersebut.

Dalam menghitung pembebanan struktur jembatan hendaknya mengikuti perkembangan peraturan dan pedoman dalam merencanakan atau menghitung struktur jembatan. Untuk penelitian selanjutnya yang akan mendalami topik tugas akhir ini, hendaknya melakukan perhitungan kekuatan jangka panjang dari perletakan jembatan dan dapat menggunakan jenis perletakan yang lain seperti perletakan roll atau perletakan sendi.

5. REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2016). SNI 1752:2016. Pembekalan Untuk Jembatan. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional (2008). SNI 3967:2008. Spesifikasi Bantalan Elastomer Tipe Polos Dan Tipe Berlapis Untuk Perletakan Jembatan. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Directorate General of Highways Ministry of Public Works Republic of Indonesia (1992), Bridge Design Manual Volume 1, Bridge Management System.
- Manalu, Indrayon. (2015). Studi Penggunaan *Lead Rubber Bearing* Sebagai *Base Isolator* Dengan Model Jembatan Kutaikartanegara Pada Zona Zona Gempa Di Indonesia. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.