

Perbandingan *Displacement* Perletakan Elastomer Bearing Tipe HDRB, LRB dan NRB Pada Konstruksi *Submerged Floating Tunnel* (SFT)

Eki Irmaya Sari^{1,a}

¹Dosen Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak, Papua Barat, Indonesia

^abunayya1924@gmail.com

Abstract - This is the research of the placement of The Submerged Floating Tunnel, particularly those affected by hydrodynamic loads, such as waves and currents. Elastomer chosen as the placement of the SFT as having the ability to rotate (determined by the thickness) and can also be translation horizontally (limited which is also determined by the thickness). In the SFT structure elastomeric placement is very helpful in resisting the displacement occurs due to shear forces on the SFT's body.

There are three type of elastomeric bearing being modeled on these research. High Damping Rubber Bearing (HDRB), Lead Rubber Bearing (LRB) and Natural Rubber Bearing (NRB), modeled with the finite element method, Abaqus 6.14, to know how the element analyses of the elastomer and to determine which type is best employed as an additional bearing of the foundation.

The result, from the increment load applied to the three types of bearings, shows that the maximum displacement show on NRB type when the shear stress reaches 29500 N is 285.98 mm, while the minimum displacement show on HDRB type which is 159.85 mm. It happens because HDRB has a relativity small horizontal stiffness with a high damping ratio, so that the displacement is relatively smaller than other types of elastomers.

Keywords: *Shear force, SFT, Finite element, Elastomer, Rubber Bearing*

Abstrak - Penelitian ini adalah penelitian terhadap perletakan Submerged Floating Tunnel (SFT) khususnya akibat pengaruh beban hidrodinamik, yaitu gelombang dan arus.

Elastomer dipilih sebagai perletakan dari SFT karena memiliki kemampuan berotasi (ditentukan oleh ketebalan) dan juga bisa bertranslasi horizontal (terbatas yang juga ditentukan oleh ketebalan). Pada konstruksi SFT, perletakan elastomer sangat membantu menahan perpindahan (*displacement*) yang terjadi akibat gayageser pada badan SFT. Ada tiga tipe elastomer bearing yang dimodelkan pada penelitian ini, yaitu *High Damping Rubber Bearing* (HDRB), *Lead Rubber Bearing* (LRB) dan *Natural Rubber Bearing* (NRB), dimodelkan dengan pogram bantu finite elemen, Abaqus 6.14, untuk mengetahui bagaimana analisa elemen dari elastomer dan juga untuk menunjukkan tipe mana yang paling mampu mengurangi *displacement* yang terjadi.

Hasilnya, dari pembebanan bertahap yang diberikan pada ketiga tipe bearing, menunjukkan bahwa *displacement* maksimum terjadi pada elastomer tipe NRB saat tegangan gesernya mencapai 29500 N, yakni 285.98 mm, sementara *displacement* minimum terjadi pada elastomer tipe HDRB,

yakni sebesar 159.85 mm. Hal ini terjadi karena HDRB memiliki kekakuan horizontal yang relatif kecil dengan *damping ratio* yang tinggi sehingga *displacement* yang terjadi relatif lebih kecil dibanding tipe elastomer lainnya.

Kata Kunci : *Displacement, SFT, Finite elemen, Elastomer, Bantalan Karet*

I. Pendahuluan

Sebagai Negara kepulauan, Indonesia sangat berkepentingan untuk menghubungkan pulau-pulau yang ada, demi peningkatan pertumbuhan ekonomi serta pemerataan kesejahteraan rakyatnya. Untuk kepentingan tersebut diperlukan infrastruktur yang dapat menjadi alat penghubung antar pulau. Berbicara mengenai alat penghubung antar pulau, prasarana yang tengah berkembang dewasa ini adalah terowongan bawah laut. Salah satu tipe terowongan bawah laut tersebut adalah terowongan layang dalam air atau *Submerged Floating Tunnel* (SFT)

Submerged Floating Tunnel (SFT) adalah konstruksi *tunnel* (terowongan) sebagai pengembangan dari tipe sebelumnya yaitu *immersed tunnel* dan *underground tunnel*. Pada *immersed tunnel* dan *underground tunnel*, badan terowongan tertanam di dasar laut, sementara SFT adalah konsep baru yang digagas untuk melintasi perairan dalam, dimana struktur badan terowongan tidak tertanam di dasar laut, akan tetapi melayang di dalam air. Konstruksi ini membutuhkan panjang bentang yang relatif lebih pendek dibanding dengan jembatan konvensional dan *underground tunnel*, sehingga dapat menjadi alternatif yang baik untuk mengurangi volume pekerjaan karena tidak memerlukan tiang-tiang pier dan pondasi tiang seperti halnya yang diperlukan pada konstruksi terowongan di bawah laut lainnya ataupun konstruksi jembatan konvensional di atas permukaan laut [1]

Submerged Floating Tunnel (SFT), sering disebut juga sebagai *Archimedes Bridge*, adalah teknologi inovatif yang memberikan solusi untuk melintasi jalan laut, dengan konstruksi berupa struktur tubular yang mengambang di kedalaman laut tertentu dan distabilkan oleh sebuah system angkur yang mengeksploitasi daya dukung yang berasal dari gaya angkat (*bouyancy*) Archimedes [2]. Dengan sistem ini, ada bantuan kekuatan dari pengaruh *uplift* struktur akibat berada dalam air yang disebabkan oleh pengaruh gaya apung [1]

Elemen struktur SFT diklasifikasikan menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

1. Tube / badan SFT sebagai elemen yang menyediakan ruang bagi lalu lintas jalan dan atau rel.
2. *Theter* / pengikat SFT yang dijangkarkan pada dasar perairan baik secara vertical atau horizontal ataupun kombinasi keduanya. Disebut *pontoon*, jika menjangkarkan SFT pada permukaan perairan. Disebut *Grafiti anchor* jika menggunakan sistem pengikat yang dijangkarkan pada dasar perairan
3. *Shore connection*, bagian akhir SFT yang menghubungkan SFT dengan daratan. [3]

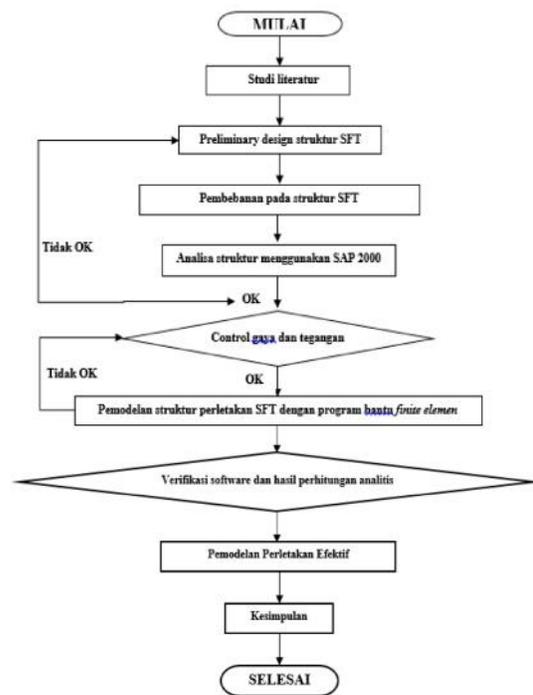
Telah banyak penelitian yang diarahkan pada pengembangan konsep dari struktur SFT ini, baik yang fokus pada perencanaan badan SFT, medesain angkur penahan badan SFT, sampai merencanakan pondasi untuk struktur SFT, namun sejauh ini belum ada yang meneliti mengenai perletakan yang dipakai pada struktur SFT, khususnya yang dipengaruhi oleh beban hidrodinamik.

Elastomer adalah suatu elemen jembatan yang terbuat dari karet alam atau karet sintesis (*neoprene*) yang berfungsi untuk meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah. Bahan-bahan campuran karet yang digunakan dalam pembuatan bantalan ini berupa *polycholoprene* asli (*neoprene*) yang tahan kristalisasi [4].Kelebihan elastomer sendiri adalah kemampuannya untuk berotasi dan juga bertranslasi horizontal, sehingga fungsinya untuk pembebanan vertical pada konstruksi jembatan bisa seperti tumpuan sendi-rol.Dari fungsi tersebut, jika difungsikan sebagai tumpuan pada struktur SFT, yaitu antara struktur badan SFT dengan pondasinya, elastomer diharapkan mampu mengurangi geseran dan getaran yang disebabkan oleh beban kendaraan pada badan SFT serta pengaruh *uplift* yang ditimbulkan akibat beban hidrodinamik.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan nilai *displacement* yang terjadi pada elastomer bearing perletakan SFT dengan melakukan analisa terhadap hasil pemodelan *finite element*. Disamping itu, penelitian ini juga akan menentukan tipe elastomer yang paling efektif untuk mengurangi respon struktur dari pembebanan hidrodinamik yang terjadi pada struktur SFT.

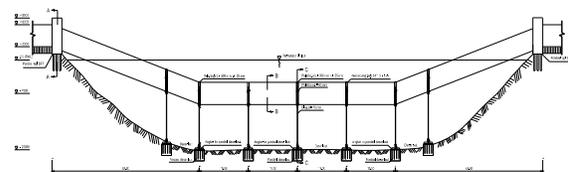
II. Metode Penelitian

Tesis ini dikerjakan dengan tahapan seperti diagram alir dibawah. Hal ini dimaksudkan agar nantinya dapat dikerjakan dengan fokus dan terarah. Berikut ini adalah diagram alir dan tahapan-tahapannya :

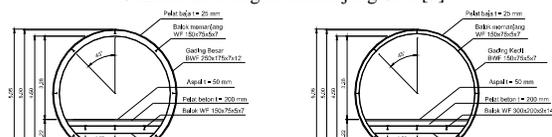


Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tesis

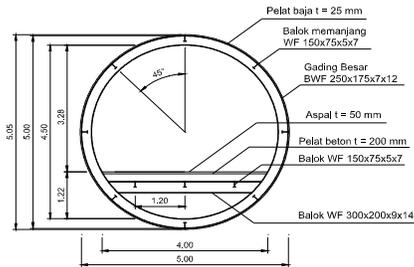
1. Potongan melintang dan memanjang SFT dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.Potongan memanjang SFT [5]



Gambar 3. Potongan B-B SFT [5]



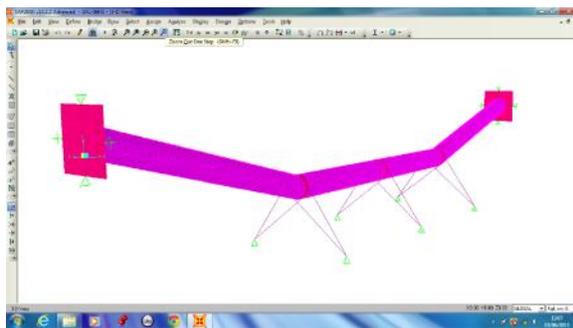
Gambar 4. Potongan Melintang Badan SFT [5]

Data dimensi, material, dan perairan gelombang menggunakan data dari model uji SFT yang telah diuji di laboratorium kelautan. Data-data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Struktur SFT [6]

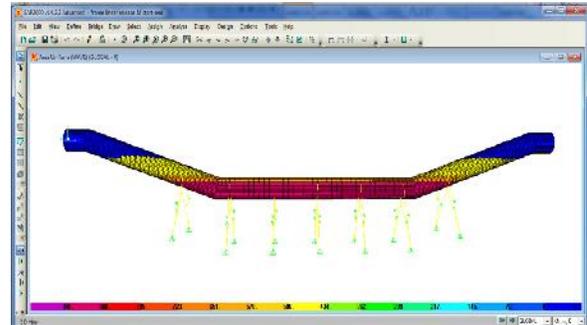
| Besaran | Proto type | Satuan | Model Uji | Satuan |
|------------------------|------------|--------|-----------|--------|
| Panjang keseluruhan, L | 150 | m | 1.5 | M |
| Diameter SFT, D | 5 | m | 0.05 | M |
| Massa SFT, m | 2834 | ton | 867 | gram |
| Gaya Apung, B | 1523 | ton | 3131.5 | gram |

Program SAP2000 digunakan untuk memperoleh respon dinamik dari perletakan yang terjadi pada koneksi ujung (*shore connection*) struktur SFT.

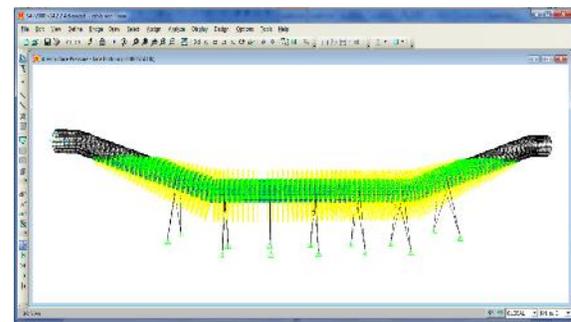


Gambar 5. Pemodelan SFT Program SAP 2000

Hasil input beban gelombang dan arus secara manual pada SAP 2000 dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 6. Hasil Input Beban Gelombang dan Arus Secara Manual pada SAP 2000 Pada Potongan Badan Tunnel



Gambar 7. Hasil input beban hidrostatis

Beban hidrostatis yang telah dimasukkan, sudah otomatis termasuk *gayabouyancy*. Karena selisih dari gaya ke atas dan ke bawah pada beban hidrostatis merupakan gaya *bouyancy*. Dari hasil analisa struktur SFT dengan SAP 2000 diperoleh tegangan pada pelat dinding, gaya aksial kabel, reaksi perletakan, displacement maksimum, dan natural frekuensi SFT seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Reaksi perletakan SFT

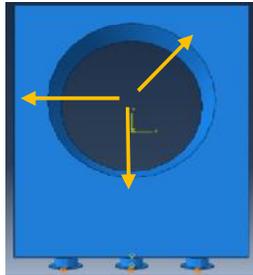
| KOMBINASI GAYA | Gaya F2 (ton) | Gaya F3(ton) |
|----------------|---------------|--------------|
| Kombinasi 1 | -293,7062 | -392,3665 |
| Kombinasi 2 | -294,0836 | -392,8369 |
| Kombinasi 3 | -279,6154 | -372,9589 |
| Kombinasi 4 | -279,974 | -373,4069 |

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisa terhadap SFT dengan menggunakan program SAP, dan didapatkan besarnya reaksi perletakan pada SFT seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Reaksi perletakan pada SFT

| Kombinasi | F (KN) | | |
|-----------|----------|----------|----------|
| | F1 | F3 | F2 |
| D+L+H+W | 844.7285 | 4902.177 | 1172.752 |
| D+H+W | 861.52 | 4969.186 | 1197.269 |
| D+H+L | 312.0889 | 1630.254 | 463.4155 |
| D+H | 338.7328 | 1738.254 | 512.4089 |

Dipakai kombinasi pembebanan kedua (D+H+W) karena merupakan beban maksimum



Gambar 8. Gaya Aksial dan Horizontal pada Perletakan SFT

Dari analisa SAP didapatkan: Gaya geser maksimum yang mampu dipikul tiap rubber adalah:

$$P_{max} (shear) = 1475.015 / 5 = 295 \text{ KN}$$

Dengan hasil perhitungan di atas, dapat ditentukan dimensi *rubber* yang dipakai dengan melihat tabel spesifikasi rubber dari *brigetone seismic isolation product*, antara lain sebagai berikut: $P_{max} (compress) = 1092.52 \text{ KN}$

$$P_{max} (shear) = 295 \text{ KN}$$

Maka, dipakai dimensi rubber 1300 mm (P compress = 19900 KN, P shear = 335 KN)

Data lainnya dari rubber dimensi 1300 mm yang dibutuhkan dalam perencanaan selanjutnya dirangkum dalam Tabel 4,5, 6, 7, 8 dan 9.

Tabel 4. Dimensi dan Karakteristik Rubber Bearing

| Karakteristik | Tipe Rubber | | |
|------------------------------------|-------------|------|------|
| | HRB | LRB | NRB |
| Outer diameter (mm) | 1300 | 1300 | 1300 |
| Inner diameter (mm) | 55 | 240 | 30 |
| Thickness of one rubber layer (mm) | 8.7 | 8.7 | 8.7 |
| Number of rubber layer | 23 | 23 | 30 |
| Total Rubber Thickness (mm) | 200 | 200 | 261 |
| Diameter of flange (mm) | 1700 | 1700 | 1700 |
| Thickness of Flange (mm) | 40 | 40 | 40 |
| Thickness of steel (mm) | 4.4 | 4.4 | 4.4 |

Tabel 5. Pembebanan pada SFT

| | | |
|----------------------------------|---|----------------------|
| Beban hidup UDL (qL) | = | 10.8 KN/m |
| Beban hidup KEL (P) | = | 49 kN/m |
| Tebal aspal (d) | = | 50 mm |
| Massa jenis aspal (y) | = | 2.2 T/m ³ |
| Lebar efektif (beff) | = | 1200 mm |
| Panjang bentang (L) | = | 5500 mm |
| Beban mati tambahan dari asphalt | = | 0.132 T/m |
| Tinggi gel. Signifikan (H) | = | 5.08 m |
| Periode gel. Signifikan (T) | = | 0.08 s |

Tabel 6. Hasil analisa kecepatan arus akibat angin [7]

| h(m) | y (m) | V _{c_{ow}} (m/s) | V _{c_w} (m/s) |
|------|-------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 21 | 0 | 1.2 | 0.00 |
| 21 | 2 | 1.2 | 0.11 |
| 21 | 4 | 1.2 | 0.23 |
| 21 | 6 | 1.2 | 0.34 |
| 21 | 8 | 1.2 | 0.46 |
| 21 | 10 | 1.2 | 0.57 |
| 21 | 12 | 1.2 | 0.69 |
| 21 | 14 | 1.2 | 0.80 |
| 21 | 16 | 1.2 | 0.91 |
| 21 | 18 | 1.2 | 1.03 |
| 21 | 20 | 1.2 | 1.14 |
| 21 | 21 | 1.2 | 1.20 |

Keterangan tabel :

h = Kedalaman laut dihitung pada saat pasang

y = Tinggi air laut dari seabed

V_{c_{ow}} = Kecepatan arus di permukaan laut

V_{c_w} = Kecepatan arus menurut kedalamannya dariseabed

Tabel 7. Hasil analisa kecepatan arus akibat angin [7]

| h(m) | y (m) | V _{c_{ow}} (m/s) | V _{c_w} (m/s) |
|------|-------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 21 | 0 | 1.2 | 0.00 |
| 21 | 2 | 1.2 | 0.11 |
| 21 | 4 | 1.2 | 0.23 |
| 21 | 6 | 1.2 | 0.34 |
| 21 | 8 | 1.2 | 0.46 |
| 21 | 10 | 1.2 | 0.57 |
| 21 | 12 | 1.2 | 0.69 |
| 21 | 14 | 1.2 | 0.80 |
| 21 | 16 | 1.2 | 0.91 |
| 21 | 18 | 1.2 | 1.03 |
| 21 | 20 | 1.2 | 1.14 |
| 21 | 21 | 1.2 | 1.20 |

Tabel 8. Hasil analisa kecepatan arus maksimum [7]

| y (m) | V _{current} (m/s) |
|-------|----------------------------|
| 0 | 0.000 |
| 2 | 0.972 |
| 4 | 1.175 |
| 6 | 1.346 |
| 8 | 1.503 |
| 10 | 1.651 |
| 12 | 1.794 |
| 14 | 1.932 |
| 16 | 2.069 |
| 18 | 2.202 |
| 20 | 2.335 |
| 21 | 2.400 |

Tabel 9. Tekanan Hidrostatik Akibat Air Laut [7]

| z | k(d-z) | cosh [k(d-z)] | cosh kd | H _w (m) | H _z (m) | γ (N/m ³) | ρ(N/m ²) |
|--------|--------|---------------|---------|--------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| 0 | 0.967 | 1.505 | 1.505 | 9.144 | 4.572 | 10055 | 45972.6 |
| 0.8775 | 0.924 | 1.459 | 1.505 | 9.144 | 5.309 | 10055 | 53379.5 |
| 2.5429 | 0.844 | 1.378 | 1.505 | 9.144 | 6.728 | 10055 | 67655.5 |
| 4.1654 | 0.766 | 1.308 | 1.505 | 9.144 | 8.138 | 10055 | 81826.3 |
| 5.0308 | 0.724 | 1.273 | 1.505 | 9.144 | 8.899 | 10055 | 89486.1 |
| 5.2725 | 0.712 | 1.264 | 1.505 | 9.144 | 9.113 | 10055 | 91637.6 |
| 5.7322 | 0.690 | 1.247 | 1.505 | 9.144 | 9.522 | 10055 | 95744.3 |
| 6.365 | 0.659 | 1.225 | 1.505 | 9.144 | 10.087 | 10055 | 101428.0 |
| 7.1089 | 0.623 | 1.201 | 1.505 | 9.144 | 10.756 | 10055 | 108154.4 |
| 7.8911 | 0.585 | 1.176 | 1.505 | 9.144 | 11.464 | 10055 | 115278.2 |
| 8.635 | 0.549 | 1.155 | 1.505 | 9.144 | 12.143 | 10055 | 122100.9 |
| 9.2678 | 0.519 | 1.138 | 1.505 | 9.144 | 12.724 | 10055 | 127940.6 |
| 9.7275 | 0.497 | 1.126 | 1.505 | 9.144 | 13.148 | 10055 | 132203.3 |
| 9.9692 | 0.485 | 1.120 | 1.505 | 9.144 | 13.371 | 10055 | 134451.4 |
| 11 | 0.435 | 1.096 | 1.505 | 9.144 | 14.330 | 10055 | 144091.0 |
| 12 | 0.387 | 1.076 | 1.505 | 9.144 | 15.268 | 10055 | 153522.1 |
| 14 | 0.290 | 1.042 | 1.505 | 9.144 | 17.167 | 10055 | 172613.5 |
| 16 | 0.193 | 1.019 | 1.505 | 9.144 | 19.095 | 10055 | 192002.8 |
| 18 | 0.097 | 1.005 | 1.505 | 9.144 | 21.052 | 10055 | 211683.2 |
| 20 | 0.000 | 1.000 | 1.505 | 9.144 | 23.038 | 10055 | 231650.8 |

III. Hasil Dan Pembahasan

Pertama-tama untuk mengetahui pada arah mana displacement maksimum yang terjadi, apakah arah X, Y atau Z maka perlu dibandingkan nilai U1, U2 dan U3 dari elastomer. NRB dipilih sebagai tipe elastomer yang dibandingkan nilai displacementnya sebab NRB memiliki nilai tegangan maksimum. Lebih jelasnya nilai displacement yang terjadi pada tipe NRB dapat dilihat pada Tabel 10.

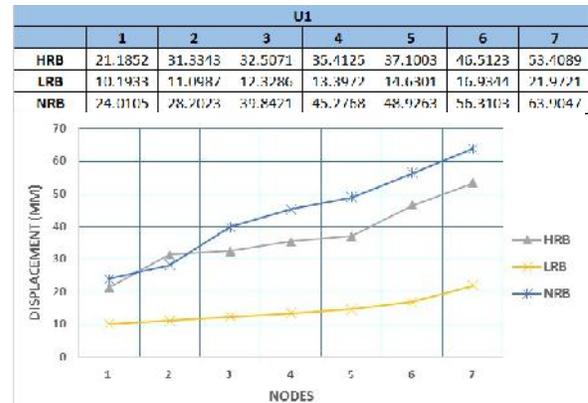
Tabel 10. Displacement pada tipe elastomer NRB

| | NRB | | | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| U3 | 4.46793 | 5.80057 | 6.54714 | 7.28213 | 11.7606 | 13.6598 | 19.2674 |
| U2 | 2.69866 | 2.83012 | 5.10753 | 6.7036 | 8.92442 | 8.99119 | 14.0279 |
| U1 | 31.1852 | 31.3343 | 32.5071 | 35.4125 | 37.1003 | 46.5123 | 53.4089 |

Dari tabel di atas tampak bahwa displacement maksimum terjadi pada arah X,

yaitu arah sejajar elastomer. Arah X dipengaruhi oleh gaya aksial yang bekerja pada elastomer. Berikutnya lalu diambil nilai U1 dari ketiga tipe elastomer untuk diketahui perbandingan nilai displacement diantara ketiganya. Lebih jelasnya perbandingan nilai displacement yang terjadi antara ketiga tipe elastomer dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.

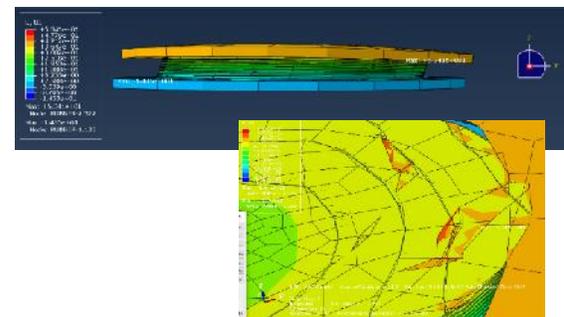
Tabel 4.14 Perbandingan displacement pada ketiga tipe elastomer



Gambar 9. Grafik perbandingan nilai displacement pada ketiga tipe elastomer

Dari perbandingan nilai displacement yang terjadi antara ketiga tipe elastomer, tipe NRB menyebabkan displacement paling besar, yaitu sebesar 63.9047 mm. Sementara besarnya displacement pada tipe LRB sebesar 21.9721 mm, sedangkan pada tipe HDRB terjadi displacement sebesar 53.4089 mm.

LRB didesain sangat kaku dan kuat diarah vertikal dan lentur diarah horizontal sehingga beban vertikal dan lateral yang kecil bisa didukung tanpa menimbulkan displacement yang berarti.



Gambar 10. Displacement Maksimum pada Elastomer tipe NRB

VI. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini diambil berdasarkan analisa terhadap tiga tipe rubber bearing pada hasil output pemodelan elastomer untuk struktur Submerged Floating Tunnel (SFT). Berikut kesimpulan yang di dapat:

1. Natural Rubber Bearing (NRB) menunjukkan nilai maksimum pada tegangan dan displacement yang terjadi. Hal ini karena NRB adalah jenis seismic isolation yang paling sederhana dan menggunakan tipe karet standar. Walau memiliki *restoring force* yang baik namun NRB memiliki nilai equivalent damping ratio yang rendah (2%-3%)
2. High Damping Rubber Bearing (HDRB) memiliki kekakuan horizontal yang relatif kecil dengan damping ratio yang tinggi, sehingga perpindahan yang terjadi relatif kecil dibanding pada NRB.
3. Lead Rubber Bearing (LRB) merupakan tipe seismic isolation yang disarankan untuk diterapkan pada struktur perletakan SFT karena memiliki lead (perunggu) di bagian tengah yang berfungsi sebagai tempat penyerapan energi sehingga mampu mengurangi gaya yang bekerja dan meminimalkan terjadinya perpindahan.

Saran yang dapat diberikan pada penelitian tentang perletakan elastomer pada struktur Submerged Floating Tunnel (SFT) ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan perhitungan manual dengan menggunakan BMS (Bridge Management System) untuk memferifikasi output dari program Abaqus.
2. Perlu adanya analisa lanjut terhadap pemodelan Abaqus untuk mengkombinasikan elastomer rubber bearing tipe Natural Rubber Bearing (NRB) dengan elastomer tipe lain dalam satu struktur, misal tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB) ataupun Lead Rubber Bearing (LRB) agar penerapan prinsip isolator pada SFT dapat diketahui lebih detail
3. Perlu analisa lebih lanjut terhadap pemodelan dengan Abaqus untuk beban arus dan gelombang yang dinamis, agar beban arus dan gelombang dapat langsung diterima oleh

element-elemen elastomer baik rubber maupun steel.

4. Perlu dilakukan studi dengan parameter yang lain sehingga data pembanding dari model uji bisa dikaji lebih banyak sehingga validasi perilaku model uji dan analisa numerik lebih variatif.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada keluarga, teman-teman, pembimbing dan seluruh pihak yang membantu hingga penelitian ini bisa diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Aspar, Wimpie Agoeng N., Prijo Utomo, Djoko., Hendriyawan, Alternatif Pondasi Terowongan Layang Dalam Laut Untuk Prasarana Transportasi, *Institute Teknologi Bandung, 2010*
- [2] Mazzolani, F. M., Landolfo, Raffaele., Faggiano, Beatrice., Esposito, Matteo, A Submerged Floating Tunnel (Archimedes Bridge) prototype in the Qiandao Lake (PR of China): research development and basic design, *Department of Structural Engineering, University of Naples "Federico II", Naples, Italy 2007*
- [3] Jacobsen B., Design of Submerged Floating Tunnel Operating Under Various Condition, *ScienceDirect.com, 2010*
- [4] SNI 3967:2008 Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan, *Badan Standar Nasional 2008*
- [5] Suswanto, Budi., Wahyuni, Endah., Pengaruh Snap Loading Kabel Pada Respon Dinamik Struktur Submerged Floating Tunnels Akibat Beban Hidrodinamik Pada Perairan Dangkal, *Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Institute Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2015*
- [6] Wahyudi, Agus., Studi Permodelan Perletakan Ujung (*Shore Connection*) Pada Submerged Floating Tunnel ((SFT), *Institute Teknologi Sepuluh November Surabaya, 2014*
- [7] Komara, Indra, Studi Konfigurasi Posisi Kabel Submerged Floating Tunnel, *Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2014*