

Perencanaan Alat Ukur Clearance Untuk Main Rotating Bearing (Mrb) Pada Single Point Mooring (Spm)

Anastas Rizaly¹, Rio Ferdi Wiratama Putra², Ponidi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya,
Jl. Raya Sutorejo No. 59 Surabaya – Jawa Timur, 60113
Email: ¹anastasrizaly@ft.um-surabaya.ac.id

Submitted Date: November 23, 2022

Reviewed Date: December 01, 2022

Revised Date: December 12, 2022

Accepted Date: December 31, 2022

Abstract

Single Point Mooring (SPM) or what we often call about Single Buoy Mooring (SBM) is a floating buoy anchored offshore which is a means of mooring a tanker at sea, which also functions as a channel for liquid cargo such as petroleum products from or to a tanker. It is located a few kilometers from the offshore facility and a connected using subsea and subsea pipe lines. Due to the critical need for sea transportation in liquid and gaseous cargo, SPM must be good performance and ready to operate. MRB as the main source of energy is very important, if there is damage to MRB it will have an impact on decreasing operational productivity. So to prevent damage to the Main Rotating Bearing (MRB), it is necessary to check the clearance on the bearing every 5 years. To make it easier to retrieve clearance measurement data, a tool design is made. After the jack load process was carried out on the MRB with the tools, the result of the clearance measurement was 0.03 mm, while the maximum clearance measurement according to the SPM maintenance regulation was 0.1 mm. From the results of the measurement, the clearance is still within the standard limit or stated in good condition.

Keywords: SPM, MRB, clearance, jack load, bearing.

Abstrak

Single Point Mooring (SPM) atau sering disebut dengan Single Buoy Mooring (SBM) merupakan Buoy terapung yang berlabuh di lepas pantai sebagai sarana bertambatnya kapal tanker di laut dan juga berfungsi untuk menyalurkan muatan cair seperti minyak bumi dari atau ke kapal tanker. Terletak pada jarak beberapa kilometer dari fasilitas offshore dan terhubung menggunakan sub-sea dan jalur pipa bawah laut. Dikarenakan kebutuhan yang sangat penting untuk transportasi laut dalam muatan cair dan gas, SPM dalam beroperasi dikondisikan dalam keadaan baik dan siap sewaktu-waktu. MRB sebagai sumber tenaga utama yang sangat penting, apabila mengalami kerusakan pada MRB, maka akan berdampak pada menurunnya produktifitas operasi. Oleh karena itu untuk mencegah adanya kerusakan pada Main Rotating Bearing (MRB) diperlukan pengecekan clearance pada bearing setiap 5 tahun sekali. Untuk mempermudah mengambil data ukur clearance, maka dibuatkan desain alat bantu. Setelah dilakukan proses jack load pada MRB dengan alat bantu didapatkan hasil ukur clearance yaitu 0,03 mm, sedangkan pada batasan maksimal ukur clearance sesuai dengan regulasi pemeliharaan SPM adalah 0,1 mm. dari hasil pengukuran clearance tersebut masih dalam batas standar atau dinyatakan masih dalam kondisi baik.

Kata kunci: SPM, MRB, clearance, jack load, bearing.

I. Pendahuluan

Single Point Mooring (SPM) sering disebut *Single Buoy Mooring (SBM)* merupakan *Buoy* terapung yang berlabuh di lepas pantai digunakan sebagai sarana tambat kapal tanker pada saat di laut dan juga berfungsi sebagai penyalur minyak bumi dari atau ke kapal tanker. SPM digunakan di area fasilitas *loading* dan

unloading muatan cair tidak tersedia. Terletak pada jarak beberapa kilometer dari fasilitas *offshore* dan terhubung menggunakan *sub-sea* dan jalur pipa bawah laut, fasilitas SPM ini bahkan dapat menangani kapal dengan kapasitas besar seperti VLCC. *Single Point Mooring* juga berfungsi sebagai penghubung antara fasilitas darat dan tanker untuk memuat atau

membongkar muatan cair dan gas (Boo & Shelley, 2021).

Jenis SPM yang banyak digunakan diantaranya adalah *Turre*, *Catenary Anchor Leg Mooring*, *Single Anchor leg Mooring*, *Vertical Anchor Leg Mooring* dan *Single Point Mooring Tower*, tetapi jenis SPM yang paling digunakan yaitu jenis *Catenary Anchor Leg Mooring (CALM)* (Eghbali et al., 2018).

Pada sistem CALM *buoy* terdiri dari sebuah *large buoy* yang didukung beberapa *catenary chain leg* yang tertambat di dasar laut. Sistem CALM *buoy* terdapat *hawser* yang menghubungkan antara kapal dan *buoy*. Dan juga terdapat *riser* yang berada di bawah *buoy* tersebut. Sistem kerja CALM *buoy* melalui *raiser* menyalurkan minyak dari atau ke kapal tanker yang ditambatkan melalui *floating hoses* (Susatyo, 2016).

Beberapa manfaat utama menggunakan SPM adalah kemampuan menangani kapal ekstra besar, tidak memerlukan kapal untuk datang ke pelabuhan, sehingga menghemat bahan bakar dan waktu, apal dengan *draft* tinggi dapat ditambatkan dengan mudah (Kelautan, 2015).

Dikarenakan kebutuhan yang sangat penting pada bidang transportasi laut dalam muatan cair dan gas, SPM sebaiknya harus dalam kondisi yang baik dan selalu siap untuk beroperasi. Kelancaran pengoperasian sangat ditunjang oleh kondisi komponen utama yang prima atau disebut juga *Main Rotating Bearing (MRB)* dan pesawat bantu yang lain. MRB sebagai sumber tenaga utama yang sangat penting, apabila terjadi kerusakan pada MRB akan berpengaruh pada turunnya produktifitas operasi, dan hingga terjadi pengeluaran biaya yang tidak terduga. Maka untuk mencegah adanya kerusakan pada MRB di perlukan pengecekan *clearance* pada *bearing* setiap 5 tahun sekali. Dalam hal ini perusahaan mempunyai panduan untuk melaksanakan perawatan dan perbaikan pada saat *docking*. Pemilik kapal tidak ingin armada mengalami gangguan dalam menunjang operasional dan rutin

melaksanakan perawatan, perbaikan dan pergantian suku cadang (*spare part*) sangatlah penting (Utama & Aryawan, 2016).

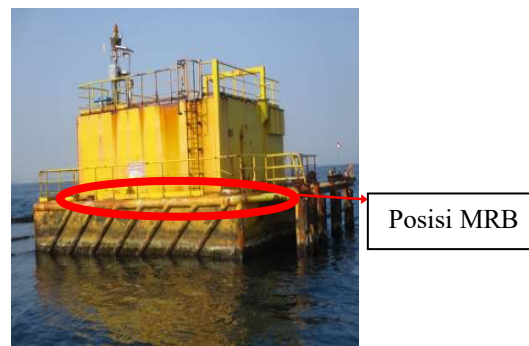
Penelitian dilakukan bagaimana desain alat untuk pengukuran *clearance* MRB dan berapa hasil ukur *clearance* pada bearing, untuk mencegah kerusakan pada *Main Rotating Bearing (MRB)*. Material yang digunakan untuk pengujian hanya menggunakan plat ASTM A36 tebal 30 mm dan beban yang diuji hanya 3 ton & 5 ton.

II. Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan melakukan pengumpulan data berupa pencatatan peristiwa, keterangan dan karakteristik sebagian atau keseluruhan dari bagian populasi yang menunjang penelitian. Untuk keperluan analisa data, diperlukan sejumlah data pendukung baik dari dalam maupun di luar proyek SPM TPPI Tuban.

SPM PT TPPI ini bertipe *turret* buatan *bluewater*. SPM ini dibuat pada tahun 2005 dengan ukuran utama sebagai berikut :

- *Buoy body* (panjang x lebar): 10 m x 10 m.
- *Buoy body* (tinggi): 8.2 m.
- *Buoy fender* (panjang terluar x lebar terluar): 14 m x 14 m.
- *Floating hose connection*: 20 inch.
- *Submarine hose connection*: 20 inch.
- *Chain stopper*: 6 anchor – 3 posisi



Gambar 1. SPM TPPI Tuban

Main bearing (metal duduk) adalah bantalan yang terletak pada blok mesin yang merupakan tumpuan utama bagi *crankshaft* pada saat berputar dan metal ini hanya duduk diam di blok mesin. *Main bearing* berfungsi untuk:

1. Menahan agar tidak terjadi lendutan.
2. Mencegah gesekan antara logam dengan logam, maka diperlukan pelumas agar tidak terjadi gesekan yang terlalu besar. Bila terlalu rapat, bearing tidak akan berfungsi, karena terjadi gesekan. Dan bila terlalu longgar, maka bantalan tidak berfungsi. Jadi harus ada clearance yang pas.



Gambar 2. Main Rotating Bearing (MRB)

Jack load adalah pengukuran *axial clearance* pada *main bearing*. Nilai *jack load* yang melebihi standar mempunyai indikasi bahwa *main bearing* telah mengalami keausan, sehingga sudah tidak layak digunakan lagi (Göncz et al., 2011). Besarnya *clearance* yang diijinkan untuk jenis bearing tipe “*roller bearing slewing ring*” merk *ROTHE ERDE* yang lazim digunakan pada seluruh SPM Pertamina dan hampir sebagian besar SPM di dunia adalah sebagai berikut Tabel 1.

Peralatan *jack load* :

- *Hydraulic jack* cap. 50 ton (1 unit)
- *Dial Gauge* – ketelitian minimum 0,01 mm (2 unit)
- *Special tool* (1 unit)
- Kayu balok (secukupnya)

Tahap pengujian *jack load* (pengujian harus dilakukan pada saat air laut tenang):

1. Tandai 4 titik di area *main bearing* pada sudut 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315°
2. Tempatkan *dial gauge* pada posisi 0° di area *main bearing* (sedekat mungkin dengan *main bearing*)
3. Pasang *hydraulic jack* dan *special tool* pada posisi 180°
4. Setting *dial gauge* pada posisi nol sebelum *hydraulic jack* dinaikkan.
5. Terapkan gaya momen maksimum pada *main bearing* dengan menaikkan *hydraulic jack* secara bertahap pada beban 5 ton, 10 ton, 15 ton sampai 50 ton.
6. Catat besarnya *clearance* yang terbaca pada *dial gauge*
7. Lakukan cara yang sama pada titik lainnya
8. Dicatat hasilnya.

III. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran *clearance* ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui hasil Axial Clearance MRB yang memuaskan untuk SPM, dan menurut SBM – 400T Main Roller Bearing Specification Data Sheet untuk maksimal axial clearance adalah 0,1 mm.

Tabel 1. Standar *clearance main bearing*

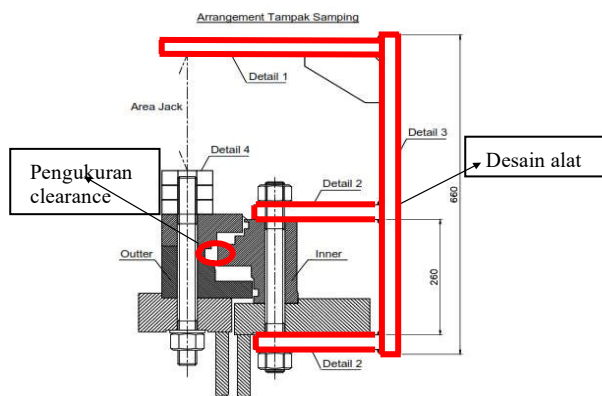
Measuring method	Roller diameter mm													
	16	20	25	28	32	36	40	45	50	60	70	80	90	100
	Permissible Increase in bearing clearance mm													
Axial reduction measurement		0.4			0.6				0.8		1.0		1.2	
Titling clearance measurement		0.7			1.0				1.4		1.75		2.1	

Tabel 2. hasil *Axial Clearance* MRB :

No.	<i>Axial clearance</i> (mm)	TYPE BEARING
1	0.03	<i>THREE-RACE ROLLER BEARING</i>

Dilihat dari hasil pengukuran 0,03 mm dan dibandingkan dengan data dari regulasi pemeliharaan SPM dari Pertamina yaitu untuk maksimal adalah 0,1 mm, jika melebihi maximal clearance yang ditentukan harus dilakukan overhaul bearing. Maka dilihat dari hasil diatas dapat disimpulkan hasil *Axial Clearance* masih baik (Miguel, 2018).

Untuk menentukan nilai axial clearance, maka diperlukan suatu alat bantu. Alat bantu tersebut bertujuan untuk mencekam MRB dan sebagai dudukan hidrolik jack. Tanpa alat bantu tersebut maka akan kesulitan untuk dilaksanakan proses jack load. Tanpa alat bantu tersebut maka akan kesulitan untuk melakukan proses jack load, karena hidrolik jack perlu adanya suatu tumpuan sebagai stopper. Dan stopper tersebut bisa menyebabkan rusaknya pada bearing karena tidak kuat menahan beban (Ramadan & Budijono, 2018). Alat bantu tersebut menggunakan plat yang didesain sedemikian rupa sehingga menjadi desain seperti berikut :



Gambar 3. *Arrangement jack load* saat pengujian dengan alat bantu.

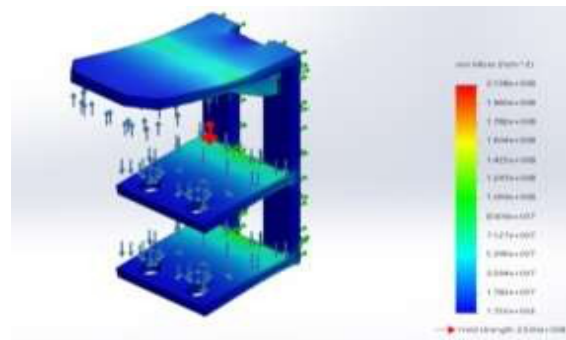
Pengujian material Alat Perencanaan dengan beban 3 ton

Setelah penggambaran bentuk model benda dengan dimensi yang sesuai, penerapan material bahan konstruksi, dan menentukan tata letak tumpuan beban, langkah berikutnya melakukan mesh and run, yaitu model yang dibuat bisa dilakukan simulasi pengujian.

Tabel 3. Data Pengujian *Jack Load* dengan beban 3 ton.

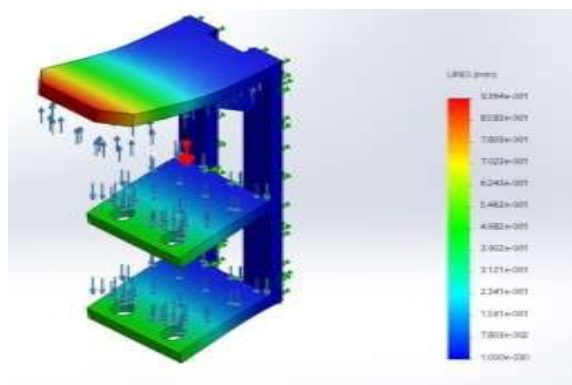
Nama Beban	Gambar Beban	Detail Beban
Beban 1		Entitas: 3 permukaan Jenis : Terapkan gaya normal Nilai: 30000 N

Tegangan adalah gaya yang bekerja pada suatu luasan yang terdiri dari bermacam besaran dan arah. Bila luas permukaan sempit tapi gaya tetap, maka tegangan semakin besar. Nilai tegangan terbesar ditunjukkan pada gradiasi warna yang paling merah, kemudian kuning, hijau dan biru muda. Gradiasi warna tersebut merupakan area dengan tegangan sedang. Pada pengujian *jack load*, tegangan terbesar senilai 2.138 N/mm².



Gambar 4. Hasil pengujian tegangan.

Displacement adalah perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya. Dalam hal ini melengkung atau mengalami deformasi. Deformasi terjadi apabila bahan mengalami gaya. Pada saat deformasi, bahan menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja. Apabila gaya bekerja meskipun kecil, maka benda akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran. Perubahan ukuran secara fisik ini disebut deformasi. Deformasi elastis adalah deformasi yang terjadi akibat adanya beban, bila beban dihilangkan, maka material akan kembali seperti bentuk dan ukuran yang semula, dan bila bebannya dihilangkan, maka material akan kembali seperti bentuk dan ukuran yang semula. Sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang bersifat permanen dan bila bebannya dihilangkan atau dilepas. Bagian yang mengalami deformasi dari konstruksi ini adalah daerah yang berwarna merah. Karena pembebanan yang dilakukan, maka displacement sebesar 9.364 N/mm² dimungkinkan terjadi.

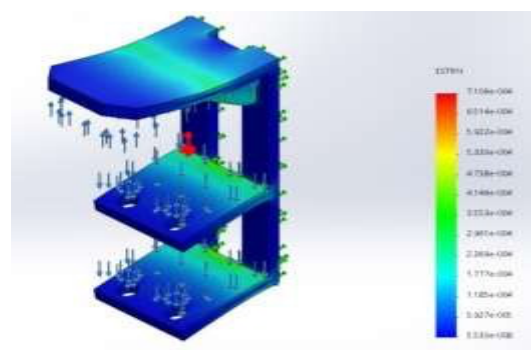


Gambar 5. Hasil pengujian *displacement*.

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang atau displacement dengan antara pertambahan panjang atau displacement (ΔL) terhadap panjang mula-mula (L_0). Regangan biasanya mempunyai simbol (ϵ) dan tidak mempunyai satuan. Dalam analisa regangan yang dilakukan, hasilnya seperti yang terlihat pada gambar 7. Regangan sebesar 7.106 N/mm².

Pada hukum Hooke menjelaskan terjadinya hubungan yang linier atau

proporsional antara tegangan dan regangan pada suatu material. Perbandingan antara tegangan dan regangan suatu bahan material disebut modulus elastisitas atau modulus young. Besar pertambahan panjang yang terjadi tergantung pada elastisitas material dan seberapa besar gaya yang bekerja. Semakin elastis sebuah benda, maka semakin mudah benda tersebut untuk dipanjangkan atau dipendekkan. Jadi makin besar gaya yang bekerja pada suatu benda, maka semakin besar pula tegangan dan regangan yang terjadi pada benda tersebut. (Wulandari et al., 2021).




Gambar 6. Hasil pengujian regangan.

Pengujian Material Alat Perencanaan dengan beban 5 ton

Setelah penggambaran sket model benda dengan dimensi yang sesuai, dengan cara yang sama simulasi pengujian dengan diperoleh data dibawah ini.

Tabel 4. Data Pengujian *Jack Load* dengan beban 5 ton.

Nama Beban	Gambar Beban	Detail Beban
Beban 1		Enitas: 3 permukaan Jenis: Terapkan gaya normal Nilai: 50000 N

Perbandingan Hasil Analisis

Tabel 5. Hasil analisa pengujian beban 3 ton dan 5 ton.

Hasil analisis	Beban 3 ton	Beban 5 ton
<i>Stress (N/mm²)</i>	2.138	≥ 2.500
<i>Displacement (mm)</i>	0.9364	1.565
<i>Strain (mm)</i>	0.0007106	0.001188

Untuk sifat material dapat dilihat pada tabel berikut ini (Michael & Esther, 2018) :

Tabel 6. Sifat material ASTM A36 Steel

Property	ASTM A36 Steel
Elastic Modulus	2e+011 N/m ²
Poison's Ratio	0.26
Shear Modulus	7.93e+010 N/m ²
Mass Density	7850 kg/m ³
Tensile Strength	4e+008 N/m ²
Yield Strength	2.5e+008 N/m ²

Dari hasil analisis di atas mendapatkan suatu hasil perbandingan antara beban 3 ton dengan beban 5 ton dengan jenis material sama yaitu ASTM A36 Steel diperoleh perbandingan *stress* (tegangan), *displacement*, dan *strain* (regangan).

IV. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses jack load pada Main Rotating Bearing (MRB) dengan alat bantu maka didapatkan hasil ukur clearance yaitu 0,03 mm, sedangkan pada batasan maksimal ukur clearance sesuai dengan regulasi pemeliharaan SPM dari PERTAMINA adalah 0,1 mm. Maka dari hasil pengukuran clearance tersebut masih dalam batas standar atau dinyatakan masih kondisi baik. Karena jika melebihi batas maksimal 0,1 mm, maka perlu dilakukan overhaul pada bearing tersebut.

Untuk mempermudah mengambil data ukur clearance, maka dibuatkan desain alat bantu sesuai pada gambar 3. Karena

tanpa alat bantu tersebut selama ini proses untuk melakukan pengambilan ukur clearance atau jack load cukup kesulitan. Selama ini proses jack load perlu dibuatkan dulu stopper pada bagian SPM untuk tumpuan beban jack load.

Dari hasil pengujian benda tersebut menggunakan solid work, dengan beban 3 ton dan 5 ton. Maka didapatkan hasil analisa pada beban 5 ton, nilai tegangan (stress) benda tersebut telah melebihi batas nilai titik stress pada material yang digunakan.

Daftar pustaka

- Boo, S. Y., & Shelley, S. A. (2021). *WEC Platform*.
- Eghbali, B., Daghigh, M., Daghigh, Y., & Azarsina, F. (2018). Reliability Analysis of Single Point Mooring (SPM) System under Different Environmental Conditions. *International Journal of Maritime Technology*, 9(1), 41–49. <https://doi.org/10.29252/ijmt.9.41>
- Göncz, P., Potocnik, R., & Glodež, S. (2011). Load capacity of a three-row roller slewing bearing raceway. *Procedia Engineering*, 10, 1196–1201. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.199>
- Kelautan, F. T. (2015). *Analisa Teknis Dan Ekonomis Floating Terminal Technical and Economical Analysis of*.
- Michael, C. A., & Esther, T. A. (2018). Modelling of A36 steel plate dynamic response to uniform partially distributed moving iron load using differential transform method. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018(SEP), 2116–2123.
- Miguel, I. H. (2018). *Four-point contact slewing bearings for wind turbines: advances in structural modelling and friction torque calculation*. 2018(February).
- Ramadan, R., & Budijono, A. P. (2018). RANCANG BANGUN MODIFIKASI

HYDRAULIC JACK MANUAL
MENJADI ELCTRIC Rizky Ramadan.
Jrm, Volume 04, 63 – 69.

Susatyo, B. (2016). *Analisis Risiko Kerusakan pada Mooring System SPM (Single Point Mooring) 035 Pertamina TBBM Tuban*. 97.

Utama, D., & Aryawan, W. D. (2016). Pengkajian Teknologi Baru Bentuk Lambung Octagonal Spm (Single Point Mooring) Dengan Prosedur Technology Qualification. *Kapal*, 13(1), 19–31.
<https://doi.org/10.12777/kpl.13.1.19-31>

Wulandari, A. I., Alamsyah, & Agusty, C. L. (2021). *Ro-Ro Menggunakan Finite Element Method*. 15, 45–52.