

Perancangan Dudukan Motor Circulating Water Pump (CWP) Menggunakan Metode Elemen Hingga

Muhammad Iskandar^{1*}, Mohamad Hakam¹, dan Heroe Poernomo²

^{1*} Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, ITS Jl. Teknik Kimia, Surabaya, 60111, Indonesia

² Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, ITS Jl.

Teknik Kimia, Surabaya, 60111, Indonesia

e-mail: miskandar@student.ppns.ac.id

Abstract

PT X. which is engaged in fabrication, has a CWP motor mount fabrication project with static and dynamic loads of 28,117 Kg. The design is carried out with a structural strength analysis intended to calculate the maximum moment, von mises stress, and deflection. This can affect the productivity of the company. This study aims to determine the value of von mises stress that occurs below the allowable stress. With manual calculation, the maximum von mises stress value on the CWP structure is 32.094 Mpa with a maximum deflection value of 0.323 mm. The maximum von mises stress value of manual calculation is below the permit stress and meets the permit stress requirement with a value of 100 Mpa. So the designed holder is categorized as very good.

Keywords: Finite Element Method, motor circulating water pump (CWP), design, von mises stress.

Nomenclature:

SWL	:	Safety Working Load
σ	:	Tegangan
σ_v	:	Tegangan Von Mises
r	:	Tegangan Geser
E	:	Modulus Elastisitas
I _x	:	Momen Inersia
M _{max}	:	Momen Bending
q	:	Berat dalam satuan jarak
L	:	Panjang Balok
Z _x	:	Modulus Penampang
δ	:	Defleksi

1. Pendahuluan

PT. X. adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa fabrikasi dan services pembangkit listrik, perusahaan tersebut memproduksi komponen pembangkit listrik seperti evaporator, superheater, reformer, co-boiler, steel structure, dan ducting, serta melayani jasa pemasangan komponen pada pembangkit listrik. Proses fabrikasi berlangsung di bengkel yang meliputi proses marking, cutting, fit-up, welding, painting dan finishing.

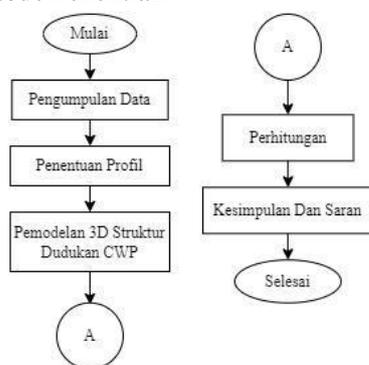
PT. X. mendapat pesanan pengerjaan fabrikasi dudukan motor CWP dengan bobot 22.950 Kg. Dimensi motor CWP berbeda dengan sebelumnya. Dengan adanya hal tersebut, harus segera dilakukan perancangan untuk dudukan motor pada CWP agar proses fabrikasi segera terlaksana. Didalam perancangan beris pemodelan dan analisis yang bertujuan untuk memenuhi spesifikasi fungsional. Pada penelitian ini akan membahas pemodelan dan analisis dudukan motor tersebut, dengan data yang telah diambil dari PT. X. Data yang diambil meliputi spesifikasi motor dan kondisi yang ada pada pondasi. Kondisi awal (existing) pada lapangan berupa pondasi beton. Dengan tujuan hasil dari penelitian ini akan dijadikan referensi fabrikasi dudukan motor pada CWP agar berjalan sesuai dengan spesifikasi fungsional dan dudukan tersebut mampu menopang beban yang diberikan oleh motor CWP disaat beroperasi.

Nilai tambah yang bisa didapatkan dengan adanya dudukan motor CWP paling utama adalah meredam getaran yang dihasilkan oleh motor disaat beroperasi dan pada kondisi maintenance bagian yang dilepas hanya dudukan motor, sedangkan motor masih melekat pada struktur dudukan dan kaki pada motor tidak mengalami cacat akibat dari maintenance. Dengan kondisi awal (existing) berupa beton pada peletakan motor CWP, adanya struktur dudukan motor CWP diharapkan dapat mengurangi getaran dan mempermudah proses maintenance.

Struktur pada dudukan pompa motor CWP akan dirancang, kemudian akan dilakukan perhitungan manual tegangan von mises yang akan divalidasi dengan nilai tegangan ijin.

Circulating Water Pump (CWP) adalah komponen PLTU pada sistem Cooling Tower yang berfungsi untuk memompakan air pendingin utama dari Cooling Tower menuju kondensor, air ini bertujuan untuk mengkondensasikan uap hasil ekstraksi turbin untuk diubah menjadi air kondensat kembali. Apabila performa pompa mengalami penurunan, maka jumlah uap yang dapat dikondensasikan menjadi cair kembali mengalami penurunan. Sehingga biaya produksi akan meningkat akibat air kondensat yang ditambahkan lebih banyak dan efisiensi siklus Rankine semakin menurun. Siklus rankine sendiri adalah sebuah siklus termodinamika T- S (Temperature – Entropy) yang secara umum dapat melihat kondisi fluida terhadap setiap perubahan temperaturnya.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan

Adapun langkah kerja dalam penelitian ini untuk mencapai penyelesaian dalam menyelesaikan masalah dan mendapatkan hasil yang baik digunakan metodologi penelitian sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data
Pengumpulan data yang di peroleh secara langsung di PT. X. Berapa ukuran, material, dan berat pembebanan yang diberikan pada dudukan motor CWP.
2. Penentuan Profil
Tahap ini dimulai dengan menentukan profil H- beam yang akan digunakan pada dudukan.
3. Pemodelan 3D Struktur Dudukan CWP
Analisa Pada pemodelan 3D dudukan motor CWP ini melalui beberapa tahap, antara lain:
 1. Desain komonen untuk dudukan motor CWP.
 2. Pemodelan gambar 3D menggunakan software fusion 360 st, agar dapat mudah diketahui saat proses analisis.
4. Perhitungan
Perhitungan berupa kekuatan / tegangan struktur pada komponen dudukan motor CWP dengan metode elemen hingga. Pembahasan terhadap hasil analisis struktur statis, dilakukan untuk mengetahui perubahan pada model yang bersifat structural seperti tegangan von mises dan difleksi.
5. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini dilakukan untuk pengambilan kesimpulan dari perhitungan dan analisis yang dilakukan dengan perhitungan manual. Saran-saran yang ada akan dimasukkan dalam tugas akhir ini guna penelitian lebih lanjut.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Data

Perencanaan pondasi mesin yang baik memerlukan data-data penunjang yang digunakan untuk mengetahui sifat-sifat pembebanan pada pondasi mesin. Data penunjang tersebut antara lain adalah data motor CWP & data spesifikasi dudukan pompa motor yang menunjang untuk membantu penyelesaian perhitungan. Adapun data yang digunakan penyelesaian perhitungan dudukan mesin ini adalah sebagai berikut:

3.1.1 Motor Listrik

- Tipe Produk : 3A/B Motor
- Berat Mesin : 22.950 Kg
- Massa Stator : 11.490 Kg
- Massa Rotor : 5.850 Kg Motor Speed Full Load : 1787 rpm
- Square flange motor : 2510 mm x 2510 mm

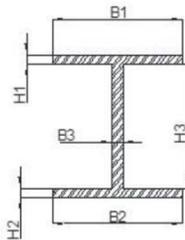
3.1.2 Permintaan dimensi dudukan motor

- Panjang Penampang : 4670 mm
- Lebar Penampang : 4350 mm
- Tinggi dari Penampang : 720 mm

3.2. Pembuatan Konsep Desain

Dalam menentukan desain sebuah balok profil dudukan motor CWP terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan agar terciptanya desain yang layak untuk diimplementasikan atau digunakan diantaranya adalah.

3.2.1 Perencanaan dimensi dudukan pompa CWP



Gambar 2. Profil Dudukan CWP

Menentukan kondisi pendukung yang terjadi pada dudukan motor yang direncanakan.

Panjang Penampang = 4670 mm

Lebar Penampang = 4350 mm

Tinggi dari Penampang = 720 mm

Dengan nilai kekuatan material sebagai berikut. Material yang digunakan= ASTM A36

Yield strength = 250 N/mm² Modulus elastisitas (E) = 200.000 N/mm²

Konstruksi profil main girder yang direncanakan menggunakan profil H.

Dengan rincian dimensi profil main girder yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Dimensi Profil Dudukan Motor CWP

Bagian	Ukuran	Bagian	Ukuran
B1	300	H1	15
B2	300	H2	15
B3	10	H3	270

Setelah menentukan dimensi setiap profil yang terpilih selanjutnya akan mencari titik berat dari luas, dan momen statis profil main girder.

Dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 2. Dimensi Profil Dudukan Motor CWP

Bagian	B	H	Titik Berat		Luas
	(mm)	(mm)	X	Y	(A)
			mm	mm	mm ²
Top Plate (1)	300	15	150	285	4500
Bottom Plate (2)	300	15	150	7,5	4500
Web Plate (3)	10	270	150	150	2700
Total					11700

Ringkasan momen statis dengan rincian hasil pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Momen Statis Profil H

Bagian	Momen Statis	
	X . A (mm ²)	Y x A (mm ²)
Top Plate (1)	675000	1282500
Bottom Plate (2)	675000	33750
Web Plate (3)	405000	405000
Total	1755000	1721250

Akumulasi nilai titik berat pada sumbu x dan y.

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\sum(x \cdot A)}{\sum A} \\
 &= \frac{1755000}{11700} \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 Y &= \frac{\sum(y \cdot A)}{\sum A} \\
 &= \frac{1721250}{11700} \\
 &= 147,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung momen inersia. $I_x = \frac{1}{12} \times B \cdot H^3$

Dengan rincian hasil Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Perhitungan Momen Inersia

Section Index	Momen Inersia Profil		Momen Tambapng Profil	
	Ix mm ⁴	Iy mm ⁴	Zx mm ³	Zy mm ³
300 x 300	204000000	67500000	1360000	450000

3.3. Perancangan Pemodelan 3D

Tahapan berikutnya yaitu perancangan desain untuk dudukan motor pompa CWP. Tahapan desain ini perpatokan pada dimensi pondasi beton yang akan diletakkan oleh profil dudukan. Adapun data dari pelanggan yang digunakan rancangan desain dudukan motor sebagai berikut:

Panjang : 4670 mm Lebar : 4350 mm

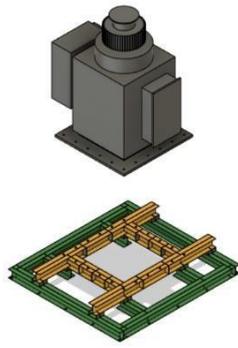
Tinggi : 720 mm

Kaki Motor : 2510 x 2510 mm

Dari data yang telah tersedia akan rancang desain untuk dudukan motor pompa CWP menggunakan software fusion 360 student version. Desain dudukan motor ditunjukkan pada Gambar 3. sebagai berikut.

Gambar 3. Pemodelan 3D Dudukan Motor CWP

Gambar 3. Pemodelan 3D Dudukan Motor CWP



Gambar 3. Pemodelan 3D Dudukan Motor CWP

Desain dudukan pada Gambar 4.3 menggunakan profil *H-Beam* 300x300 dengan tebal *web* 10 mm dan tebal *flange* 15 mm. Dudukan motor pompa CWP ini mempunyai dimensi 4670 x 5350 x 720 mm. didesain bertingkat dengan mengikuti persyaratan dari permintaan pelanggan. Langkah selanjutnya setelah merancang pemodelan 3D dudukan motor pompa CWP, akan dilakukan perhitungan tegangan yang kemudian dikomparasikan oleh hasil dari simulasi pembebanan pada *Software Fusion 360*.

3.4. Gaya Dinamis

Rotor pada mesin berputar terhadap sumbu y sehingga menghasilkan gaya dinamis arah sumbu x dan z. Gaya dinamis dapat dihitung sebagai berikut.

Diketahui :

$$M \text{ rotor} = 5850 \text{ kg} = 57 \text{ kN}$$

e = eksentrisitas dari rotor, didapat dari perumusan oleh American Petroleum Institute Standard for Centrifugal Compressor (API Standard).

$$e \text{ (mil)} = \alpha \times \leq 1.0 \text{ mil}$$

$$e = 1.0$$

$$= 2,6 \text{ mil} > 1 \text{ mil, maka diambil } 1 \text{ mil}$$

$$= 1 \times 0,00254 \times 0,01 = 2,54 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$f = 1787 \text{ rpm}$$

$$\omega = 2 \times \pi \times (f/60) = 2 \times \pi \times (1787/60) = 187,04 \text{ rad/sec}$$

$$F_o = m.e. \omega$$

$$= 57 \times 2,54 \times 10^{-5} \times 187,042 = 50,64 \text{ kN}$$

$$= 50640 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Dinamis} &= 5.167,34 \text{ Kg} \text{ Beban statis} + \text{Beban dinamis} \\ &= 22.950 \text{ Kg} + 5.167 \text{ Kg} = 28.117 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Beban dinamis yang bekerja pada motor CWP akan dijumlahkan dengan beban statis dari pompa motor. Dengan asumsi seperti ini diharapkan struktur main beam dapat menopang beban pompa motor disaat non- beroperasi maupun sedang beroperasi.

3.5. Perhitungan Elemen Mesin

Beban yang diterima adalah sebesar 28.117 Kg, beban tersebut merupakan nilai pertambahan beban statis dan beban dinamis. Beban merata yang diterima mengakibatkan terjadinya tegangan pada sepanjang area *main beam*. Terdapat 4 batang yang menerima pembebanan merata.

Selanjutnya akan menentukan pembagian beban pada batang B-C dan E-F yang menerima beban terhadap motor CWP. Nilai berat per milimeter diambil dari pembagian total beban dengan total panjang profil yang dibebani oleh motor pompa CWP, yaitu 2,99 Kg/mm. Ringkasan dari pembagian beban motor pompa CWP dan ditambah oleh beban profilnya sendiri ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 5. Pembagian Beban Motor

Titik	Panjang	Q Motor	Q Motor + Q Profil = Q Total	W	q
	(L) = mm	L x 2,99 Kg/m		Q Total x g	W/L
A-B	1080	0	101,52 Kg	994,90 N	0,92 N/m
B-C	2210	7499,86 Kg	7707,60 Kg	75534,47 N	30,09 N/m
C-D	1080	0	101,52 Kg	994,90 N	0,92 N/m
E-F	2190	6558,64 Kg	6764,50 Kg	66292,11 N	30,20 N/m

3.6. Perhitungan Momen Bending

Menghitung momen bending maksimal mengambil dari nilai q terbesar, pada batang B-C, menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$M_{max} = \frac{q \times l^2}{8}$$

$$= 23.698.938,98 \text{ N.mm}$$

Jadi momen bending maksimal yang terjadi adalah 23.698.938,98 N.mm

3.7. Perhitungan Nilai Tegangan yang Terjadi

Menghitung tegangan normal menggunakan rumus Persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{M_{Max}}{Z_x}$$

$$= \frac{M_{Max}}{I_x/y}$$

$$= \frac{23.698.938,98 \text{ N.mm}}{1.360.000 \text{ mm}^3}$$

$$= 17,425 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung tegangan geser menggunakan Persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{Q \cdot V}{I_x \cdot t}$$

$$= \frac{732.375 \text{ mm}^3 \times 75.525,9 \text{ N}}{204.000.000 \text{ mm}^4 \times 17,425 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 15,561 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung tegangan maksimal yang terjadi pada *main beam* pada Persamaan berikut.

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_f)^2 + 3\tau^2}$$

$$= \sqrt{17,425^2 + 3 \times 15,561^2}$$

$$= 32,094 \text{ N/mm}^2$$

Setelah nilai tegangan maksimal telah diketahui selanjutnya dibandingkan dengan nilai tegangan yang diizinkan, menggunakan rumus Persamaan berikut

$$\sigma_{Izin} = \frac{\sigma_y}{SF}$$

$$= \frac{250}{2,5}$$

$$= 100 \text{ N/mm}^2$$

Dengan demikian nilai tegangan yang sebenarnya telah memenuhi syarat karena nilai tegangan sebenarnya yaitu 32,094 N/mm² lebih kecil (<) daripada tegangan yang diizinkan yaitu 100 N/mm².

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

Perancangan strukturudukan motor CWP dengan beban total motor 28.117 Kg, menghasilkan desain yang sesuai dengan standar dikarenakan nilai tegangan maksimal von mises yang terjadi sebesar 32,094 N/mm² pada perhitungan manual. Nilai tersebut masih dalam rentang batas yang diizinkan.

Daftar Pustaka

- Setyono, E., & Amudi, A. (2015). Analisis Perencanaan Pondasi Dinamis Untuk Mendukung Mesin Turbin Pada Pabrik Gula Cukir Jombang. *Media Teknik Sipil*, 13(2).
- Hamzah, A., & Arif, A. (2017). TINJAUAN TENTANG PONDASI MESIN GENERATOR SET PADA PABRIK PENGOLAHAN MINYAK KELAPA SAWIT PT. ASIANAGRO GUNG JAYA TANJUNGBALAI. *Jurnal Pionir*, 1(2).
- Meris, C. R. (2015). Perencanaan Pondasi Beban Dinamis Untuk Kelompok Mesin *Compressor CNG Marine* Gresik–Jawa Timur-*The Design Of Dynamic Load Foundation For Compressor Machine Group Cng Marine Gresik–East Java* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Abidin, A. (2022). Perancangan Pemutar Box Culvert Dalam Upaya Menghindari Terjadinya Cacat Pada Produk, (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Klaran, A. (2012). PERANCANGAN DUDUKAN MOTOR LISTRIK DAN TEMPAT SUPPLY POWER PADA MOTOR MODIFIKASI RODA TIGA. *Mechanova*, 1.
- Nugraha, A. Y. A. (2021). *Perancangan Dudukan Outboard Engine sebagai Sarana Penunjang pada Laboratorium Outboard Engine Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya* (Doctoral dissertation, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
- Emily, K. M. Y., Nugroho, P. N. A., & Herijono, B. (2021). Kajian Kekuatan Struktur Pondasi Mesin Induk Harbour Tug Boat. *Marine Science and Technology Journal*, 2(1), 1-7.

