

**Evaluasi Kondisi dan Keandalan Pompa Sentrifugal P-2003 JB pada
Sistem Cooling Tower Berbasis Getaran RMS (ISO 10816-3), Dengan
Analisis Head-Efisiensi, serta FMEA dan RCFA (5-Why)**

Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian program S-1

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta

Oleh

Leo Sanjaya Perangin Angin

NPM : 2410017211104



UNIVERSITAS BUNG HATTA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

PADANG

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PENGUJI

SIDANG SERJANA

**EVALUASI KINERJA DAN KEANDALAN POMPA SENTRIFUGAL P – 2003 JB PADA
SISTEM COOLING TOWER BERBASIS GETARAN RMS ISO 108-163 DENGAN
ANALISIS HEAD-EFISIENSI SERTA FMEA DAN RCFA 5 Why**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Pendidikan Srata Satu
(S-1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri*

Universitas Bung Hatta

Oleh

Leo Sanjaya Perangin Angin
2410017211104

Disetujui Oleh :

Pembimbing



Ir. Iman Satria S.T., M.T., IPM., Asean Eng
NIDN : 1031077301

Penguji 1



Dr. Yovial S.T., MT
NIDN : 1013036202

Penguji 2



Ir. Rizky Arman S.T., M.T
NIDN : 1026057402

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS SARJANA

EVALUASI KINERJA DAN KEANDALAN POMPA SENTRIFUGAL P – 2003 JB PADA
SISTEM COOLING TOWER BERBASIS GETARAN RMS ISO 108-163 DENGAN
ANALISIS HEAD-EFISIENSI SERTA FMEA DAN RCFA 5 Why

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Pendidikan Srata Satu
(S-1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri*

Universitas Bung Hatta

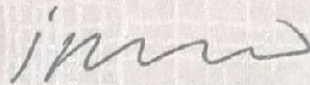
Oleh

Leo Sanjaya Perangin Angin

2410017211104

Disetujui Oleh

Pembimbing



Ir. Iman Satria S.T., M.T., IPM., Asean Eng

NIDN : 1031077301

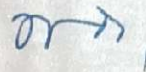
Fakultas Teknologi Industri

Program Studi Teknik Mesin

Ketua



Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T
NIDN . 1012097403



Prof. Dr. Hendra Suherman, S.T., M.T
NIDN. 1001047101

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang setulus-tulusnya penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, kasih, serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menjalani aktivitas sehari-hari dengan lancar dan secara khusus dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul: “Evaluasi Kondisi dan Keandalan Pompa Sentrifugal P-2003 JB pada Sistem *Cooling Tower* Berbasis Getaran RMS (ISO 10816-3), Analisis Head-Efisiensi, serta FMEA dan RCFA (5-Why)” ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna meraih gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta. Proses penyusunan skripsi ini telah memberikan banyak pelajaran berharga bagi penulis, di antaranya adalah pentingnya ketekunan, kedisiplinan, kesabaran, serta keikhlasan dalam berserah diri kepada Tuhan. Nilai-nilai tersebut menjadi bekal spiritual dan moral yang sangat bermakna dan akan selalu diingat dalam perjalanan hidup penulis ke depannya.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada: Bapak Ir. Iman Satria, ST., MT., IPM., ASEAN Eng., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar, bijak, dan penuh perhatian memberikan arahan, motivasi, serta pendampingan selama proses pengerjaan skripsi ini berlangsung. Selain itu, penulis juga merasa sangat terbantu berkat doa, dukungan, serta kontribusi dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang telah turut serta dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya.

1. Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T.. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
2. Prof. Dr. Hendra Suherman.MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri.

3. Ibu Dr. Ir. Wenny Marthiana, M.T. Selaku Dosen Penasehat Akademik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri.
4. Bapak Ir Iman Satria ST,MT,IPM.,Asean Eng. selaku Dosen Pembimbing penulis di Universitas Bung Hatta, yang telah sabar dan meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam pembuatan tugas akhir ini serta telah memberikan ilmu, inspirasi, nasehat serta waktu untuk bertukar pikiran.
5. Seluruh Tenaga Pendidikan dosen, Staff dan Karyawan Universitas Bung Hatta.
6. Rekan-rekan Jurusan Teknik Mesin RPL Angkatan 2024 Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
7. Terimakasih terhadap semua teman - teman yang banyak membantu penulis dalam melakukan Tugas Akhir ini terimah kasih atas dukungan dan motivasinya.
8. Dan juga saya berterimah kasih kepada Kedua orang tua saya yang selalu memberi support kepada saya dan mendoakan saya agar saya tetap semangat menyelesaikan Tugas Akhir

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat berbagai kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki dan menyempurnakan laporan ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan, baik bagi pembaca maupun bagi penulis secara pribadi.

ABSTRAK

Abstrak : Pompa sentrifugal pada sistem Cooling Tower berperan penting menjaga kontinuitas sirkulasi udara pendingin sehingga pendinginannya menjadi faktor penting dalam operasi industri. Penelitian ini bertujuan mengumpulkan kondisi dan kinerja pompa sentrifugal single stage P-2003 JB melalui analisis getaran, perhitungan head, estimasi efisiensi, serta analisis kegagalan untuk menentukan prioritas penanganan dan akar penyebab paling mungkin. Metode penelitian berupa studi kasus dengan pengumpulan data parameter operasi (tekanan suction dan debit, beda elevasi, serta kecepatan aliran) dan data getaran kecepatan (*Root Mean Square*) RMS pada beberapa periode pengukuran. Evaluasi kondisi dilakukan dengan trending RMS dan klasifikasi ISO 10816-3, sedangkan performa dihitung menggunakan persamaan energi (Bernoulli). Efisiensi pompa dihitung berdasarkan perbandingan daya hidrolik terhadap daya input sesuai data yang digunakan pada penelitian. Analisis kegagalan dilakukan menggunakan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Root Cause Failure Analysis (RCFA) metode 5-Mengapa.

Hasil menunjukkan getaran RMS meningkat dari 2,1 mm/s menjadi 3,2 mm/s dan mencapai 4,6 mm/s dengan frekuensi dominan sekitar 25 Hz, yang setara dengan putaran ± 1500 rpm dan termasuk kategori D (berbahaya) menurut ISO 10816-3. Perhitungan total head menghasilkan nilai sekitar 53,18 m, sedangkan efisiensi pompa pada penelitian ini diperoleh sekitar 59 %. Temuan visual menunjukkan kerusakan pada impeller (retak), segel mekanis, dan bantalan. FMEA menempatkan impeller–bearing–mechanical seal sebagai mode kegagalan prioritas tinggi, sedangkan RCFA mengindikasikan akar penyebab paling mungkin berupa kombinasi degradasi rotor (impeller retak/tidak seimbang), faktor instalasi (misalignment/longgaran), serta perlunya kontrol penguatan hisap dan program pemeliharaan preventif berdasarkan kondisi. Rekomendasi mencakup pemeriksaan dan penyeimbangan rotor, perbaikan bantalan dan segel, verifikasi penyelarasan dan Fondasi, serta pemantauan getaran berkala mengacu pada ISO untuk mencegah kegagalan berulang.

Kata kunci: pompa sentrifugal, *Cooling Tower*, getaran RMS, ISO 10816-3, head total, efisiensi, *FMEA*, *RCFA*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kegunaan Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pompa.....	5
2.2. Pompa Sentrifugal	6
2.3 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal.....	12
2.4 Fenomena Kavitasi.....	14
2.5. Fenomena Vibrasi.....	15
2.6 Fenomena Korosi.....	16
2.7. Maintance Pompa sentrifugal single stage.....	17
2.8. Efisiensi Pompa Sentrifugal.....	23
2.9 Standart pompa sentrifugal.....	20
2.10 Klasifikasi jenis pompa API 610.....	20
BAB III	28
METEDOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Rancangan Penelitian.....	28
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.3 Analisis Data.....	29
3.3.1 Inspeksi visual	29
3.3.2 Analisis getaran.....	29

3.4 Instrumen dan peralatan.....	32
3.5 Tempat penelitian.....	32
BAB IV.....	33
4.1 Spesifikasi pompa sentrifugal.....	33
4.2 Hasil pengukuran Rms.....	34
4.3 Perhitungan Head total pada pompa.....	35
4.4 Efisiensi pompa sentrifugal.....	36
4.5 Pembahasan indikasi kerusakan.....	37
4.5.1 Kerusakan impeller.....	37
4.5.2 Kebocoran kerusakan mechanical seal.....	38
4.5.3 Kerusakan bearing.....	39
4.5.4 Upaya pencegahan kerusakan dini.....	41
4.6 Analisis mode kegagalan FMEA.....	43
4.7 Analisis akar penyebab ke gagal RCFA.....	45
BAB V.....	46
KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa sentrifugal single stage	9
Gambar 2.2 Pompa sentrifugal Multi stage.....	9
Gambar 2.3 Pompa sentrifugal Multi Impeller.....	10
Gambar 2.4 Pompa sentrifugal Multi Impeller dan multi stage.....	10
Gambar 2.5 Stuffing Box.....	11
Gambar 2.6 Packing Ring.....	12
Gambar 2.7 Shaft Pompa sentrifugal.....	12
Gambar 2.8 Shave Sleeve.....	13
Gambar 2.9 Casing Pompa sentrifugal.....	13
Gambar 2.10 Impeller.....	14
Gambar 2.11 Wearing ring.....	14
Gambar 2.12 Bearing.....	14
Gambar 2.13 Instalasi pompa sentrifugal dan cooling tower.....	16
Gambar 2.14 Komponen pompa korosi.....	20
Gambar 2.15 Grafik pompa baik dan buruk.....	23
Gambar 2.16 vibration meter.....	30
Gambar 2.17 Curva vibration.....	31
Gambar 2.18 Pompa Sentrifugal p – 2003 JB.....	32
Gambar 2.19 Pengukuran vibration pompa 2003 -JB.....	34
Gambar 2.20 Impeller crack.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis pompa API 610.....	22
Tabel 2.2 Karakteristik ANSI pompa.....	23
Tabel 2.3 Perbedaan API VS ANSI 610.....	23
Tabel 2.4 hasil vibration poma sentrifugal.....	29
Tabel 2.5 Data parameter.....	34
Tabel 2.6 Tabel daily check pompa sentrifugal.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa sentrifugal merupakan salah satu peralatan utama dalam sistem utilitas industri, termasuk pada sistem *Cooling Tower* yang berfungsi membuang panas melalui sirkulasi udara pendingin. Keandalan pompa pada sistem *Cooling Tower* menjadi kritis karena pompa umumnya beroperasi terus menerus dalam durasi yang panjang. Pompa yang terganggu dapat menyebabkan penurunan kinerja, peningkatan konsumsi energi, timbulnya kebocoran, serta *downtime* pengoperasian. Hariady, S. (2014)

Dalam pengoperasian lapangan, indikator awal penurunan kondisi pompa sering terlihat dari meningkatnya getaran (getaran) dan munculnya gejala tidak normal seperti suara tidak normal, kebocoran pada segel mekanis, atau penurunan kinerja aliran. Getaran pada peralatan yang berputar tidak hanya menjadi gejala, tetapi juga dapat menyebabkan terjadinya percepatan kerusakan komponen (misalnya bearing dan seal) bila melebihi batas yang direkomendasikan standar. Oleh karena itu, pemantauan kondisi pompa melalui pengukuran getaran serta evaluasi kinerja pompa melalui parameter head dan efisiensi menjadi penting untuk mencegah kegagalan berulang. Bahrin, R., & Mustaffa, N. (2024).

Objek pada penelitian ini adalah pompa sentrifugal single stage P-2003 JB pada sistem *Cooling Tower*. Berdasarkan data pengukuran, nilai getaran pompa menunjukkan kecenderungan meningkat dari waktu ke waktu hingga berada pada tingkat yang memerlukan perhatian serius berdasarkan standar acuan. Di sisi lain, kinerja pompa juga perlu dievaluasi melalui perhitungan head dan efisiensi agar dapat dinilai apakah pompa masih bekerja sesuai kebutuhan sistem atau mengalami penurunan kinerja. Untuk memastikan tindakan perbaikan tidak hanya mengatasi gejala, penelitian ini juga memanfaatkan pendekatan analisis kegagalan

menggunakan *FMEA* metode proaktif untuk mengidentifikasi potensi kegagalan sebelum terjadi dan dampaknya, untuk memetakan prioritas mode kegagalan dan *RCFA* metode reaktif untuk menemukan akar penyebab kegagalan yang sudah terjadi. Keduanya digunakan dalam manajemen risiko dan perawatan mesin untuk meningkatkan keandalan siste untuk menelusuri akar penyebab paling mungkin. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi dan kinerja pompa secara lebih sistematis, serta menghasilkan rekomendasi tindakan korektif dan preventif yang dapat diterapkan guna meningkatkan kinerja pompa. Sandro, Y. S. N., & Rusindiyanto, R. (2025)

Rumusan Masalah

Pompa sentrifugal merupakan komponen vital di dalam berbagai suatu industri seperti industri oil palm , gas, chemical, paper , air bersih, dan pengolahan limbah. namun, efisiensi kerja pompa sentrifugal sering kali menurun akibat kerusakan yang terjadi pada komponen internalnya. Pompa sentrifugal tipe single stage khususnya, meskipun memiliki desain yang sederhana, tetap rentan terhadap berbagai bentuk kerusakan. Penurunan efisiensi ini tidak hanya menyebabkan hilangnya energi, tetapi juga berdampak pada kontinuitas proses produksi. Oleh karena itu, Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi pompa P-2003 JB berdasarkan data getaran (kecepatan RMS) dan klasifikasi ISO 10816-3 ?
2. Berapa nilai head total pompa P-2003 JB berdasarkan parameter operasi (tekanan *suction/discharge*, *elevasi*, dan kecepatan aliran)?
3. Berapa efisiensi pompa P-2003 JB berdasarkan konsep daya hidrolik dan daya input yang digunakan pada perhitungan?
4. *Failure* mode apa yang paling kritis pada pompa P-2003 JB berdasarkan *FMEA*?
5. Apa akar penyebab paling mungkin dari masalah dominan dan rekomendasi tindakan perbaikan berdasarkan *RCFA*?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi kondisi pompa P-2003 JB melalui analisis tren getaran RMS dan klasifikasi tingkat keparahan mengacu pada ISO 10816-3 .
2. Menghitung head total pompa berdasarkan persamaan energi (Bernoulli) menggunakan data tekanan, elevasi, dan kecepatan aliran.
3. Menghitung/menentukan efisiensi pompa berdasarkan hubungan daya hidrolik dan daya input yang digunakan pada penelitian.
4. Menyusun FMEA untuk memetakan mode kegagalan komponen utama pompa serta menentukan prioritas penanganan.
5. Melakukan RCFA (metode 5-Mengapa) untuk mengidentifikasi akar penyebab paling mungkin dan merumuskan rekomendasi tindakan korektif dan *preventif*.

Manfaat Penelitian

Manfaat praktis

- Memberikan dasar evaluasi kondisi pompa berdasarkan data getaran dan standar sehingga keputusan perawatan lebih obyektif.
- Memberikan gambaran kinerja pompa (head dan efisiensi) untuk mendukung pengendalian operasi.
- Menghasilkan rekomendasi tindakan korektif dan preventif untuk mengurangi risiko kerusakan berulang.

Manfaat akademis

- Menambah referensi penerapan konsep pompa sentrifugal, analisis getaran, dan analisis kegagalan pada studi kasus industri.
- Menjadi contoh penerapan metode FMEA dan RCFA dalam konteks peralatan berputar pada bidang Teknik Mesin.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan analisis kedalaman, penelitian ini dibatasi pada:

1. Jenis pompa yang dijelaskan adalah pompa sentrifugal tipe single stage P-2003 JB
2. Penelitian hanya mencakup kerusakan mekanis pada komponen utama pompa diantaranya impeller, kebocoran mechanical *seal* dan *bearing*.
3. Analisis efisiensi terbatas pada aspek mekanis dan hidrolik, tidak termasuk sistem kontrol atau kelistrikan.
4. Data kerusakan berasal dari pengamatan langsung, catatan perawatan, serta uji kinerja pada sistem pompa yang telah mengalami kerusakan.

1.4 Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut

- BAB I Pendahuluan : memuat latar belakang, merumuskan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
- BAB II Tinjauan Pustaka : memuat teori pompa sentrifugal, parameter kinerja (head, debit, efisiensi), dasar analisis getaran dan ISO 10816-3, serta konsep analisis kegagalan *Failure Mode and Effects Analysis and Root cause failure analysis* (FMEA dan RCFA)
- BAB III Metodologi Penelitian : memuat desain penelitian, sumber dan pengumpulan data, variabel, prosedur penelitian, serta kepala metode analisis, efisiensi, RMS-ISO, FMEA, dan RCFA.
- BAB IV Hasil dan Pembahasan : memuat hasil pengukuran, perhitungan head dan efisiensi, evaluasi kondisi berdasarkan ISO 10816-3, pembahasan kerusakan komponen, serta hasil FMEA dan RCFA.
- BAB V Kesimpulan dan Saran : memuat kesimpulan utama penelitian dan saran tindakan korektif serta preventif dan rekomendasi penguatan data untuk penelitian lanjutan.