



**UMSURA**  
Universitas Muhammadiyah Surabaya

**STUDI PERBANDINGAN  
PERFORMA MODIFIKASI RE-  
RATE IMPELLER DAN  
PENGOPERASIAN POMPA  
PARALEL UNTUK  
OPERASIONAL POMPA  
213-P-002 A/B DI PT TPPI  
TUBAN**

**SKRIPSI**

Disusun oleh:  
Rafli Khalifah Umar  
20241331061

Dosen pembimbing:  
Ilyas Sofana, S.Pd., M.T.  
0707079701

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SURABAYA  
2026**



**UMSURA**  
Universitas Muhammadiyah Surabaya

**COMPARATIVE STUDY OF  
IMPELLER RERATING  
MODIFICATION AND PARALLEL  
PUMP OPERATION  
PERFORMANCE FOR PUMP  
213-P-002 A/B AT PT TPPI TUBAN**

**FINAL PROJECT**

Author:  
Rafli khalifah umar  
20241331061

Academic Supervisor:  
Ilyas Sofana, S.Pd., M.T.  
0707079701

**MECHANICAL ENGINEERING  
MAJOR  
FACULTY OF ENGINEERING  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SURABAYA  
2026**

**STUDI PERBANDINGAN PERFORMA  
MODIFIKASI *RE-RATE IMPELLER* DAN  
PENGOPERASIAN POMPA PARALEL UNTUK  
OPERASIONAL POMPA  
213-P-002 A/B DI PT TPPI TUBAN**



Penyusun:  
Rafli Khalifah Umar (20241331061)

Dosen Pembimbing:  
Ilyas Sofana, S.Pd., M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA  
2026**

## PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafli Khalifah Umar

NIM : 20241331061

Program Studi: S1 Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik Sebagian atau seluruhnya. Apabila di kemudian hari terbukti melakukan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 18 Januari 2026



Rafli Khalifah Umar  
NIM. 20241331061

# LEMBAR PERSETUJUAN

## SKRIPSI

### STUDI PERBANDINGAN PERFORMA MODIFIKASI RE-RATE IMPELLER DAN PENGOPERASIAN POMPA PARALEL UNTUK OPERASIONAL POMPA 213-P-002 A/B DI PT TPPI TUBAN

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik (S.T.)

Disusun oleh:  
Rafli Khalifah Umar  
20241331061

Menyetujui,  
Kaprod. Teknik Mesin

A blue circular official stamp of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) is overlaid on the signature. The stamp contains the text 'INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER' and 'FAKULTAS TEKNIK MESIN'.

M. Arif Batufah, S.T., M.T., IPM  
NIDN. 0707067402

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing

A blue circular official stamp of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) is overlaid on the signature. The stamp contains the text 'INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER' and 'FAKULTAS TEKNIK MESIN'.

Ilyas Sofana, S.Pd., M.T.  
NIDN. 0707079701

\*Halaman ini sengaja dikosongkan\*

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi telah diujikan dan dipertahankan di hadapan tim penguji dalam sidang pada tanggal 18 Januari 2026 oleh mahasiswa atas nama **Rafli Khalifah Umar NIM 20241331061** dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima sebagai kelengkapan mendapat gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Diajukan dan disahkan oleh:

Dosen Penguji

1. Hadi Kusnanto, S.T., M.T.

Tanda Tangan



2. Ir. Suhariyanto, M.Sc.



Dosen Pembimbing

1. Ilyas Sofana, S.Pd., M.T.



Ir. Vippy Dharmawan, M. Ars  
NIDN 0725096402


















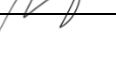
Menyetujui,  
Kaprodi Teknik Mesin



Dr. M. Arif Batutah, S.T., M.T., IPM  
NIDN 0707067402

## BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Rafli Khalifah Umar  
NIM : 20241331061  
Judul Skripsi : STUDI PERBANDINGAN  
PERFORMA MODIFIKASI RE-RATE  
IMPELLER DAN PENGOPERASIAN  
POMPA PARALEL UNTUK  
OPERASIONAL POMPA 213-P-002  
DI PT.TPPI TUBAN

No.	Tanggal	Materi	Paraf Pembimbing	Paraf Mahasiswa
1	9 September 2025	Konsultasi judul skripsi dan BAB I		
2	11 Oktober 2025	Revisi BAB I dan menyempurnakan judul		
3	2 November 2025	Konsultasi BAB II		
4	20 November 2025	Konsultasi BAB III		
5	25 November 2025	Konsultasi BAB IV		
6	16 Desember 2025	Revisi BAB IV		
7	21 Desember 2025	Konsultasi BAB V dan revisi BAB IV		
8	30 Desember 2025	Revisi BAB V		
9	1 Januari 2026	Konsultasi keseluruhan skripsi		
10	9 Januari 2026	Konsultasi PPT dan jurnal		

**STUDI PERBANDINGAN PERFORMA MODIFIKASI  
RE-RATE IMPELLER DAN PENGOPERASIAN POMPA  
PARALEL UNTUK OPERASIONAL POMPA  
213-P-002 A/B DI PT TPPI TUBAN**

**Nama Mahasiswa** : Rafli Khalifah Umar  
**NIM** : 20241331061  
**Jurusan** : Teknik Mesin FT-UM Surabaya  
**Dosen Pembimbing** : Ilyas Sofana, S.Pd.,M.T.

### **Abstrak**

Pompa sentrifugal memiliki kinerja optimal apabila beroperasi di sekitar *Best Efficiency Point* (BEP). Perubahan kebutuhan proses sering menyebabkan pompa bekerja di luar BEP, yang berpotensi menimbulkan gangguan aliran, peningkatan getaran, dan penurunan keandalan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa *rerate impeller* dan alternatif operasi pompa paralel terhadap karakteristik hidrolis pompa sentrifugal 213-P-002 A/B yang membutuhkan fleksibilitas terhadap kebutuhan debit aliran berdasarkan analisis getaran, serta dampaknya terhadap keandalan pompa yang dinyatakan dengan *Mean Time Between Failure* (MTBF).

Analisis dilakukan menggunakan data sebelum dan sesudah *rerate impeller*, meliputi data vibrasi, spektrum frekuensi, dan metode *PeakVue/Envelope*. Evaluasi keandalan dilakukan melalui perhitungan MTBF berdasarkan riwayat gangguan pompa. Selain itu, dilakukan studi alternatif pengoperasian pompa secara paralel dengan skema menggunakan impeller sebelum *re-rate* agar pompa dapat dioperasikan sesuai BEP pada kebutuhan *flow* yang fluktuatif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa pompa setelah *rerate impeller* pada kebutuhan operasi rendah menyebabkan penurunan stabilitas hidrolis dan performa pompa yang berdampak pada penurunan keandalan melalui nilai MTBF. Sedangkan studi pengoperasian pompa secara paralel menunjukkan hasil yang lebih baik sebagai solusi yang lebih efektif untuk memenuhi kebutuhan system yang fluktuatif dengan performa dan keandalan yang lebih baik.

**Kata kunci:** pompa sentrifugal, *rerate impeller*, operasi paralel, Vibrasi, *PeakVue*, MTBF

**COMPARATIVE STUDY OF IMPELLER RERATING  
MODIFICATION AND PARALLEL PUMP OPERATION  
PERFORMANCE FOR PUMP 213-P-002 A/B AT PT TPPI  
TUBAN**

**Name** : Rafli Khalifah Umar  
**NIM** : 20241331061  
**Major** : Mechanical Engineering  
**Academic Supervisor** : Ilyas Sofana, S.Pd., MT.

**Abstract**

*Centrifugal pumps achieve optimal performance when operated near the Best Efficiency Point (BEP). Changes in process requirements often force pumps to operate away from the BEP, which can lead to flow disturbances, increased vibration, and reduced reliability. This study aims to evaluate the performance of impeller rerating and an alternative parallel pump operation on the hydraulic characteristics of centrifugal pump 213-P-002 A/B, which requires flexibility to accommodate varying flow demands, based on vibration analysis, as well as their impact on pump reliability as expressed by Mean Time Between Failure (MTBF).*

*The analysis was conducted using data collected before and after impeller rerating, including vibration measurements, frequency spectra, and PeakVue/Envelope analysis. Reliability evaluation was performed through MTBF calculations based on the pump failure history. In addition, a study of an alternative parallel pump operation scheme was carried out using the pre-re-rate impeller configuration, allowing the pumps to operate closer to the BEP under fluctuating flow requirements.*

*The results indicate that post-re-rate impeller operation under low flow conditions leads to reduced hydraulic stability and pump performance, resulting in decreased reliability as reflected by a lower MTBF. In contrast, the parallel pump operation study demonstrates better performance and reliability, making it a more effective solution for meeting fluctuating system demands while maintaining operation near the BEP.*

**Keywords:** *centrifugal pump, impeller rerating, parallel operation, vibration, PeakVue, MTBF*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ilyas Sofana, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman selama masa perkuliahan.
3. Ibu dan adik-adik penulis yang senantiasa memberikan doa, motivasi, dan dukungan moril selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
4. Rekan kerja di kantor yang selalu memberikan dukungan, pengertian, serta semangat kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi.
5. Teman-teman terdekat penulis yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi dalam berbagai bentuk.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik mesin.

Surabaya, 18 Januari 2026

Rafli Khalifah Umar

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II .....</b>	<b>4</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Pengertian Pompa.....	8
2.3 Pompa Sentrifugal .....	9
2.4 Komponen Pompa Sentrifugal dan Isinya .....	11
2.4.1 Impeller.....	14
2.5.1 Persamaan Bernoulli.....	15
2.5.2 Head Pompa .....	16
2.5.3 Debit Aliran.....	17
2.5.4 Efisiensi Pompa .....	18
2.6 Kurva Karakteristik Pompa dan Sistem .....	18

2.6.1 Kurva Pompa-Sistem .....	18
2.6.2 Best efficiency point (BEP) dan <i>Preffered operating region</i> (POR) .....	19
2.6.3 Kurva Efisiensi .....	21
2.6.4 Pengoperasian Kapasitas Pompa.....	21
2.7 <i>Net positive suction head</i> (NPSH).....	23
2.7.1 Fenomena Kavitasasi Pada Pompa Sentrifugal .....	26
2.8 <i>Re-rate impeller</i> Pompa Sentrifugal .....	28
2.9 Pengoperasian Pompa Secara Seri dan Paralel .....	30
2.10 Fenomena Getaran Pada Pompa .....	31
2.11 Analisa Vibrasi .....	32
2.12 Teori Dasar Getaran .....	33
2.13 Gerak Harmonik Sederhana .....	34
2.14 Skala Pengukuran Vibrasi.....	36
2.15 Metode Analisa Sinyal Getaran .....	39
2.16 <i>Flow induced vibration</i> .....	43
2.16.1 <i>Blade pass frequency</i> .....	44
2.16.2 Kavitasasi .....	45
2.16.3 Turbulensi.....	46
2.17 Teknologi <i>Peakvue Analysis</i> untuk Mendeteksi Kavitasasi .....	47
2.18 <i>Accelerometer</i> .....	49
2.19 Standar Level Vibrasi Terhadap Kelayakan Pompa .....	50
2.20 Metode Pengambilan Data Vibrasi .....	51
2.20 <i>Mean time between failure</i> (MTBF) .....	52
<b>BAB III .....</b>	<b>53</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>53</b>
3.1 Metode Penelitian .....	53
3.2 Objek Penelitian.....	53
3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian .....	54
3.4 Metode Pengambilan Data .....	55
3.5 Metode Analisis Hidrolik Fluida Pompa .....	56
3.6 Metode Analisis Getaran .....	57
3.7 Metode Evaluasi Alternatif Operasi Paralel .....	57
3.8 Metode Analisis Keandalan Pompa Dengan <i>Mean time between failure</i> (MTBF) .....	58
3.8.1 Sumber Data MTBF .....	58
3.8.2 Definisi Kegagalan ( <i>Failure Criteria</i> ).....	59

3.8.3 Metode Perhitungan MTBF .....	60
3.8.4 Hubungan antara Nilai MTBF dengan Performa Vibrasi Pompa .....	60
3.9 Diagram Alir Penelitian.....	61
<b>BAB IV .....</b>	<b>63</b>
<b>HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>63</b>
4.1 Gambaran Umum Kondisi Operasi Pompa 213-P-002 A/B ...	63
4.1.1 Desain Awal Manufaktur dan pengoperasian 213-P-002 A/B Sebelum <i>Revamp</i> .....	63
4.1.2 Desain 213-P-002 A/B Untuk Kebutuhan Produksi Tinggi Pasca Proyek <i>Revamp</i> PT.TPPI .....	66
4.1.3 Kondisi Pengoperasian 213-P-002 A/B Pada Low demand dan High demand.....	71
4.2 Analisis Karakteristik Hidrolik Pompa 213-P-002 A/B .....	73
4.2.1 Pengoperasian Aktual Pompa vs Kurva Q-H Pompa .	73
4.2.2 Evaluasi Karakteristik Hidrolik Pengoperasian 213-P-002 A/B Pasca <i>Re-rate impeller</i> Pada Kondisi #1 <i>Low demand</i> .....	77
4.2.2.1 Analisa Vibrasi Dari Spektrum FFT Pada Kondisi #1....	79
4.2.2.2 Analisa Spektrum Peakvue Pada Kondisi #1.....	84
4.2.3 Evaluasi Karakteristik Hidrolik Pengoperasian 213-P-002 A/B Pasca <i>Re-rate impeller</i> Pada Kondisi #2 High demand .....	87
4.2.3.1 Analisa Spektrum Vibrasi FFT Pada Kondisi #2 .....	89
4.2.3.2 Analisa Spektrum Peakvue pada Kondisi #2.....	92
4.2.4 Evaluasi Karakteristik Hidrolik Pengoperasian 213-P-002 A/B Sebelum <i>Re-rate impeller</i> Pada Kondisi #3 Low demand ( <i>Kondisi Sebelum Revamp</i> ) .....	93
4.2.4.1 Analisa Spektrum Vibrasi FFT Pada Kondisi #3.....	95
4.2.4.2 Analisa Spektrum Peakvue Pada Kondisi #3.....	97
4.2.5 Perbandingan Karakteristik Hidrolik dan Performa Vibrasi pada Kondisi #1, Kondisi #2, dan Kondisi #3 .....	99
4.3 Evaluasi Keandalan Pompa Dengan <i>Mean time between failure</i> (MTBF).....	101
4.3.1 Data Kegagalan dan Riwayat Perawatan 213-P-002 A/B.....	101

4.3.2 Perhitungan Mean <i>time between failure</i> (MTBF) Pompa .....	103
4.3.3 Hubungan MTBF dengan Kondisi Operasi dan Performa Vibrasi.....	105
4.3.4 Implikasi Nilai MTBF terhadap Strategi Alternatif Operasi Pompa .....	106
4.4 Perbandingan Alternatif Pengoperasian Pompa .....	107
4.4.1 Skema #1: Operasi Tunggal Pasca Re-rate Pada Kondisi Low demand (Kondisi Aktual) .....	107
4.4.2 Skema #2: Operasi Tunggal Pasca Re-rate pada Kondisi High demand .....	109
4.4.3 Skema #3: Operasi Paralel Tanpa Re-rate pada Kondisi High demand .....	110
4.4.4 Skema #4: Operasi Tunggal Tanpa Re-rate pada Kondisi Low demand .....	111
<b>BAB V .....</b>	<b>113</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>113</b>
5.1 Kesimpulan.....	113
5.2 Saran .....	114
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>115</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>118</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis-jenis pompa .....	9
Gambar 2. 2 Ilustrasi pompa sentrifugal Sumber:.....	10
Gambar 2. 3 Komponen-komponen pompa sentrifugal .....	12
Gambar 2. 4 Jenis arah aliran impeller pompa .....	15
Gambar 2. 5 Gerak fluida dalam persamaan Bernoulli .....	16
Gambar 2. 6 Debit aliran pada penampang .....	17
Gambar 2. 7 Kurva pompa dan kurva system .....	20
Gambar 2. 8 Kurva efisiensi kerja pompa .....	21
Gambar 2. 9 Distribusi tekanan pada impeller dibawah kapasitas normal. ....	23
Gambar 2. 10 Ilustrasi penjelasan pressure flange suction dan discharge dalam NPSH.....	24
Gambar 2. 11 Ilustrasi grafik pressure suction dan discharge terhadap vapor pressure .....	24
Gambar 2. 12 Kurva pompa dengan perubahan diameter impeller dan RPM yang konstan.....	29
Gambar 2. 13 Ilustrasi peristiwa recirculation di sisi buang impeller .....	30
Gambar 2. 14 Operasi seri dan paralel dari pompa dengan karakteristik sama .....	30
Gambar 2. 15 Kegiatan pengecekan vibrasi pada pompa sentrifugal.....	33
Gambar 2. 16 Ilustrasi gelombang sinusoidal .....	34
Gambar 2. 17 Ilustrasi model bandul dan pegas.....	35
Gambar 2. 18 Hubungan antara gelombang perpindahan, kecepatan, dan percepatan .....	36
Gambar 2. 19 Skala pengukuran pada gelombang.....	37
Gambar 2. 20 Contoh sinyal getaran dalam bentuk waveform .....	39
Gambar 2. 21 Konversi sinyal getaran bentuk waveform ke bentuk spektrum FFT .....	42
Gambar 2. 22 Contoh sinyal getaran dalam bentuk spektrum FFT .....	42
Gambar 2. 23 Contoh penggunaan spektrum FFT untuk diagnosis sumber vibrasi.....	43

Gambar 2. 24 Blade/Vane Pass Frequency pada spektrum vibrasi pompa .....	45
Gambar 2. 25 Ilustrasi spektrum vibrasi dalam kondisi pompa kavitasi.....	45
Gambar 2. 26 Ilustrasi kondisi spektrum dan time waveform pada kondisi kavitasi .....	46
Gambar 2. 27 Ilustrasi spektrum pada pompa yang mengalami turbulensi aliran .....	47
Gambar 2. 28 Ilustrasi deteksi high frekuensi dengan peakVue .....	48
Gambar 2. 29 Komponen-komponen Accelerometer.....	49
Gambar 2. 30 Alat Vibration Analyzer CSI 2140 Emerson ....	50
Gambar 2. 31 Standar kelayakan level vibrasi (velocity) .....	50
Gambar 2. 32 Titik pengambilan vibrasi pada pompa sentrifugal .....	51
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian .....	61
Gambar 4. 1 Grafik trending vibrasi 213-P-002A .....	64
Gambar 4. 2 Grafik trending vibrasi 213-P-002B .....	64
Gambar 4. 3 Kurva flow capacity terhadap total head .....	66
Gambar 4. 4 Gambar teknik impeller setelah re-rate .....	68
Gambar 4. 5 Kurva performa pompa setelah revamp .....	70
Gambar 4. 6 Kurva 213-P-002 A/B pasca re-rate impeller ....	74
Gambar 4. 7 Kurva 213-P-002 A/B sebelum re-rate impeller	75
Gambar 4. 8 Limitasi vibrasi berdasarkan API 610 .....	79
Gambar 4. 9 Spektrum vibrasi PIV 213-P-002A pada kondisi #1 .....	80
Gambar 4. 10 Spektrum vibrasi PIV 213-P-002B pada kondisi #1.....	80
Gambar 4. 11 Grafik trending nilai peakvue 213-P-002A (kondisi #1).....	84
Gambar 4. 12 Grafik trending nilai peakvue 213-P-002B (kondisi #1).....	85
Gambar 4. 13 Spektrum peakvue 213-P-002A pada kondisi #1 .....	85

Gambar 4. 14 Spektrum peakvue 213-P-002B pada kondisi #1	86
Gambar 4. 15 Spektrum vibrasi 213-P-002A pada kondisi #289	89
Gambar 4. 16 Spektrum vibrasi 213-P-002B pada kondisi #289	89
Gambar 4. 17 Spektrum peakvue 213-P-002A pada kondisi #2	92
Gambar 4. 18 Spektrum peakvue 213-P-002B pada kondisi #2	93
Gambar 4. 19 Spektrum vibrasi 213-P-002A pada kondisi #395	95
Gambar 4. 20 Spektrum vibrasi 213-P-002B pada kondisi #396	96
Gambar 4. 21 Spektrum peakvue 213-P-002A pada kondisi #3	98
Gambar 4. 22 Spektrum peakvue 213-P-002B pada kondisi #3	98
Gambar 4. 23 Ilustrasi skema #1	108
Gambar 4. 24 Ilustrasi skema #2	109
Gambar 4. 25 Ilustrasi skema #3	110
Gambar 4. 26 Ilustrasi skema #4	112

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel jenis skala pengukuran dan nilai skala.....	38
Tabel 3. 1 Perbandingan kebutuhan operasi sebelum dan sesudah Revamp sesuai perhitungan tim engineering perusahaan.....	54
Tabel 3. 2 Jenis dan sumber data penelitian.....	54
Tabel 4. 1 Perbandingan datasheet awal dengan kondisi operasi aktual.....	65
Tabel 4. 2 Data prediksi parameter pompa 213-P-002 setelah revamp.....	67
Tabel 4. 3 Perbandingan data parameter pompa sebelum dan sesudah re-rate impeller .....	69
Tabel 4. 4 Data vibrasi commisioning 213-P-002A pasca re-rate impeller .....	71
Tabel 4. 5 Perbandingan data aktual operasi dengan data sheet revamp (re-rate) .....	72
Tabel 4. 6 Tipe kondisi pengoperasian 213-P-002A/B.....	74
Tabel 4. 7 Data Best efficiency point dan Preferred operating region 213-P-002A/B.....	76
Tabel 4. 8 Data vibrasi 213-P-002A pada kondisi #1 .....	78
Tabel 4. 9 Data vibrasi 213-P-002B pada kondisi #1 .....	78
Tabel 4. 10 Data frekuensi 213-P-002A/B.....	81
Tabel 4. 11 Presentasi blade pass frequency pada sampel data vibrasi 213-P-002A (kondisi #1).....	82
Tabel 4. 12 Presentasi blade pass frequency pada sampel data vibrasi 213-P-002B (kondisi #1).....	83
Tabel 4. 13 Data vibrasi 213-P-002A pada kondisi #2.....	88
Tabel 4. 14 Data vibrasi 213-P-002B pada kondisi #2.....	88

Tabel 4. 15 Data frekuensi 213-P-002 untuk spektrum vibrasi kondisi #2 .....	90
Tabel 4. 16 Data vibrasi 213-P-002A pada kondisi #3 .....	94
Tabel 4. 17 Data vibrasi 213-P-002B pada kondisi #3 .....	94
Tabel 4. 18 Summary data performa vibrasi dan parameter operasi 213-P-002A .....	100
Tabel 4. 19 Summary data performa vibrasi dan parameter operasi 213-P-002B .....	100
Tabel 4. 20 Riwayat kegagalan 213-P-002A .....	102
Tabel 4. 21 Riwayat kegagalan 213-P-002B .....	102
Tabel 4. 22 Hasil perhitungan MTBF 213-P-002A .....	104
Tabel 4. 23 Hasil perhitungan MTBF 213-P-002B .....	104