

**ANALISIS PENGARUH *MISALIGNMENT FLANGE* PIPA
TERHADAP *NOZZLE* POMPA SENTRIFUGAL PADA
*WELLHEAD PLATFORM***

Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi persyaratan program S-1
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta

Oleh :

John Perry Pandiangan
NPM 2410017211127



UNIVERSITAS BUNG HATTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS SARJANA

"ANALISIS PENGARUH MISALIGNMENT FLANGE PIPA TERHADAP NOZZLE POMPA SENTRIFUGAL PADA WELLHEAD PLATFORM"

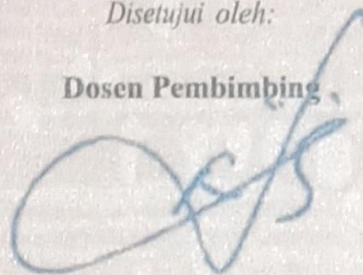
*Telah Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh:

John Perry Pandiangan
2410017211127

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



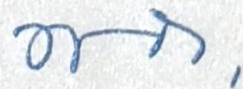
Ir. Kaidir, M.Eng., IPM.
NIDN: 0003076301

**DEKAN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**



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

**KETUA
Program Studi Teknik Mesin**



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

**LEMBARAN PERSETUJUAN PENGUJI
SIDANG SARJANA**

**“ANALISIS PENGARUH MISALIGNMENT FLANGE PIPA TERHADAP
NOZZLE POMPA SENTRIFUGAL PADA WELLHEAD PLATFORM”**

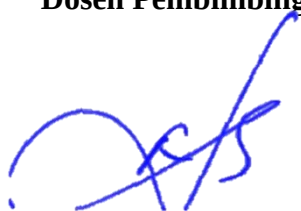
**Telah Diuji Dan Dipertahankan Pada Sidang Sarjana Program Studi Teknik
Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Tanggal 14 Februari 2026**

Oleh:

**John Perry Pandiangan
2410017211127**

Disetujui oleh Tim Penguji:

Dosen Pembimbing



**Ir. Kaidir, M.Eng., IPM.
NIDN: 003076301**

PENGUJI-I



**Dr. Henry Nasution, S.T., M.T.
NIDN: 100109630**

PENGUJI-II



**Dr. Ir. Edi Septe M.T.
NIDN: 1027037002**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : John Perry Pandiangan
NPM : 2410017211127
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Misalignment *Flange*
Pipa Terhadap *Nozzle* Pompa Sentrifugal Pada Wellhead Platform.

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di Universitas Bung Hatta maupundi institusi pendidikan tinggi lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan dan hasil pelaksanaan penelitiannya sendiri, dengan arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh penguji dan pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Bung Hatta.

Batam, 23 Februari 2026



John Perry Pandiangan.

NPM: 2410017211127

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Swt. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Penyusunan tugas akhir dengan judul " Analisis Pengaruh *Misalignment Flange* Pipa Terhadap *Nozzle* Pompa Sentrifugal Pada *Wellhead Platform*" ini merupakan tonggak penting dalam perjalanan akademis penulis untuk meraih gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Bung Hatta.

Penulis sadar sepenuhnya bahwa penyelesaian tugas akhir ini melibatkan banyak pihak yang turut berkontribusi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta, yang telah memberikan dukungan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
2. Bapak Prof. Dr. Hendra Suherman, S.T., M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Bung Hatta, yang senantiasa memberikan dorongan dan bimbingan.
3. Ibu Dr. Weny Martiana, S.T., M.T., selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Universitas Bung Hatta, yang telah memberikan arahan dan dukungan.
4. Bapak Dr. Yovial, ST., M.T., selaku koordinator tugas akhir sarjana yang telah mengkoordinir dan memberikan pengarahan selama pelaksanaan sempro dan sidang tugas akhir berlangsung.
5. Bapak Ir. Kaidir, M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir, yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan yang berharga.
6. Bapak Dr. Henry Nasution. Sebagai Dosen Penguji I, dan Bapak Dr. Edi Septe, ST., M.T., sebagai Dosen Penguji II, yang telah memberikan waktu, fikiran dan tenaga saat menguji serta memberikan saran dan masukan yang konstruktif dan berharga.
7. Bapak Duskiardi, ST., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan masukan dan wejangan yang berharga.

8. Keluarga terkasih, Isteri tercinta Rusmina Tampubolon, S.SI. dan putra-putri tersayang, Abigail Pandiangan, Arkatama Pandiangan dan Anggiwinata Pandiagnan yang telah memberikan dukungan penuh dan menjadi sumber penyemangat dalam perjalanan studi dan dalam penyusunan tugas akhir.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun turut berperan dalam kelancaran penulisan tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan masukan, kritik, dan saran membangun dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa dan pembaca sekalian serta dapat memberikan sumbangan positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Batam, 23 Februari 2026



John Perry Pandiangan

NPM: 2410017211127

ABSTRAK

Penelitian ini membahas dampak *misalignment* antara *flange* pipa dan *nozzle* pompa sentrifugal pada *Wellhead Platform (WHP)*, dengan fokus pada dua unit pompa, 118-P7903 (*alignment* baik) dan 119-P7903 (*alignment* buruk). Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan teori *misalignment* dan efeknya pada kinerja pompa, serta membandingkan parameter vibrasi, temperatur bearing, dan level kebisingan dari kedua unit. Analisis dilakukan berdasarkan standar API RP 686 dan API 610, mengidentifikasi bahwa *misalignment* dapat meningkatkan beban tambahan ke unit pompa, yang dapat menyebabkan kegagalan komponen pompa, termasuk *bearing* dan *mechanical seal*. Metode penelitian kuantitatif dan simulasi numerik digunakan agar dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai pengaruh *misalignment* terhadap kinerja komponen pompa selama pengujian operasional selama 240 menit. Hasil menunjukkan pompa dengan *alignment* baik memiliki tingkat vibrasi dan temperatur yang lebih rendah dibandingkan pompa dengan *misalignment*, mendukung pentingnya instalasi pipa sesuai standar internasional untuk menjaga kinerja optimal sistem. Rekomendasi teknis dihasilkan untuk memperbaiki prosedur instalasi.

Kata Kunci : *Misalignment*; Dampak terhadap pompa; Menjaga *alignment* atar *flange* sesuai standar API 686.

ABSTRACT

This study examines the impact of misalignment between the pipe flange and nozzle of a centrifugal pump in a Wellhead Platform (WHP), focusing on two pump units, 118-P7903 (well-aligned) and 119-P7903 (badly aligned). This study aims to explain the theory of misalignment and its effects on pump performance, as well as to compare the vibration parameters, bearing temperatures, and noise levels of the two units. Analysis, conducted based on API RP 686 and API 610 standards, identified that misalignment can increase additional loads, which can lead to failure of pump components, including bearings and mechanical seals. Quantitative research methods and numerical simulations were used to provide a comprehensive overview of the effect of misalignment on pump performance during a 240-minute operational test. Results showed that well-aligned pumps had lower vibration and temperature levels than misaligned pumps, supporting the importance of piping installation in accordance with international standards to maintain optimal system performance. Technical recommendations were generated to improve installation procedures.

Keywords : *Misalignment; Impact on Pumps; Maintain flange alignment according to API 686 standards.*

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	13
1.1 Latar Belakang	13
1.2 Identifikasi Masalah	14
1.3 Batasan Masalah	14
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	15
1.5 Sistematika Penulisan	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 Misalignment <i>flange</i> pipa dengan <i>nozzle</i> Pompa	17
2.1.1 Penyebab <i>Misalignment</i> di Lapangan	19
2.1.2 Dampak terhadap Getaran dan Komponen Pompa Menurut Jurnal	20
Akademik	20
2.1.3 Penurunan Efisiensi dan Performa	20
2.1.4 Metode Deteksi dan Perbaikan	20
2.1.5 Kelalaian Prosedur Pemasangan	21
2.2 Pompa Sentrifugal	22
2.3 Open Drain <i>Pump</i> dalam Sistem Pig Launcher	26
2.3.1 Metode Analisis	29
2.4 Ringkasan Tinjauan Pustaka	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Objek Penelitian	33
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	34
3.4 Variabel Penelitian	35
3.5 Peralatan dan Bahan	35
3.5.1 Alat yang Digunakan	35
3.5.2 Bahan yang Digunakan	40
3.6 Data Toleransi <i>Misalignment Flange</i>	41
3.7 Prosedur Penelitian	41
3.8 Metode Analisis Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42

4.1	Data Pengukuran <i>Misalignment Flange</i> Pipa terhadap <i>Nozzle</i> Pompa	42
4.2	Gambaran Umum <i>Mechanical Running Test (MRT)</i>	44
4.2.1	Parameter yang Diamati dalam <i>Mechanical Running Test</i>	45
4.2.2	Data Mechanical Run Test <i>dalam Penelitian</i>	46
4.3	Hasil Mechanical Running Test Pump 118-P7903	51
4.3.1	Kondisi Elektrik Motor dan Stabilitas Operasi	52
4.3.2	Tekanan Suction dan Discharge.....	52
4.3.3	Evaluasi Vibrasi sebagai Indikator <i>Misalignment</i>	53
4.3.4	Temperatur Bearing dan Indikasi Distribusi Beban.....	54
4.3.5	<i>Noise Level</i> dan Kondisi Operasi Keseluruhan	56
4.4	Hasil Mechanical Running Test Pump 119-P7903	56
4.4.1	Kondisi Elektrik Motor dan Stabilitas Putaran	57
4.4.2	Performa Tekanan <i>Suction</i> dan <i>Discharge</i>	57
4.4.3	Vibrasi <i>Pump</i> 119-P7903	57
4.4.4	Temperatur <i>Bearing</i> dan Distribusi Beban pada <i>Shaft</i>	58
4.4.5	<i>Noise Level</i> dan Kondisi Operasi Keseluruhan	58
4.5	Perbandingan Hasil Mechanical Running Test Pump 118-P7903 dan Pump 119-P7903	59
4.6	Implikasi terhadap <i>Misalignment Flange</i> dalam Penelitian	60
4.6.1	Relevansi Hasil MRT terhadap Hipotesis Penelitian	60
4.7	Implikasi Hasil <i>MRT</i> terhadap Standar API dan Evaluasi Toleransi <i>Misalignment Flange</i>	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kondisi Flange - Parallel Misalignment	17
Gambar 2.2 Kondisi Flange - Angular Misalignment.....	18
 Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	 33
Gambar 4.1 Lembar Mechanical Running Test Pump 118-P7903	48
Gambar 4.2 Grafik Karakteristik Vibrasi, Temperatur dan Noise Pada MRT Pump 118-P7903	49
Gambar 4.3 Lembar Mechanical Running Test Pump 119-P7903	50
Gambar 4.4 Grafik Karakteristik Vibrasi, Temperatur dan Noise Pada MRT Pump 119-P7903	51
Gambar 4.5 Dokumentasi Pengukuran Vibrasi Pump	54
Gambar 4.6 Dokumentasi Pengukuran Temperature Pump.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian (Time Schedule).....	35
Tabel 4.1 Nilai Pengukuran Misalignment Pompa 118-P7903.....	42
Tabel 4.2 Nilai Pengukuran Misalignment Pompa 119-P7903.....	43
Tabel 4.3 Perbandingan Parameter MRT Pump 118-P7903 vs Pump 119-P7903	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Offshore wellhead platform (WHP) adalah struktur anjungan lepas pantai yang didesain khusus untuk menampung komponen *wellhead* (kepala sumur) dan sistem peralatan-peralatan serta kontrol produksi minyak atau gas dari satu atau beberapa sumur di dasar laut. Platform ini biasanya berukuran kecil hingga menengah, seringkali dioperasikan secara *remote* (jarak jauh), dan berfungsi sebagai *interface* produksi utama untuk mengalirkan hasil tambang ke fasilitas pemrosesan. Pada *Wellhead platform* terdapat banyak jenis *equipment* yang digunakan untuk mendukung proses sistem penyaluran minyak dan gas dan kontrol keamanan, keselamatan manusia, lingkungan dan fasilitas. Salah satunya adalah Pompa sentrifugal *Pig Launcher Open Drain Pump* dimana *equipment* ini berfungsi untuk Mengeluarkan cairan sisa (*chemical*, air, kondensat) yang tertinggal di dalam *barrel* (tabung) launcher setelah pigging, agar barrel benar-benar kosong dan juga memompa kotoran, *sludge*, atau sedimen padat hasil pembersihan pipa yang tersisa di dalam *trap*.

Keandalan pompa sentrifugal tidak hanya ditentukan oleh kualitas desain dan material, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kualitas instalasi pipa yang terhubung ke *nozzle* pompa. Salah satu kasus pada *Wellhead Platform* WHP-19 ditemukan instalasi pemipaan yang bermasalah dari *Pig Launcher* ke *Open Drain Pump* dimana telah terjadi *misalignment* antara *Flange* pipa dengan *Nozzle* pompa. Menurut standar API RP 686 mengenai *Recommended Practice for Machinery Installation and Installation Design*, *misalignment flange* yang tidak ditangani dengan baik merupakan salah satu penyebab utama kegagalan dini pada pompa sentrifugal di industri migas (Zhang dkk., 2020; Garg dkk., 2022; Liu dkk., 2024). Sebagaimana disebutkan diatas kondisi *misalignment* dapat berdampak langsung terhadap kinerja

komponen utama pompa seperti *bearing*, *mechanical seal* dan juga *coupling* dan secara tidak langsung jika kondisi *misalignment* tidak segera diperbaiki akan dapat mempengaruhi kinerja komponen-komponen tersebut yang mana hal tersebut terjadi dalam jangka waktu tertentu akan dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan operasional yang diakibatkan oleh terjadinya *high vibration*, *high bearing temperature*, *mechanical seal failure*, *high noise* dan atau kerusakan sambungan *coupling*. Tentunya hal tersebut sangat dihindari karena dapat mengakibatkan terganggunya sistem pendukung pada proses di fasilitas *Wellhead Platform*. Dari kasus *misalignment* tersebut penulis melakukan kajian analisa bagaimana dampaknya terhadap komponen pompa seperti vibrasi, temperatur *bearing* dan tingkat kebisingan pompa pada saat pengujian operasional.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis pengaruh *misalignment flange* pipa terhadap *nozzle* pompa sentrifugal pada sistem *pig launcher open drain pumps* di *Wellhead Platform*. Lokasi penelitian difokuskan pada dua unit Pompa 119-P7903 kondisi pemipaan *misalign (out of tolerances)* dan unit Pompa 118-P7903 kondisi pemipaan yang *align (within range tolerances)* sebagai unit pembanding.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diidentifikasi beberapa masalah:

1. *Misalignment flange* pipa terhadap *nozzle* pompa pada unit 119-P7903 dimana nilai *misalignment* telah melewati batas toleransi yang diizinkan oleh standar API RP 686.
2. *Misalignment flange* pipa berpotensi menimbulkan beban tambahan yang jika berlebih akan diteruskan ke unit pompa. Dimana beban berlebih tersebut akan dapat menurunkan kemampuan pompa dan memicu kegagalan dini komponen pompa.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini terfokus pada apa yang disebutkan dibatasan masalah sebagai

berikut:

1. Jenis *misalignment* yang dikaji dibatasi pada *misalignment flange* pipa terhadap *nozzle suction* dan *discharge* pada pompa meliputi *offset* dan *angular misalignment*.
2. Objek penelitian dibatasi pada 2-unit pompa 118-P7903 dan 119-P7903 Pompa sentrifugal yang digunakan dalam sistem *pig launcher open drain pump* sebagai pembanding data dari *good alignment* Pompa 118-P7903 dengan *poor alignment* Pompa 119-P7903
3. Parameter yang dikaji terfokus pada nilai Vibrasi, Temperatur dan *Noise level* yang timbul akibat dari *misalignment* antara *flange* pipa dan *nozzle* pompa. Hal ini diamati saat uji operasional pompa selama 240 menit beroperasi.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menjelaskan teori *misalignment flange* pipa terhadap *nozzle* pompa serta dampaknya terhadap kondisi kinerja komponen pompa sentrifugal.
2. Membandingkan hasil analisis pengaruh *misalignment* pada dua unit pompa *good alignment* 118-P7903 dan *poor alignment* 119-P7903 sebagai data pembanding.
3. Memberikan verifikasi terhadap rekomendasi standart API RP 686 akan toleransi *misalignment flange* pipa terhadap *nozzle* pompa pada fase konstruksi.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh *misalignment flange* pipa terhadap *nozzle* pompa serta pengaruh terhadap performa pompa sentrifugal saat pengujian operasional.

2. Menjadi acuan teknis bagi perusahaan EPCI dalam melakukan instalasi pipa agar sesuai standar internasional, seperti standar API RP 686.
3. Memberikan rekomendasi praktis dalam menjaga kualitas konstruksi sistem *pig launcher–open drain pump*

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Latar belakang, identifikasi masalah, batasan, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Teori pompa sentrifugal, *misalignment flange*, standar instalasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian, objek penelitian, lokasi dan waktu, variabel, alat dan bahan, prosedur, metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemaparan hasil analisis *misalignment* dan diskusi

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Ringkasan temuan dan rekomendasi praktis