

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sangat bergantung pada efisiensi komponen-komponen pendukung utamanya untuk menjaga kontinuitas produksi energi listrik. Salah satu peralatan krusial dalam siklus fluida kerja PLTU adalah *Condensate Extraction Pump (CEP)*. Pompa ini berfungsi untuk mengalirkan air hasil kondensasi uap dari *hot well condenser* (Effendi, 2025) menuju *feedwater heater* guna dipanaskan kembali dalam siklus tertutup (*close loop*). Selain perannya dalam sirkulasi fluida, *CEP* juga bekerja secara terintegrasi dengan *condenser vacuum pump* untuk menjaga tekanan vakum di dalam kondensor tetap optimal. Kegagalan pada komponen ini dapat menghambat seluruh siklus termodinamika pembangkit.

Secara struktural, *CEP* umumnya dirancang sebagai pompa tipe vertikal dengan dimensi yang menjulang ke atas. Desain ini menyebabkan *CEP* memiliki massa yang besar namun dengan kekakuan (*stiffness*) yang relatif rendah di bagian atas karena minimnya penopang struktural. Sebagai peralatan yang didominasi material logam, *CEP* memiliki karakteristik redaman (*damping*) yang rendah, sehingga sangat rentan terhadap fenomena resonansi apabila terdapat eksitasi frekuensi yang mendekati frekuensi alaminya.

Modernisasi sistem kontrol melalui penggunaan *Variable Frequency Drive (VFD)* pada motor penggerak *CEP* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi melalui pengaturan kecepatan putar. Namun, penerapan teknologi ini secara signifikan meningkatkan risiko terjadinya masalah vibrasi. Meningkatnya penggunaan *variable frequency drives (VFD)* telah memperparah permasalahan resonansi. Frekuensi resonansi akan muncul apabila kecepatan rotasi pompa bervariasi dalam rentang tertentu (Vogel, 2017).

Kondisi operasional di PLTU Jawa 9 dan 10 milik PT Indo Raya Tenaga menunjukkan tantangan teknis yang serupa. Setiap unit pembangkit menggunakan tiga unit *CEP*, di mana dua unit beroperasi secara normal dan satu unit bertindak sebagai cadangan (*standby*). Berdasarkan data pemantauan, terdapat 4 dari 6 unit pompa *CEP* yang menunjukkan gejala vibrasi tinggi yang melampaui batas standar yang ditetapkan oleh *ISO 20816* atau standar vibrasi internasional lainnya yang berlaku di industri pembangkitan (International Organization for Standardization, 2022).

Amplitudo vibrasi yang berlebihan jika dibiarkan akan berdampak pada kerusakan prematur instrumen sensor serta komponen mekanis lainnya, yang pada akhirnya dapat memicu kegagalan fatal (*catastrophic failure*) dan menyebabkan unit pembangkit mengalami penghentian paksa (*trip/shutdown*). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melakukan diagnosa mendalam melalui judul **“Analisa Spektrum Vibrasi pada Condensate Extraction Pump di PLTU Jawa 9 dan 10 Menggunakan Metode Fast Fourier Transform”**. Penggunaan metode Fast Fourier Transform (FFT) diharapkan mampu mengidentifikasi sumber utama masalah vibrasi secara akurat (Rao, 2011), sehingga dapat memberikan solusi teknis bagi PT Indo Raya Tenaga maupun praktisi condition monitoring secara umum di Indonesia.

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik spektrum frekuensi vibrasi pada *condensate extraction pump* di PT Indo Raya Tenaga selama beroperasi.
2. Frekuensi – frekuensi mana saja yang paling signifikan mempengaruhi performa dan keandalan *condensate extraction pump*.
3. Bagaimana pengaruh parameter operasi (beban dan kecepatan putar) terhadap perubahan spektrum vibrasi pada *condensate extraction pump*.

4. Strategi mitigasi apa yang dapat dirumuskan berdasarkan hasil analisa spektrum *fast fourier transform (FFT)* untuk mengurangi dampak vibrasi pada *condensate extraction pump*.

1.3 Batasan Masalah / Ruang Lingkup

Dari permasalahan yang muncul dalam penyusunan skripsi ini agar tidak menyimpang dari tujuan, maka batasan masalahnya sebagai berikut:

1. Spektrum yang digunakan untuk analisa vibrasi hanya spektrum hasil *fast fourier transform (FFT)* dari *NADA vibration monitoring system* yang terpasang di PT Indo Raya Tenaga.
2. Analisa berfokus pada identifikasi frekuensi dominan serta perbandingan antar kondisi operasi.
3. Analisa dilakukan saat kecepatan putar CEP di rentang 1100 rpm hingga 1450 rpm dengan beban operasional di rentang 500 MW hingga 1000 MW.
4. Penelitian ini dibatasi pada kondisi operasional pompa CEP yang telah ter-*alignment* dengan baik dan beroperasi tanpa indikasi kavitasi, sehingga kedua fenomena tersebut dikesampingkan sebagai penyebab vibrasi dalam analisis ini.
5. Analisa menggunakan deskripsi pola spektrum dan implikasi praktis.
6. Mitigasi hanya disajikan sebagai rekomendasi berbasis kondisi lapangan.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memahami karakteristik spektrum frekuensi yang aman dalam pengoperasian *condensate extraction pump*.
2. Dapat memahami frekuensi – frekuensi yang mempengaruhi performa dan keandalan *condensate extraction pump*.

3. Dapat mengetahui pengaruh paramater operasi (beban dan kecepatan putaran mesin) terhadap vibrasi pada *condensate extraction pump*.
4. Dapat memberikan rekomendasi sebagai mitigasi permasalahan vibrasi pada *condensate extraction pump*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dalam pembuatan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan keandalan dan ketersediaan *condensate extraction pump* di PT Indo Raya Tenaga.
2. Rekomendasi operasional nyata yang dapat mengurangi *downtime*.
3. Pendekatan pembelajaran yang efektif untuk mahasiswa dan praktisi teknis.

