

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN Nusantara Power merupakan anak perusahaan PT PLN (Persero) yang bergerak di bidang pembangkitan tenaga listrik dan memiliki peran strategis dalam menjaga keandalan sistem kelistrikan nasional. Salah satu unit pembangkit yang berada di bawah pengelolaannya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Gunung Malang yang beroperasi di wilayah Unit Pembangkitan Kaltimra. Dalam sistem interkoneksi Kalimantan saat ini, PLTD Gunung Malang berfungsi sebagai pembangkit cadangan (*backup unit*) yang umumnya berada pada kondisi *standby* dan dioperasikan ketika terjadi kondisi tertentu, seperti gangguan sistem, kebutuhan suplai darurat, maupun dukungan keandalan sistem kelistrikan.

Meskipun beroperasi sebagai unit cadangan, kesiapan operasi (*readiness*) mesin pembangkit tetap menjadi faktor yang sangat penting. Unit pembangkit cadangan dituntut untuk mampu beroperasi secara cepat dan andal ketika diperlukan. Oleh karena itu, kondisi mesin diesel harus selalu berada dalam keadaan siap operasi (*ready to operate*) melalui pelaksanaan kegiatan pemeliharaan yang optimal dan terencana.

Mesin diesel sebagai penggerak utama pembangkit bekerja berdasarkan proses pembakaran internal yang melibatkan interaksi sistem mekanik, sistem bahan bakar, sistem udara, serta sistem pelumasan. Secara teoritis, performa dan keandalan mesin diesel sangat dipengaruhi oleh ketepatan pelaksanaan pemeliharaan terhadap komponen-komponen kritis mesin. Ketidaktepatan pemeliharaan dapat menurunkan performa mesin serta meningkatkan potensi gangguan saat unit diperlukan untuk beroperasi.

Salah satu kegiatan pemeliharaan yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja mesin diesel adalah penyetelan *timing camshaft*. *Camshaft* berfungsi mengatur waktu pembukaan dan penutupan katup masuk (*inlet valve*) dan katup buang (*exhaust valve*), serta mengendalikan waktu injeksi bahan bakar melalui *fuel cam*. Ketepatan pengaturan *timing camshaft* sangat menentukan kualitas proses pembakaran, efisiensi kerja mesin, serta keandalan operasi mesin ketika unit dioperasikan kembali setelah periode *standby*.

Pada mesin diesel tipe SWD 9TM410RR yang digunakan di PLTD Gunung Malang, sistem *camshaft* memiliki konstruksi terpisah dengan porosnya menggunakan mekanisme *bushing*. Desain tersebut menyebabkan proses pembongkaran dan pemasangan *camshaft* harus dilakukan secara berurutan antar silinder. Apabila terjadi kerusakan pada *camshaft* silinder tertentu, maka pembongkaran harus dilakukan secara bertahap mulai dari silinder awal hingga silinder yang mengalami kerusakan, sehingga pekerjaan pemeliharaan menjadi kompleks, memerlukan waktu lama, dan membutuhkan tingkat ketelitian tinggi.

Berdasarkan data pemeliharaan periodik dan monitoring gangguan PLTD Gunung Malang pada periode tahun 2017–2021 (Lampiran 9), tercatat sebanyak sepuluh kejadian gangguan yang disebabkan oleh kerusakan *camshaft*, khususnya pada *fuel cam* dan *inlet-exhaust cam*. Kerusakan yang dominan berupa keausan permukaan *cam* akibat gesekan dengan *roller cam*, yang pada beberapa kasus diperparah oleh kondisi sistem pelumasan yang kurang optimal. Gangguan tersebut berpotensi menghambat kesiapan unit pembangkit saat diperlukan untuk beroperasi.

Proses perbaikan dilakukan melalui penggantian *camshaft* dan penyetelan ulang *timing camshaft*. Hingga saat ini, proses penyetelan masih menggunakan metode konvensional dengan *special tools cam fastening* yang dioperasikan secara manual menggunakan kunci pas atau kunci ring. Metode ini membutuhkan tenaga fisik yang besar, melibatkan lebih dari satu pekerja, serta memerlukan waktu pengerjaan relatif lama sehingga berdampak pada lamanya durasi pemeliharaan.

Selain aspek durasi pekerjaan, permasalahan juga muncul pada aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Proses penyetelan dilakukan pada ruang kerja terbatas dengan postur kerja yang kurang ergonomis, seperti membungkuk, menjangkau area sempit, dan melakukan gerakan berulang dengan beban besar dalam waktu lama. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan kelelahan fisik, gangguan *muskuloskeletal*, serta meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Risiko keselamatan semakin meningkat karena proses penyetelan melibatkan sistem hidrolik dengan tekanan kerja tinggi berkisar antara 650–700 bar. Tekanan tersebut memiliki potensi bahaya serius berupa kegagalan sambungan, terlepasnya selang hidrolik, maupun semburan fluida bertekanan tinggi yang dapat menyebabkan cedera berat. Pengendalian risiko selama ini masih bergantung pada

kepatuhan terhadap prosedur kerja tanpa didukung oleh desain alat yang secara langsung mampu mengurangi potensi bahaya. Dalam perspektif K3, kondisi tersebut menunjukkan perlunya penerapan pendekatan pengendalian risiko melalui rekayasa teknis (*engineering control*), yaitu pengendalian bahaya melalui perubahan desain alat atau sistem kerja. Pengembangan alat bantu kerja yang lebih ergonomis, aman, dan efisien menjadi solusi yang relevan untuk meningkatkan kualitas pelaksanaan pemeliharaan.

Berdasarkan permasalahan teknis, operasional, ergonomi, dan keselamatan kerja tersebut, dilakukan rancang bangun penyetel *cam* elektrik yang dinamakan *Electric Motorized Cam Fastening* (EMCF). EMCF dirancang untuk mengubah metode penyetelan dari sistem manual menjadi sistem berbasis motor listrik yang lebih terkontrol, presisi, dan ergonomis. Pengembangan alat ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pekerjaan pemeliharaan, menurunkan beban kerja fisik operator, serta meningkatkan tingkat keselamatan kerja sehingga kesiapan operasi unit PLTD Gunung Malang sebagai pembangkit cadangan dapat tetap terjaga.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, proses penyetelan *timing camshaft* pada mesin diesel SWD 9TM410RR di PLTD Gunung Malang masih dilakukan secara manual menggunakan *special tools* konvensional yang membutuhkan tenaga fisik besar, waktu pengerjaan relatif lama, serta memiliki risiko ergonomi dan keselamatan kerja. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan solusi teknis yang lebih efektif dan aman melalui pendekatan rekayasa alat bantu kerja. Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini dirumuskan dalam beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi dan keterbatasan metode penyetelan *timing camshaft* secara konvensional pada mesin diesel di PLTD Gunung Malang?
2. Bagaimana merancang dan membangun penyetel *cam* elektrik (*Electric Motorized Cam Fastening*/EMCF) sebagai alat bantu penyetelan *timing camshaft*?
3. Bagaimana kinerja EMCF dalam mendukung proses penyetelan *timing camshaft* ditinjau dari aspek efektivitas pekerjaan pemeliharaan?
4. Bagaimana penggunaan EMCF mempengaruhi aspek ergonomi dan keselamatan kerja operator pada proses penyetelan *timing camshaft*?

5. Apakah penerapan EMCF dapat menjadi solusi teknis yang mendukung kesiapan operasi unit PLTD Gunung Malang sebagai pembangkit cadangan?

Rumusan masalah ini menjadi dasar dalam penentuan arah perancangan, implementasi, serta evaluasi karya inovasi *Electric Motorized Cam Fastening* (EMCF) yang dikembangkan dalam proyek ini.

1.3 Tujuan Proyek

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Tujuan Umum

Merancang dan membangun penyetel *cam* elektrik (*Electric Motorized Cam Fastening/EMCF*) sebagai alat bantu untuk meningkatkan efektivitas dan keselamatan kerja pada proses penyetelan *timing camshaft* mesin diesel di PLTD Gunung Malang.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi kondisi dan keterbatasan metode penyetelan *timing camshaft* secara konvensional pada mesin diesel di PLTD Gunung Malang.
- b. Merancang dan membangun alat penyetel *cam* elektrik (*Electric Motorized Cam Fastening/EMCF*) sebagai solusi rekayasa teknis pada proses penyetelan *camshaft*.
- c. Menguji kinerja alat EMCF dalam mendukung efektivitas proses penyetelan *timing camshaft*.
- d. Menganalisis pengaruh penggunaan EMCF terhadap aspek ergonomi dan keselamatan kerja operator menggunakan metode NIOSH, RULA, REBA, dan %CVL.
- e. Mengevaluasi penerapan EMCF sebagai alat bantu pemeliharaan dalam mendukung kesiapan operasi unit PLTD Gunung Malang sebagai pembangkit cadangan.

1.4 Manfaat Proyek

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEKS)

- a. Menambah khasanah ilmu pengetahuan di bidang teknik mesin, khususnya pada pengembangan alat bantu pemeliharaan mesin diesel pembangkit.
 - b. Menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan rekayasa alat berbasis pendekatan ergonomi dan keselamatan kerja pada kegiatan pemeliharaan industri.
 - c. Menyediakan dokumentasi ilmiah mengenai penerapan rekayasa teknis (*engineering control*) sebagai metode pengendalian risiko kerja pada proses pemeliharaan mesin.
2. Manfaat bagi Industri dan Dunia Kerja
- a. Memberikan alternatif solusi teknis berupa penyetel *cam* elektrik (*Electric Motorized Cam Fastening/EMCF*) untuk meningkatkan efektivitas pekerjaan pemeliharaan *camshaft*.
 - b. Mendukung peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) operator melalui penggunaan alat kerja yang lebih ergonomis dan aman.
 - c. Membantu menjaga kesiapan operasi unit PLTD Gunung Malang sebagai pembangkit cadangan melalui proses pemeliharaan yang lebih efisien.
3. Manfaat bagi Akademisi dan Penelitian Selanjutnya
- a. Menjadi bahan acuan bagi mahasiswa dan peneliti dalam pengembangan inovasi alat bantu pemeliharaan mesin diesel atau sistem mekanik sejenis.
 - b. Mendorong pengembangan penelitian rekayasa terapan yang berfokus pada peningkatan efektivitas kerja dan keselamatan operator di lingkungan industri pembangkit.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Agar pembahasan dalam tugas akhir ini terarah dan sesuai dengan tujuan penelitian, maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada kegiatan rancang bangun penyetel *cam* elektrik (*Electric Motorized Cam Fastening/EMCF*) sebagai alat bantu penyetelan *timing camshaft* pada mesin diesel tipe SWD 9TM410RR di PLTD Gunung Malang.
2. Kajian penelitian dibatasi pada proses perancangan, pembuatan, pengujian fungsi, serta implementasi alat EMCF pada kegiatan pemeliharaan *camshaft*.

3. Evaluasi kinerja alat difokuskan pada aspek efektivitas pekerjaan pemeliharaan dan aspek ergonomi serta keselamatan kerja operator menggunakan metode NIOSH, RULA, REBA, dan %CVL.
4. Penelitian tidak membahas analisis performa termodinamika mesin diesel, analisis konsumsi bahan bakar, maupun pengaruh penyetelan *camshaft* terhadap parameter operasi mesin secara detail.
5. Penelitian tidak mencakup analisis ekonomi, perhitungan biaya produksi massal, maupun kajian kelayakan komersial alat EMCF.
6. Data penelitian diperoleh dari kegiatan pemeliharaan dan implementasi lapangan dalam periode pelaksanaan tugas akhir dengan keterbatasan waktu dan kondisi operasional unit pembangkit yang berstatus *standby*.
7. Pembahasan dibatasi pada pengujian operasional alat dan tidak mencakup pengujian jangka panjang (*long-term reliability test*).