

Analisis Kinerja Motor Circulating Water Pump Unit 6 PT. PLN Indonesia Power UBP Suralaya Menggunakan Pendekatan Deskriptif Kuantitatif Berbasis Standar IEEE dan IEC

Fiana¹, Didik Aribowo²

^{1,2} Pendidikan Vokasional Teknik Elektro/Universitas Sultan Ageng Tirtayasa/Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Serang, Banten 42117_1, Indonesia

Corresponding Author: ffiana708@gmail.com

Riwayat Artikel

Diserahkan: 1 November 2025

Direvisi: 26 November 2025

Diterima: 26 November 2025

Dipublikasi: 30 November 2025

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa motor Circulating Water Pump (CWP) Unit 6 pada PLTU Suralaya menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis data sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) dan Distributed Control System (DCS). Evaluasi dilakukan terhadap parameter kelistrikan dan mekanis motor dengan mengacu pada standar internasional IEEE Std 112-2017 dan IEC 60034-14. Data dikumpulkan selama 24 jam operasi stabil dengan total 288 titik data. Hasil menunjukkan bahwa motor CWP 6A dan CWP 6B beroperasi dalam batas aman, ditunjukkan oleh arus masing-masing 190 A dan 192 A, suhu stator pada rentang 74–79 °C, dan tingkat getaran di bawah 0.1 mm/s yang jauh di bawah batas getaran 4.5 mm/s. Kesimpulan menyatakan bahwa motor dalam kondisi stabil dan efisien, serta integrasi SCADA–DCS sangat efektif untuk mendukung predictive maintenance.

Kata kunci: motor induksi, SCADA–DCS, IEC 60034-14, IEEE Std 112, performa motor.

Abstract

This study aims to evaluate the performance of the Circulating Water Pump (CWP) Unit 6 motors at PLTU Suralaya using a quantitative descriptive approach based on operational data from the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system and the Distributed Control System (DCS). The assessment covers key electrical and mechanical parameters by referring to international standards, namely IEEE Std 112-2017 and IEC 60034-14. Data were collected during 24 hours of stable operation, resulting in 288 measurement points. The findings indicate that the CWP 6A and CWP 6B motors operated within safe limits, as shown by current values of 190 A and 192 A, stator temperatures ranging from 74–79 °C, and vibration levels below 0.1 mm/s, which are significantly lower than the allowable limit of 4.5 mm/s. These results confirm that both motors are in stable and efficient operating condition. Furthermore, the integration of SCADA–DCS proves to be effective in supporting predictive maintenance for high-voltage motor systems.

Keywords: induction motor, SCADA–DCS, IEC 60034-14, IEEE Std 112, motor performance.

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Suralaya merupakan salah satu kompleks pembangkit terbesar di Indonesia yang berada di bawah pengelolaan *PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya*, berlokasi di Kelurahan Suralaya, Kecamatan Pulo Merak, Provinsi Banten. Pembangkit ini berperan penting dalam menjaga keandalan pasokan listrik di sistem interkoneksi Jawa–Bali–Sumatera dengan total kapasitas daya mencapai 3.400 MW [1]. Setiap unit pembangkit menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utama untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi yang memutar turbin guna menghasilkan energi listrik. Salah satu faktor utama dalam menjaga efisiensi dan kontinuitas operasi pembangkit adalah sistem pendinginan kondensor yang berfungsi untuk mengembunkan kembali uap hasil ekspansi turbin menjadi air kondensat [2].

Dalam sistem pendinginan tersebut, *Circulating Water Pump* (CWP) berperan vital dalam mensirkulasikan air laut sebagai media pendingin kondensor. Kinerja CWP sangat berpengaruh terhadap efisiensi termal unit pembangkit. Gangguan pada sistem ini dapat menyebabkan kenaikan suhu kondensor, penurunan kevakuman, hingga *trip* unit pembangkit yang berpotensi menurunkan efisiensi dan keandalan operasi [3]. Oleh karena itu, pemantauan dan analisis performa motor penggerak CWP menjadi hal yang krusial untuk menjamin kontinuitas operasi.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas analisis performa motor induksi dan sistem pompa pendingin pada pembangkit listrik. Saputro dan Suparto [7] meneliti performa *Main Cooling Water Pump* pada PLTP berbasis data operasional, sedangkan Saputra *et al.* [8] menganalisis pengaruh pola pengoperasian motor CWP terhadap efisiensi kondensor pada PLTU. Rezeki *et al.* [9] meneliti hubungan antara vibrasi dan kavitas pada *Auxiliary Cooling Water Pump*, sementara

Evendi [10] mengkaji efek kegagalan CWP menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih berfokus pada aspek mekanis dan belum memanfaatkan secara penuh integrasi data operasional dari sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) serta *Distributed Control System* (DCS) untuk menilai performa aktual motor bertegangan tinggi.

Kesenjangan tersebut menjadi dasar *gap analysis* dalam penelitian ini. Berbeda dari penelitian terdahulu, penelitian ini memanfaatkan data historis dari sistem SCADA–DCS untuk melakukan evaluasi performa motor CWP Unit 6 di PLTU Suralaya. Analisis difokuskan pada parameter kelistrikan dan mekanis seperti arus, tegangan, suhu stator, serta suhu *bearing* guna menentukan kondisi aktual motor dan kecenderungan efisiensinya terhadap perubahan beban. *Novelty* penelitian ini terletak pada penggunaan data pemantauan terintegrasi SCADA–DCS untuk menganalisis performa motor tegangan tinggi secara kuantitatif dalam sistem pembangkit aktual.

Permasalahan utama yang dikaji adalah bagaimana kondisi performa motor *Circulating Water Pump* Unit 6 berdasarkan data operasional SCADA–DCS. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter kelistrikan dan mekanis motor guna mengetahui apakah kinerjanya masih berada dalam batas aman operasi serta mengidentifikasi potensi gangguan yang dapat menurunkan efisiensi sistem pendinginan.

Penelitian ini merujuk pada standar teknis internasional seperti IEEE Std 112-2017 untuk evaluasi parameter kelistrikan motor induksi serta IEC 60034-14 untuk batas getaran mesin listrik berputar. Penyebutan standar ini penting untuk memastikan bahwa analisis kinerja motor dilakukan sesuai acuan teknis yang diakui secara global.

Adapun batasan penelitian difokuskan pada dua unit motor, yaitu CWP 6A dan CWP 6B. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah terhadap strategi *maintenance* berbasis data operasional aktual, serta menjadi acuan dalam pengembangan sistem *predictive maintenance* terintegrasi di lingkungan pembangkit listrik [11]–[13].

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan memanfaatkan data sekunder yang diperoleh dari sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) – Distributed Control System (DCS) pada PLTU Suralaya Unit 6. Data yang dianalisis merupakan hasil pencatatan otomatis sistem selama kondisi operasi stabil (steady state), sehingga merepresentasikan performa aktual motor Circulating Water Pump (CWP) tanpa perlu dilakukan pengukuran langsung di lapangan.

2.1 Sistem scada dan dcs

Sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) merupakan sistem pemantauan dan akuisisi data terpusat yang berfungsi untuk mengumpulkan, menampilkan, serta menganalisis parameter proses industri secara *real-time*. Di dalam sistem ini terdapat *Distributed Control System* (DCS) yang bertanggung jawab melakukan pengendalian proses secara langsung di lapangan.

DCS menerima sinyal dari sensor dan aktuator di peralatan pembangkit, menjalankan kontrol otomatis, serta mengirimkan data ke sistem SCADA agar dapat ditampilkan dan dianalisis oleh operator [18],[19]. Hubungan antara SCADA dan DCS ini memungkinkan proses pemantauan kondisi motor CWP dilakukan secara akurat, kontinu, dan terdokumentasi.

2.2 Sumber dan jenis data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari logsheet dan histori sistem SCADA–DCS PLTU Suralaya Unit 6. Data

tersebut mencakup parameter-parameter utama yang berpengaruh terhadap performa motor CWP, meliputi:

- Arus beban (A),
- Tegangan kerja (kV),
- Suhu stator (°C),
- Suhu *bearing* (°C),
- Tingkat getaran (*vibration level*, mm/s), dan
- Tekanan air pendingin (bar).

Data penelitian dikumpulkan selama 24 jam periode operasi stabil dengan interval pencatatan 5 menit, sehingga diperoleh total 288 titik data. Jumlah data ini memberikan representasi cukup akurat terhadap kondisi aktual motor CWP selama operasi normal.

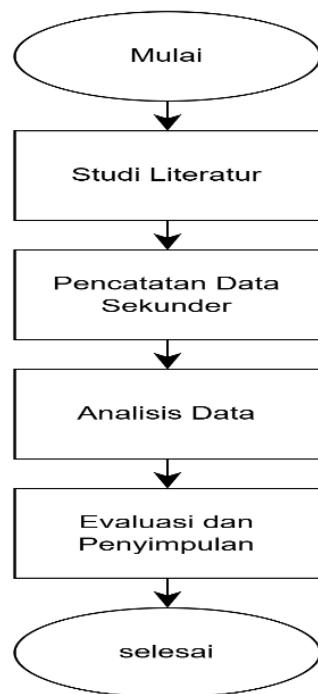
Seluruh data bersifat sekunder, karena diperoleh dari hasil pencatatan otomatis sistem kontrol, bukan dari pengukuran langsung menggunakan instrumen lapangan.

2.3 Alur tahap penelitian

Data numerik dari sistem SCADA–DCS diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk dilakukan evaluasi performa terhadap standar teknis yang berlaku, antara lain IEEE Std 112-2017 dan IEC 60034-14. Evaluasi parameter kelistrikan mengacu pada IEEE Std 112-2017, sedangkan evaluasi getaran mengacu pada IEC 60034-14. Analisis dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Pengelompokan data berdasarkan parameter kelistrikan dan mekanis selama periode operasi stabil.
2. Evaluasi performa motor dengan membandingkan hasil pencatatan SCADA–DCS terhadap batas aman operasi menurut standar pabrikan dan acuan internasional.
3. Interpretasi hasil untuk menentukan kondisi aktual motor CWP,

mengidentifikasi potensi gangguan, serta menilai efisiensi operasi sistem pendinginan kondensor.



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang tersusun secara sistematis sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahap pertama meliputi studi literatur, yang dilakukan untuk mendapatkan pemahaman teoritis dan sumber referensi mengenai cara kerja motor induksi tiga fasa, mekanisme pendinginan pada kondensor, serta standar evaluasi kinerja motor berdasarkan pedoman dari IEEE dan IEC.

Tahap berikutnya adalah pengumpulan data sekunder, yaitu pengambilan data parameter operasional motor *Circulating Water Pump* (CWP) 6A dan 6B dari sistem *Distributed Control System* (DCS) PLTU Suralaya. Data yang diambil meliputi arus, tegangan, suhu *bearing* dan *winding*, tekanan air pendingin, serta getaran motor selama periode pengamatan. Selanjutnya dilakukan analisis data, dengan cara membandingkan hasil pencatatan DCS terhadap

standar pabrikan motor dan referensi teknis untuk menilai kondisi performa motor. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam tahap terakhir, yaitu evaluasi dan penyimpulan, di mana peneliti menilai kinerja motor CWP serta memberikan rekomendasi perawatan preventif agar sistem pendinginan kondensor tetap beroperasi secara efisien dan andal.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini diperoleh melalui kegiatan praktik industri yang dilaksanakan di PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya, khususnya pada Divisi Balance of Plant (BOP) yang berfokus pada analisis kinerja Motor Circulating Water Pump (CWP) Unit 6. Motor ini berperan penting dalam sistem pendinginan kondensor pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), yang berfungsi mensirkulasikan air laut sebagai media pendingin. Kinerja motor CWP yang optimal akan menjaga efisiensi proses kondensasi dan stabilitas daya keluaran turbin. Sebelum dilakukan pengukuran, dilakukan pemeriksaan kondisi area sekitar motor untuk memastikan tidak ada kebocoran, getaran berlebih, serta sistem pelumasan berfungsi baik. Pemeriksaan ini menjadi langkah awal untuk menjamin akurasi data pengamatan.

3.1 Spesifikasi dan kondisi operasional motor cwp

Motor Circulating Water Pump (CWP) merupakan motor induksi tiga fasa bertegangan tinggi yang berfungsi mensirkulasikan air laut sebagai media pendingin pada kondensor. Sistem ini dikendalikan secara otomatis melalui *Distributed Control System* (DCS) yang terintegrasi dengan *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), sehingga seluruh parameter operasi dapat dimonitor secara *real-time* oleh operator.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Circulating Water Pump.

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Tipe	VTE.AW
2	Tegangan	10,5 kv
3	Kelas Isolasi	F
4	Frekuensi	50 Hz
5	Suhu Kerja	32-36 °C
6	Tahun Pembuat	1992

Berdasarkan tabel tersebut, motor CWP Unit 6 merupakan motor induksi tegangan tinggi berkapasitas besar yang bekerja secara kontinyu selama 24 jam penuh. Untuk memastikan motor bekerja dalam kondisi normal, dilakukan pengambilan data dari sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) *Distributed Control System* (DCS).

**Gambar 2. Motor Circulating Water Pump (CWP)**

Gambar di atas menunjukkan motor CWP yang diamati pada Unit 6 PLTU Suralaya. Motor bekerja dengan sistem vertikal yang terhubung langsung dengan pompa air laut. Pemeriksaan dilakukan secara rutin meliputi pengukuran suhu, getaran, dan pelumasan untuk memastikan performa tetap terjaga.

Analisis data menunjukkan kedua motor beroperasi stabil tanpa indikasi gangguan mekanis maupun kelistrikan. Perbedaan kecil antarunit disebabkan oleh variasi beban hidrolik, namun tidak memengaruhi performa keseluruhan. Nilai *seal water differential pressure* juga konstan, menandakan sistem pendinginan berfungsi baik.

3.2 Data hasil pemantauan sistem scada-dcs

Data yang dianalisis berasal dari sistem SCADA-DCS selama periode operasi stabil. Parameter yang digunakan meliputi arus, tegangan, suhu stator, suhu *bearing*, getaran, dan tekanan air pendingin. Seluruh data ini

bersifat sekunder karena diperoleh dari sistem pemantauan otomatis, bukan pengukuran langsung.

Tabel 2. Data Operasional Berdasarkan Sistem Distributed Control System (DCS).

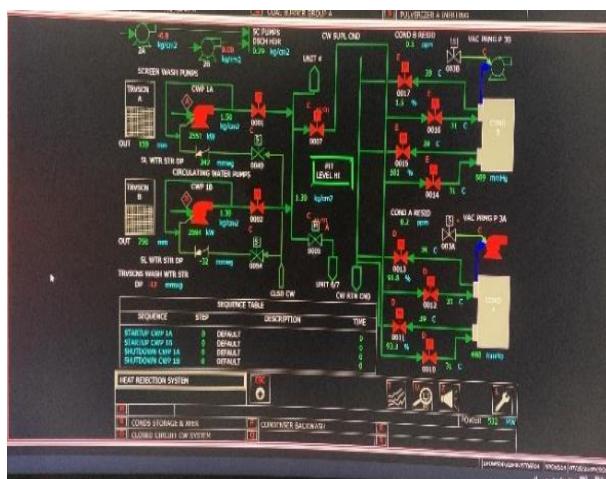
Parameter	CWP 6A	CWP 6B	Batas Standar	Acuan
Arus Beban	190 A	192 A	≤ 210 A	Nameplate
Daya Input Kw	2551 kW	2594 kW	-	-
Temperatur Stator (°C)	R : 76 °C S : 74 °C T : 75 °C	R : 78 °C S : 79 °C T : 78 °C	≤ 120 °C	IEEE Std 112
Temperatur Bearing (°C)	Atas : 69 °C Bawah 64 °C	Atas : 72 °C Bawah 58 °C	≤ 95 °C	Pabrikan
Vibrasi X	0.091 mm	0.047 mm	≤ 4.5 mm/s	IEC 60034-14
Vibrasi Y	0.082 mm	0.065 mm	≤ 4.5 mm/s	IEC 60034-14
Seal Water str DP (mmwg)	349 mmwg	-32 mmwg	200–400 mmwg	Pabrikan
Status Operasi	Normal	Normal	-	-

Berdasarkan data yang diperoleh melalui sistem SCADA-DCS, arus beban pada motor *Circulating Water Pump* (CWP) 6A tercatat sebesar 190 A, sedangkan motor CWP 6B menunjukkan nilai 192 A. Perbedaan kecil ini menunjukkan adanya variasi beban kerja yang wajar antara kedua unit, seiring dengan fluktuasi tekanan dan debit air laut yang disirkulasikan menuju kondensor. Daya input masing-masing motor tercatat sebesar 2551 kW untuk CWP 6A dan 2594 kW untuk CWP 6B, yang menandakan bahwa konsumsi daya kedua motor relatif seimbang dan masih berada dalam rentang operasi normal sesuai spesifikasi pabrikan.

Suhu operasi juga menunjukkan kestabilan yang baik, dengan temperatur *stator* berkisar antara 74–79 °C, sedangkan suhu *bearing* berada dalam kisaran 58–72 °C. Nilai ini mencerminkan bahwa sistem pendinginan motor, baik melalui sirkulasi udara maupun

pelumasan pada bantalan, bekerja dengan efektif tanpa indikasi kenaikan suhu berlebih.

Selain itu, hasil pemantauan tingkat getaran pada kedua motor menunjukkan nilai antara 0,047 hingga 0,091 mm, yang masih jauh di bawah batas maksimum yang ditetapkan oleh standar IEC 60034-14 untuk mesin listrik berputar dengan ketinggian poros dan kecepatan sejenis. Hal ini menandakan bahwa kondisi mekanis motor masih stabil, tidak terdapat indikasi *unbalance*, *misalignment*, ataupun gangguan pada sistem poros dan *bearing*.

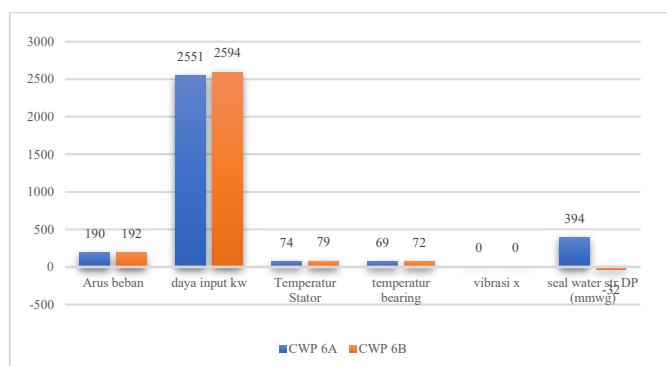


Gambar 3. Tampilan HMI Sistem Rejection pada Pompa CWP

Gambar 3 menampilkan tampilan Human Machine Interface (HMI) dari sistem Rejection Circulating Water Pump (CWP) yang diintegrasikan dengan *Distributed Control System* (DCS). Tampilan ini memperlihatkan parameter utama operasi pompa seperti status motor (running/trip), tekanan suction dan discharge, laju aliran air pendingin, serta alarm indikasi jika terjadi penyimpangan nilai parameter dari batas aman. HMI berfungsi sebagai media pemantauan dan pengendalian utama bagi operator untuk memastikan motor dan pompa beroperasi pada kondisi stabil. Dengan tampilan yang informatif dan responsif, sistem HMI memudahkan identifikasi dini terhadap potensi gangguan, misalnya peningkatan arus, kenaikan suhu stator atau bearing, serta anomali tekanan pada seal water.

3.3 Analisis parameter kelistrikan dan mekanis

Berdasarkan pemantauan melalui HMI tersebut, diperoleh data numerik dari sistem DCS yang digunakan untuk melakukan analisis performa motor CWP. Data-data ini kemudian diolah dan divisualisasikan dalam bentuk diagram batang sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, guna memberikan gambaran kuantitatif mengenai perbandingan kondisi kerja antara motor CWP 6A dan CWP 6B.



Gambar 4. Diagram Batang Perbandingan Parameter Operasi Motor Circulating Water Pump (CWP 6A dan CWP 6B)

Gambar 4 memperlihatkan hasil analisis perbandingan parameter operasi antara motor CWP 6A dan CWP 6B berdasarkan data yang diambil dari sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) – *Distributed Control System* (DCS) selama periode operasi normal. Parameter yang dibandingkan meliputi arus, daya input, temperatur stator, temperatur bearing atas dan bawah, vibrasi sumbu X dan Y, serta tekanan diferensial air penyekat (seal water differential pressure).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa motor CWP 6A memiliki nilai arus dan daya input sedikit lebih tinggi dibandingkan motor CWP 6B, menandakan beban listrik yang lebih besar. Kondisi ini diikuti dengan temperatur stator dan bearing yang juga sedikit lebih tinggi, namun masih berada dalam batas aman sesuai standar IEC 60034-1. Nilai vibrasi pada kedua unit

relatif stabil, berkisar antara 1,22–1,32 mm/s, yang masih jauh di bawah batas maksimum 4,5 mm/s sebagaimana diatur dalam IEC 60034-14, menunjukkan tidak adanya ketidakseimbangan atau gangguan mekanik pada sistem pompa. Nilai seal water differential pressure pada kedua motor juga relatif konstan, yaitu 45,8 kPa untuk CWP 6A dan 44,9 kPa untuk CWP 6B, menunjukkan sistem pendinginan dan penyekatan poros bekerja dengan baik tanpa kebocoran.

3.4 Pembahasan dan Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performa motor CWP Unit 6 masih berada dalam kondisi optimal baik dari aspek kelistrikan maupun mekanis. Kondisi ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu yang juga menganalisis performa motor pendingin di sistem pembangkit:

- Saputro dan Suparto (2021) meneliti performa pompa pendingin di PLTP dan menemukan kestabilan arus serta suhu dalam rentang aman.
- Saputra et al. (2025) menganalisis pola pengoperasian motor CWP terhadap efisiensi kondensor PLTU dan menunjukkan bahwa variasi pola operasi berpengaruh pada suhu kondensor.

Perbedaan (novelty) penelitian ini terletak pada penggunaan data aktual SCADA–DCS tanpa intervensi manual, sehingga hasil analisis lebih representatif terhadap kondisi operasi nyata. Selain itu, penelitian ini menggabungkan evaluasi parameter kelistrikan dan mekanis secara simultan untuk memperoleh gambaran komprehensif terhadap kondisi motor tegangan tinggi di sistem pendingin PLTU.

Nilai getaran pada kedua motor sangat rendah (<0.1 mm/s), jauh di bawah batas 4.5 mm/s sesuai IEC 60034-14. Hal ini menunjukkan kondisi mekanis motor yang sangat stabil, tanpa indikasi unbalance atau misalignment. Temuan ini konsisten dengan penelitian Rezeki et al.

(2024) yang menekankan pentingnya vibrasi sebagai indikator kesehatan motor

Keterbatasan penelitian ini meliputi:

1. data hanya mencakup kondisi steady-state
2. belum dilakukan analisis spektrum getaran untuk diagnosis kerusakan lebih dalam
3. tidak melibatkan data lintas periode tahunan.

Hasil ini menguatkan efektivitas SCADA–DCS untuk mendukung penerapan predictive maintenance, yang berpotensi meningkatkan keandalan sistem pendinginan kondensor dan menurunkan risiko trip pembangkit.

3.5 Implikasi Hasil Penelitian

Secara teoritis, hasil ini memperkuat konsep bahwa pemantauan performa motor dapat dilakukan secara akurat melalui sistem SCADA–DCS tanpa perlu pengukuran lapangan tambahan.

Secara terapan, hasil penelitian memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan strategi maintenance berbasis data (data-driven maintenance) dan predictive maintenance di lingkungan pembangkit listrik, yang dapat meningkatkan keandalan sistem pendinginan kondensor dan menekan potensi *downtime*.

Metode ini juga dapat direplikasi pada unit lain dengan hasil yang konsisten karena seluruh proses analisis berbasis data terukur dan standar industri.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis performa motor Circulating Water Pump (CWP) pada PLTU Suralaya Unit 6 menggunakan data dari sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) – Distributed Control System (DCS), dapat disimpulkan bahwa kondisi operasi motor berada dalam batas aman sesuai standar teknis pabrikan dan acuan seperti IEEE Std 112-2017 serta IEC 60034-14. Nilai arus, suhu stator, suhu bearing, dan tingkat getaran menunjukkan

bawa motor beroperasi stabil pada kondisi beban normal tanpa indikasi gangguan signifikan. Penggunaan data SCADA-DCS terbukti efektif untuk melakukan pemantauan performa motor secara kontinu dan akurat tanpa memerlukan pengukuran langsung di lapangan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi sistem SCADA dan DCS memberikan manfaat signifikan dalam mendukung kegiatan pemeliharaan prediktif di pembangkit listrik, khususnya untuk peralatan bertegangan tinggi seperti motor CWP. Sebagai tindak lanjut, disarankan agar penelitian selanjutnya mengembangkan analisis tren jangka panjang dengan melibatkan lebih banyak parameter seperti getaran spektrum dan efisiensi energi untuk memperoleh gambaran lebih komprehensif terhadap kondisi dinamis motor selama berbagai pola operasi. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar penerapan sistem pemeliharaan berbasis data (*data-driven maintenance*) yang lebih efisien dan andal di lingkungan PLTU.

Hasil analisis yang mengacu pada standar IEEE Std 112 dan IEC 60034-14 memastikan bahwa evaluasi dilakukan berdasarkan acuan teknis yang valid.

Ucapan Terima Kasih

Penulis F.F. mengucapkan terima kasih kepada PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya yang telah memberikan izin, dukungan, dan kesempatan untuk melaksanakan penelitian serta praktik kerja lapangan di Unit 6. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas bimbingan, arahan, dan dukungan akademik selama proses penyusunan artikel ilmiah ini.

Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada seluruh teknisi Divisi Balance of Plant (BOP) PT PLN Indonesia Power UBP Suralaya yang telah membantu dalam pengumpulan data serta memberikan penjelasan teknis terkait pengoperasian dan sistem kerja *Circulating*

Water Pump (CWP). Penulis juga berterima kasih atas fasilitas dan kerja sama yang diberikan oleh pihak perusahaan selama pelaksanaan penelitian, sehingga artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] E. Dermawan and D. Nugroho, "Analisa Koordinasi Over Current Relay dan Ground Fault Relay di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka," *Elektrum Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 43–48, 2017.
- [2] D. Hariyono, "Analisa Proteksi Relay Differensial Terhadap Gangguan Eksternal Transformator," *Saintek ITM*, vol. 32, no. 2, pp. 67–72, 2019.
- [3] Y. N. Hilal, P. Muliandhi, and E. N. Ardina, "Analisa Balancing BMS (Battery Management System) pada Pengisian Baterai Lithium-Ion Tipe INR 18650 dengan Metode Cut Off," *Jurnal Simetris*, vol. 14, no. 2, pp. 155–162, 2023.
- [4] G. A. Ibrahimusa, J. Joko, T. Wrahatnolo, and A. I. Agung, "Analisis Koordinasi Setting Relay Proteksi pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT PLN UP3 Kediri Gardu Induk Pare," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 28–36, 2023.
- [5] N. Imaruzi, Z. Zulkifli, and T. Rihayat, "Optimasi Unit Desalinasi Air Laut dengan Alat Seawater Reverse Osmosis (Membran) pada Unit PLTU Sulbagut I Gorontalo Menggunakan Metode Pendekatan Response Surface I-Optimal Design Expert," *Jurnal Teknologi*, vol. 24, no. 1, pp. 52–58, 2024.
- [6] P. Muliandhi and I. A. Sulistyo, "Analisis Elektrik Motor Penggerak TBS (Traveling Band Screen) PLTU," *Elektrika*, vol. 14, no. 1, pp. 26–29, 2022.

- [7] A. Saputro and K. Suparto, "Analisis Performa Main Cooling Water Pump Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) PT. X," *Jurnal Tera*, vol. 1, no. 2, pp. 253–267, 2021.
- [8] I. H. Saputra, A. Ulfiana, and P. Jannus, "Analisis Pengaruh Pola Pengoperasian Motor Circulating Water Pump pada Kondensor PLTU PT. X," *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2025.
- [9] P. S. Rezeki, Y. Ramdhani, R. A. Pratama, and D. M. Haeqal, "Analisa Kinerja Operasional Auxiliary Cooling Water Pump Terhadap Vibrasi dan Kavitasasi di PLTP Unit 1 Patuha," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 97–103, 2024.
- [10] I. A. Evendi, "Analisis Efek Kegagalan pada Performa Circulating Water Pump Berbasis FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)," *Enigma: Engineering in Green Machinery*, vol. 1, no. 1, pp. 18–27, 2024.
- [11] J. Siburian, M. Purba, and P. Togatorop, "Studi Analisa Penghantar Tie Breaker Emergensi pada Pembangkit Tenaga Listrik," *Jurnal Teknologi Energi UDA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 17–24, 2021.
- [12] A. V. Yunitasari and S. Pramono, "Sistem Proteksi Over Current Relay Motor Forced Draft Fan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap," *Jurnal Teknologi*, vol. 13, no. 1, pp. 55–62, 2021.
- [13] A. Fernandes, K. T. Mauriraya, and S. M. Prasetyo, "Analisis Unjuk Kerja Air Circuit Breaker Tipe 3 WL pada Low Voltage Main Distribution Panel dengan Metode Direct Charge pada PT. Siemens Indonesia," *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2025.
- [14] W. Arso, B. Idiyanto, and F. Azharul, "Peningkatan Kualitas Water Pump Engine Type SAA6D170E-5 dengan Perbaikan Proses Assembly Water Pump," *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, vol. 6, no. 1, pp. 56–69, 2022.
- [15] W. Alfitrah, "Analisis Keandalan Instrumentasi Circulating Water Pump Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) PT PLN Nusantara Power UP Tenayan," *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering (JITE)*, vol. 9, no. 1, pp. 33–40, 2025.
- [16] D. N. Solikhin and A. H. A. Rasyid, "Analisis Vibrasi untuk Mendeteksi Kerusakan Impeller Water Supply Pump di PLTA Lodoyo," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 7–12, 2025.
- [17] V. Eugenie and K. T. Mauriraya, "Identifikasi Kerusakan Batang Rotor pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Metode Motor Current Signature Analysis (MCSA)," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 119824–119833, 2025.
- [18] F. O. Onyeke, O. Odujobi, F. E. Adikwu, and T. Y. Elete, "Innovative Approaches to Enhancing Functional Safety in Distributed Control Systems (DCS) and Safety Instrumented Systems (SIS) for Oil and Gas Applications," *Open Access Research Journal of Multidisciplinary Studies*, vol. 3, no. 1, pp. 106–112, 2022.
- [19] D. Upadhyay and S. Sampalli, "SCADA (Supervisory Control and Data

Acquisition) Systems: Vulnerability Assessment and Security Recommendations,” *Computers & Security*, vol. 89, p. 101666, 2020.

- [20] R. Vanalakshmi, S. Maragathasundari, M. Kameswari, B. Balamurugan, and C. Swedheetha, “Performance Assessment and Configuration Analysis in the Study of SCADA System (Supervisory Control and Data Acquisition),” *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 37, no. 2, 2023.