



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR DAYA 3 FASA UNTUK
EFISIENSI PEMELIHARAAN MOTOR PENGGERAK WESEL
ELEKTRIK SIEMENS BSG-9**

**TUGAS AKHIR
APLIKATIF**

**UNIVERSITAS
TEGUH SUPRIYANTO
NIM. 41421120004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**RANCANG BANGUN ALAT UKUR DAYA 3 FASA UNTUK
EFISIENSI PEMELIHARAAN MOTOR PENGGERAK WESEL
ELEKTRIK SIEMENS BSG-9**

**TUGAS AKHIR
APLIKATIF**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

NAMA : Teguh Supriyanto
NIM : 41421120004
PEMBIMBING : Ir. Said Attamimi, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Teguh Supriyanto
NIM : 41421120004
Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

**“Rancang Bangun Alat Ukur Daya 3 Fasa untuk Efisiensi Pemeliharaan
Motor Penggerak Wesel Elektrik Siemens BSG-9”**

adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 5 Agustus 2026



Teguh Supriyanto

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : Teguh Supriyanto
NIM : 41421120004
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Rancang Bangun Alat Ukur Daya Tiga Fasa untuk Efisiensi Pemeliharaan Motor Penggerak Wesel Elektrik Siemens BSG-9**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 29 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **12 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 29 Agustus 2026

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Teguh Supriyanto
NIM : 41421120004
Fakultas/Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Ukur Daya 3 Fasa untuk Efisiensi Pemeliharaan Motor Penggerak Wesel Elektrik Siemens BSG-9

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 4 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing


UNIVERSITAS
Ir. Said Attamimi, M.T.
NUPTK : 0339739640130083

Jakarta, 4 Agustus 2026

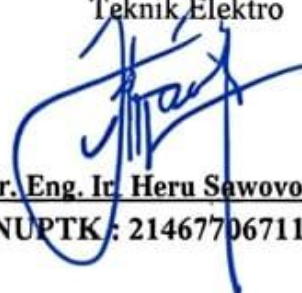
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NUPTK : 6639750651230132

Ketua Program Studi

Teknik Elektro


Dr. Eng. Ir. Heru Sawovo, S.T., M.Sc.
NUPTK : 2146770671130403

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Eng. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc., selaku Kaprodi S1 Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Fadli Sirait, S.T., M.T., selaku Sekprodi S1 Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Ir. Said Attamimi, S.T., MT., selaku dosen pembimbing yang selalu memberi arahan dan membantu proses penulisan penelitian tugas akhir.
5. UPT Resor Sintelis 1.14 Bekasi DAOP 1 Jakarta dan Balai Yasa Sintelis dan LAA Kantor Pusat PT KAI yang sudah memfasilitasi untuk melakukan penelitian dalam tugas akhir ini.
6. Teman-teman Teknik Elektro Angkatan 2022 dan 2021 yang telah memberikan semangat dan bantuannya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan senior saya di tempat kerja Unit Sintelis DAOP 1 Jakarta PT. KAI (persero) yang juga merupakan alumni di Universitas Mercu Buana dan telah memberikan motivasi untuk saya agar dapat segera lulus kuliah.
8. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 5 Agustus 2026



Teguh Supriyanto

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Teguh Supriyanto
NIM : 41421120004
Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Alat Ukur Daya 3 Fasa
untuk Efisiensi Pemeliharaan Motor
Penggerak Wesel Elektrik Siemens BSG-9**

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Jakarta, 5 Agustus 2026
Yang menyatakan,



(Teguh Supriyanto)

ABSTRAK

Penggerak wesel elektrik Siemens BSG-9 merupakan komponen kritis dalam sistem persinyalan kereta api yang berdasarkan hasil analisis Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) serta *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) di UPT Resor Sintelis 1.14 Bekasi, memiliki tingkat risiko tertinggi dibandingkan peralatan persinyalan luar ruangan lainnya. Selama ini pengukuran parameter kelistrikan pada kegiatan pemeliharaannya masih dilakukan secara manual menggunakan voltmeter dan tang ampere secara terpisah, sehingga membutuhkan waktu lama dan rawan kesalahan pencatatan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat ukur daya tiga fasa berbasis mikrokontroler ESP32-S3 yang mengintegrasikan pengukuran tegangan, arus, dan daya (menggunakan sensor PZEM-004T), perhitungan indeks keandalan berbasis metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *data logger*, *dashboard monitoring* berbasis *Web Dashboard / Progressive Web App* (PWA), serta fasilitas ekspor laporan inspeksi. Penelitian menggunakan metode eksperimental komparatif dengan pendekatan kuantitatif, meliputi perancangan *hardware* dan *software*, pengujian fungsionalitas, serta validasi akurasi terhadap alat ukur standar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi pengukuran tegangan sangat baik dengan rata-rata kesalahan di bawah 0,5%, memenuhi standar SPLN No. 1:1978, sedangkan pengukuran arus dan daya semu menunjukkan deviasi yang masih berada dalam ambang toleransi standar IEC 62053-21 untuk meter kelas 1. Sistem juga berhasil menjalankan seluruh fungsi yang direncanakan, mulai dari pembacaan sensor, perhitungan daya, penyimpanan data, sinkronisasi *offline-online*, hingga visualisasi *real-time*. Secara keseluruhan, alat ukur terintegrasi ini bisa membantu efisiensi waktu inspeksi dengan prinsip monitoring pada pengukuran daya 3 fasa 4 wire, meminimalkan *human error* melalui pencatatan langsung ke database, dan mempermudah pengelolaan data historis pemeliharaan, sehingga mendukung keselamatan operasional perjalanan kereta api.

Kata Kunci : alat ukur daya tiga fasa, ESP32-S3, penggerak wesel elektrik, *Reliability Centered Maintenance*, efisiensi pemeliharaan

ABSTRACT

The Siemens BSG-9 electric point machine is a critical component of the railway signaling system that, based on the results of Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) at UPT Resor Sintelis 1.14 Bekasi, has the highest risk level compared to other outdoor signaling equipment. Currently, electrical parameters during maintenance activities are measured manually using a voltmeter and a clamp meter separately, which requires considerable time and is prone to recording errors. This study aims to design and develop a three-phase power measuring instrument based on the ESP32-S3 microcontroller, integrating voltage, current, and power measurements (using PZEM-004T sensors), reliability index calculations based on the Reliability Centered Maintenance (RCM) method, a data logger, a monitoring dashboard based on a Web Dashboard / Progressive Web App (PWA), and an inspection report export feature. This study employed a comparative experimental method with a quantitative approach, comprising hardware and software design, functionality testing, and accuracy validation against standard measuring instruments. The test results showed that the voltage measurement accuracy was excellent, with an average error of less than 0.5%, meeting the SPLN No. 1:1978 standard, while the current and apparent power measurements showed deviations that remained within the tolerance limit of the IEC 62053-21 standard for Class 1 meters. The system also successfully performed all planned functions, from sensor readings, power calculations, data storage, and offline-online synchronization to real-time visualization. Overall, this integrated measuring instrument can improve inspection time efficiency through monitoring-based measurement of 3-phase 4-wire power, minimize human error through direct recording to a database, and facilitate the management of historical maintenance data, thereby supporting the operational safety of railway services.

Keywords: *three-phase power measuring instrument, ESP32-S3, electric point machine, Reliability Centered Maintenance, maintenance efficiency*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL TUGAS AKHIR	0
HALAMAN JUDUL TUGAS AKHIR.....	i
HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB II	10
2.1 Peraturan dan Pedoman Perawatan Penggerak Wesel Elektrik	10
2.2 Buku Panduan dan Brosur Siemens BSG-9.....	12
2.3 Laporan Hasil Perawatan dan Pemeriksaan Penggerak Wesel Elektrik	15
2.4 Jurnal Penelitian tentang Pemeliharaan Penggerak Wesel Elektrik.....	16
2.5 Jurnal Penelitian tentang Rancang Bangun Alat Ukur Listrik pada Motor 3 Phase	21
2.6 Datasheet Kebutuhan Peralatan	25
2.7 Kesimpulan Umum	30
BAB III	32
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian	32
3.2 Diagram Alir Penelitian	34
3.3 Kebutuhan Sistem	37

3.4 Diagram Alir Perancangan Sistem	41
3.5 Skenario Pengujian Sistem.....	45
BAB IV	48
4.1. Analisis Performa dan Fungsionalitas Sensor 3 Fasa	48
4.2. Efektivitas Sistem terhadap Efisiensi Pemeliharaan	54
BAB V	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN 1	66
LAMPIRAN 2	69
LAMPIRAN 3	87
LAMPIRAN 4	110



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko (IBPR) UPT Resor Sintelis 1.14 Bekasi Semester 2 Tahun 2025.....	2
Tabel 1.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) UPT Resor Sintelis 1.14 Bekasi	3
Tabel 2.1 Spesifikasi Teknis yang bersumber dari brosur Siemens BSG-9	14
Tabel 2.2 Perbandingan Jurnal-Jurnal Alat Ukur 3 fasa	22
Tabel 2.3 Pemetaan pin ESP32 untuk memenuhi kebutuhan komunikasi IO	25
Tabel 2.4 Spesifikasi Teknis PZEM004T	25
Tabel 2.5 Spesifikasi Teknis LCD TFT SPI ILI9488 3,5”	26
Tabel 3.1 Matriks Skenario Pengujian	46
Tabel 4.1 Pengujian Akurasi Sensor Tegangan 3 Fasa	47
Tabel 4.2 Pengujian Akurasi Sensor Arus 3 Fasa	48
Tabel 4.3 Pengujian Fungsional Sistem Monitoring dan Data Logger	49
Tabel 4.4 Pengujian Efektivitas Sistem terhadap Efisiensi Pemeliharaan	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pengukuran Motor BSG-9 dengan Voltmeter dan Amperemeter	4
Gambar 2.1 Buku Pedoman Pemeriksaan dan Perawatan Persinyalan PT. KAI	11
Gambar 2.2 Point Machine Siemens BSG-9	13
Gambar 2.3 Pinout Micro Controller Unit ESP32-S3-DevKitC-1	24
Gambar 2.4 Sensor Tegangan dan Arus PZEM004T v4.0	26
Gambar 2.5 Tampilan LCD TFT SPI ILI9488 3,5” v1.0	27
Gambar 2.6 Kabel Jumper AWG 24 untuk komunikasi MCU ke Sensor dan Display.....	28
Gambar 2.7 Kabel dan Probe untuk mengukur daya 3 fasa	29
Gambar 3.1 Rumus Persentase Nilai Keandalan berdasarkan hasil ukur	32
Gambar 3.2 Rumus persamaan Persentase Error dan Akurasi	33
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.4 Diagram Blok Wiring Pada Hardware System	37
Gambar 3.5 Diagram Alir Sistem	40
Gambar 3.6 Ilustrasi Brainstroming pada Program Software/Firmware System	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran Foto Percobaan Alat Ukur Daya 3 Fasa dan Tabel Hasil Ukur

Lampiran 2. Lampiran Baris Program C++ untuk menjalankan Sistem MCU ESP32

Lampiran 3. Lampiran Baris Program SQL untuk menjalankan Web Dashboard

Lampiran 4. Bukti Bimbingan Tugas Akhir

Lampiran 5. Curriculum Vitae

