

EVALUASI KINERJA KELISTRIKAN MOTOR PENGGERAK WESEL NSE TIMUR STASIUN CEPU

Muhamad Nur Wahyudi; Agus Supardi, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Motor penggerak wesel (*point machine*) merupakan komponen kritis dalam sistem persinyalan kereta api yang menjamin keselamatan rute perjalanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja kelistrikan motor penggerak wesel elektrik tipe NSE produksi SIEMENS yang beroperasi di Emplasemen Timur Stasiun Cepu, wilayah kerja UPT Resor Sintelis 4.11 Cepu. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis parameter tegangan kerja (V), arus kerja (I), dan kalkulasi daya semu (S) pada kondisi pergerakan *Normal Working Relay* (NWR) dan *Reverse Working Relay* (RWR), serta membandingkannya dengan spesifikasi pada *nameplate* motor. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan pengambilan data primer secara langsung di lapangan saat kegiatan pemeliharaan preventif bulan Juni 2026 terhadap 11 unit wesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus kerja aktual seluruh unit berada dalam rentang aman (5,6 A-6,1 A), dengan tingkat pembebanan tertinggi hanya mencapai 65,59% dari kapasitas nominal *nameplate* (9,3 A). Tegangan kerja aktual berkisar antara (86,2 V-112,2 V). Terdapat fenomena penurunan tegangan (*drop voltage*) hingga 21,6% dari nominal (110 V) pada unit wesel yang terletak di ujung luar emplasemen (W23C) akibat panjangnya kabel suplai, namun motor tetap mampu menghasilkan torsi yang cukup. Kalkulasi daya semu berada dalam rentang (510,72 VA-655,80 VA), dengan konsumsi daya nyata tertinggi sebesar 524,64 Watt (menggunakan faktor daya 0,8), jauh di bawah kapasitas daya desain maksimum pabrikan (720 Watt). Berdasarkan evaluasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa kinerja kelistrikan 11 unit motor wesel NSE di Emplasemen Timur Stasiun Cepu berada dalam kondisi baik dan andal, beroperasi di bawah batas kapasitas desain tanpa mengalami beban berlebih (*overload*), sehingga secara optimal mendukung keselamatan operasional kereta api dalam jangka panjang.

Kata Kunci: *Point Machine* NSE, Motor Induksi AC 1 Fasa, *Nameplate*, Daya Semu, Evaluasi Kinerja.

Abstract

The point machine is a critical component in railway signaling systems, ensuring the safety of travel routes. This study aims to evaluate the electrical performance of Siemens NSE-type electric point machines operating at the East Yard of Cepu Station, within the jurisdiction of UPT Resor Sintelis 4.11 Cepu. The evaluation involved analyzing operating voltage (V) and operating current (I), calculating apparent power (S) during Normal Working Relay (NWR) and Reverse Working Relay (RWR) operations, and comparing these values against the motor's nameplate specifications. A descriptive quantitative research method was employed, utilizing primary data collected directly in the field during preventive maintenance activities in June 2026 across 11 point machine units. The results indicate that the actual operating current for all units fell within a safe range (5,6 A-6,1 A), with the highest load level reaching only 65,59% of the nominal nameplate capacity (9,3 A). Actual operating voltages ranged from 86,2 V-112,2 V. A voltage drop of up to 21,6% below the nominal value (110 V) was observed in the unit located at the far end of the yard (W23C) due to the length of the supply cable; however, the motor was still able to generate sufficient torque. Calculated apparent power ranged from 510,72 VA-655,80 VA, with a peak real power consumption of 524,64 Watts

(assuming a power factor of 0,8) well below the manufacturer's maximum design power capacity (720 Watts). Based on this evaluation, it is concluded that the electrical performance of the 11 NSE point machine units at the Cepu Station East Yard is sound and reliable; they operate within design capacity limits without experiencing overload, thereby optimally supporting long-term railway operational safety.

Keywords: *Point Machine NSE, 1-Phase AC Induction Motor, Nameplate, Apparent Power, Performance Evaluation.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi transportasi global saat ini sedang berada pada era revolusi transportasi ketujuh yang didorong oleh integrasi sistem digital, efisiensi energi, dan otomatisasi guna menjawab tantangan mobilitas yang aman, berkelanjutan, serta mendukung kesejahteraan masyarakat (Cascetta & Henke, 2023). Perkembangan teknologi transportasi, khususnya pada sektor perkeretaapian, mendorong penerapan teknologi modern seperti digitalisasi, kecerdasan buatan, kembaran digital, dan sistem kendali cerdas untuk meningkatkan kapasitas angkut, efisiensi operasional, keandalan, serta kualitas layanan transportasi kereta api (Guan et al., 2024). Oleh karena itu, keilmuan teknik elektro menjadi pilar utama dalam mendukung keandalan operasional perusahaan melalui integrasi teknologi ketenagalistrikan dan pemeliharaan preventif pada sistem persinyalan yang tepat.

PT Kereta Api Indonesia (Persero) DAOP IV Semarang bertindak sebagai wilayah operasional yang memfasilitasi kelancaran transportasi barang dan penumpang melalui penyediaan sarana serta prasarana pendukung (Ryandini & Kholidin, 2024). Dalam mendukung keselamatan dan kelancaran operasional perkeretaapian, unit Sinyal, Telekomunikasi, dan Listrik (SINTELIS) melaksanakan kegiatan pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala terhadap perangkat persinyalan. Salah satu perangkat yang dipelihara adalah *point machine* sebagai penggerak wesel elektrik yang berfungsi mengatur perpindahan serta penguncian posisi wesel agar sesuai dengan rute perjalanan kereta api (Ridho & Stefanie, 2024). Penggerak wesel elektrik merupakan salah satu komponen penting dalam sistem persinyalan kereta api. Pada sistem ini, *point machine* berfungsi mengirimkan informasi posisi wesel di lapangan melalui rangkaian deteksi menuju sistem *interlocking*, sehingga posisi wesel dapat diketahui untuk mendukung pengoperasian perjalanan kereta api (Hartanto et al., 2025).

Sebagai salah satu perangkat utama dalam sistem persinyalan, *point machine* memerlukan pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala untuk menjaga keandalan sistem wesel serta mendukung keselamatan operasional perjalanan kereta api (Hakim et al., 2026). Penelitian ini dilaksanakan di Resor Sintelis 4.11 Cepu, PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi 4 Semarang, yang melaksanakan pemeliharaan perangkat persinyalan, termasuk *point machine* NSE sebagai penggerak wesel elektrik yang berfungsi menggerakkan, mengunci, dan mendeteksi posisi wesel dalam sistem *interlocking*. Kegiatan pemeliharaan *point machine* dilakukan melalui

pemeriksaan parameter kelistrikan dan mekanis untuk mengevaluasi kondisi kerja motor wesel serta memastikan seluruh parameter tetap berada dalam batas standar yang ditetapkan (Alghifari et al., 2026).

Penggerak wesel elektrik tipe NSE merupakan komponen penting dalam sistem persinyalan perkeretaapian yang berfungsi menggerakkan lidah wesel sesuai rute perjalanan kereta api. Perangkat ini menggunakan motor listrik yang meneruskan tenaga melalui *gear box* dan stang penggerak, serta dilengkapi stang pendeteksi untuk mengirimkan informasi posisi wesel ke sistem *interlocking* sehingga keselamatan dan keandalan operasional kereta api tetap terjaga (Ridho & Stefanie, 2024). Pada *point machine* NSE, proses perpindahan wesel digerakkan oleh motor induksi AC satu fasa yang berfungsi sebagai sumber tenaga utama untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Putaran motor selanjutnya diteruskan melalui sistem transmisi mekanis sehingga mampu menggerakkan dan mengunci posisi lidah wesel sesuai perintah sistem *interlocking*. Oleh karena itu, keandalan motor penggerak menjadi faktor penting dalam menjamin keberhasilan perpindahan wesel serta mendukung keselamatan operasional perjalanan kereta api. Kinerja motor induksi AC satu fasa dapat dievaluasi melalui parameter kelistrikan, seperti tegangan dan arus, karena perubahan pada kedua parameter tersebut memengaruhi karakteristik operasional motor, termasuk efisiensi, torsi, dan rugi-rugi daya (Beleiu et al., 2022).

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas evaluasi kinerja *point machine* melalui analisis parameter operasional sebagai bagian dari kegiatan pemeliharaan. Penelitian oleh (Hakim et al., 2026) mengevaluasi kinerja Penggerak Wesel Stasiun Bojong berdasarkan pengukuran parameter kelistrikan dan mekanis, seperti tegangan operasional, arus motor, tegangan deteksi, serta kondisi mekanisme wesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh parameter masih berada dalam batas standar PT Kereta Api Indonesia (Persero), sehingga kondisi operasional *point machine* dinilai andal dan mendukung pelaksanaan pemeliharaan preventif. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa evaluasi parameter kelistrikan memiliki peran penting dalam menjaga keandalan sistem persinyalan, namun belum membahas analisis daya semu motor penggerak berdasarkan kondisi operasi *Normal Working Relay* (NWR) dan *Reverse Working Relay* (RWR). *Normal Working Relay* (NWR) adalah relai kendali yang mengalirkan arus listrik untuk menggerakkan motor penggerak wesel ke posisi normal (lurus). *Reverse Working Relay* (RWR) adalah relai kendali yang membalikkan fasa atau polaritas listrik untuk menggerakkan motor penggerak wesel ke posisi reverse (belok). Saat relai ini diaktifkan, polaritas atau fasa catu daya ke motor dibalik oleh sistem, sehingga motor berputar ke arah sebaliknya untuk memindahkan lidah wesel dari posisi normal ke posisi belok.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan analisis dengan membandingkan nilai tegangan hasil pengukuran pada kondisi NWR dan RWR terhadap spesifikasi tegangan nominal

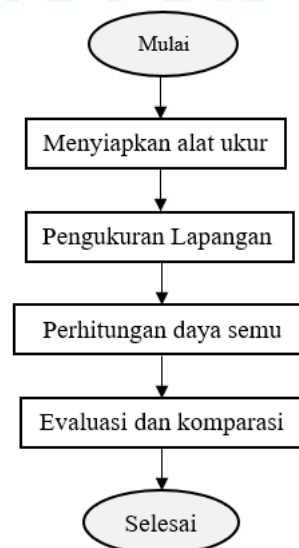
yang tertera pada *nameplate* motor induksi AC satu fasa *point machine* NSE. Selain itu, nilai tegangan dan arus pada masing-masing kondisi operasi digunakan untuk menghitung besarnya daya semu sehingga dapat diketahui karakteristik kebutuhan daya listrik motor selama proses perpindahan wesel pada kondisi NWR maupun RWR. Melalui analisis tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kesesuaian kondisi operasional motor terhadap spesifikasi pabrikan serta memberikan gambaran karakteristik pembebanan motor berdasarkan nilai daya semu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi pendukung dalam kegiatan evaluasi dan pemeliharaan *point machine* NSE guna meningkatkan keandalan sistem persinyalan perkeretaapian.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif untuk menguji dan menganalisis kinerja kelistrikan motor penggerak wesel elektrik tipe NSE ber-motor SIEMENS yang beroperasi di emplasemen timur stasiun cepu, wilayah kerja UPT Resor SINTELIS 4.11 Cepu PT Kereta Api Indonesia (Persero) DAOP IV Semarang. Pengambilan data primer dilaksanakan secara langsung pada saat kegiatan pemeliharaan berkala (*preventive maintenance*) operasional di lapangan pada bulan Juni 2026.

2.1. Tahapan Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian dilaksanakan secara sistematis mengikuti tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2. Alat dan Instrumen Penelitian

Alat dan instrumen ukur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Digital Multimeter: Digunakan untuk mengukur besaran tegangan kerja AC pada terminal input motor penggerak wesel saat siklus pengoperasian berlangsung pada kondisi *normal Working Relay* (V_{NWR}) maupun *Reverse Working Relay* (V_{RWR}).

2. Tang Ampere (*Clamp Meter*): Digunakan sebagai alat ukur arus non-kontak untuk merekam besaran arus kerja AC (I_{NWR} dan I_{RWR}) yang diserap motor saat memindahkan lidah rel tanpa memutus jalur kelistrikan utama.

3. Plat Spesifikasi (*Nameplate*) Motor SIEMENS: Digunakan sebagai data acuan standar (*baseline*) nominal pabrikan terdapat pada tabel 1.

Spesifikasi Motor

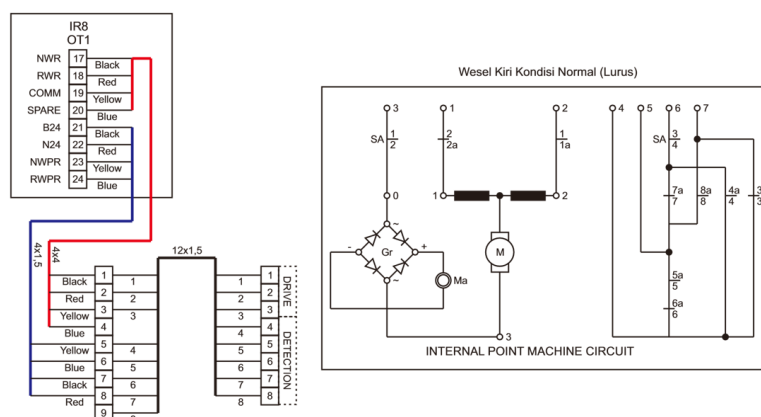
- Merek atau produsen: SIEMENS (Made in Germany)
- Manufaktur atau integrator: Junghanns & kolosche GmbH
- Kode tipe atau part number: C20106-A5009-B462
- Spesifikasi kode tambahan: V25000-Q9622-X693
- Nomor seri (Nr.): 0487
- Kode pabrik (WK): X693.2

Tabel 1. Spesifikasi Motor

Parameter	Nilai	Keterangan
Sumber	1 ~ 110 V	AC 1 fase tegangan kerja 110 Volt
Arus pengenalan	9,3 A	Arus nominal sebesar 9,3 Ampere
Frekuensi	50 HZ	Frekuensi operasi 50 hertz
Daya	0,72	Daya mekanis sebesar 0,72 kW(720)
Kecepatan putar	2700 min ⁻¹	Kecepatan putaran rotor 2700 RPM

2.3. Pengukuran Lapangan

Pengukuran parameter kelistrikan dilakukan dengan merujuk pada skematik pengabelan internal dan eksternal *point machine* NSE seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. *Wiring diagram* kelistrikan *point machine* NSE

Berdasarkan *wiring diagram* pada gambar 2 tersebut, sistem kelistrikan *point machine* NSE terbagi menjadi dua kelompok sirkuit utama, yaitu sirkuit daya dan sirkuit deteksi. Sirkuit daya

dihubungkan menggunakan penghantar utama berukuran $4 \times 4 \text{ mm}^2$ untuk mengalirkan tegangan dan arus kerja AC dari rak *indoor* (ir8 ot1) menuju motor. Dalam sirkuit daya ini, terminal 1 (NWR - *black*) berfungsi sebagai jalur fasa penggerak posisi *normal* (lurus), terminal 2 (RWR - *red*) sebagai jalur fasa penggerak posisi *reverse* (belok), serta terminal 3 (comm - *yellow*) sebagai jalur netral atau bersama (*common*). Sementara itu, sirkuit deteksi dihubungkan dengan kabel berukuran $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ pada terminal 7 (B24), terminal 8 (N24), terminal 5 (NWPR), dan terminal 6 (RWPR) yang bertugas mentransmisikan sinyal umpan balik posisi fisik lidah wesel secara *real-time* ke sistem *interlocking*.

Prosedur pengambilan data primer dilaksanakan secara langsung pada terminal *drive* di dalam *terminal box point machine* saat motor beroperasi memindahkan lidah rel. Untuk pengukuran tegangan kerja AC (V), instrumen digital multimeter dihubungkan secara paralel antara terminal fasa aktif, yaitu terminal 1 NWR saat gerakan *normal* atau terminal 2 RWR saat gerakan *reverse*, terhadap terminal 3 comm (*yellow*). Selanjutnya, pengukuran arus kerja AC (I) dilakukan dengan mengklempkan *clamp meter* pada kabel fasa aktif yang sedang dialiri arus, baik terminal 1 NWR maupun terminal 2 RWR, tepat pada saat siklus pemindahan lidah rel berlangsung di lapangan.

2.4. Perhitungan Daya Semu

Data tegangan (V) dan arus (I) terukur selanjutnya digunakan untuk menghitung besaran daya semu (S) yang diserap oleh motor dari jaringan persinyalan karkulasi dilakukan secara terpisah untuk kondisi *Normal Working Relay* (NWR) dan *Reverse Working Relay* (RWR) menggunakan persamaan (1) dan (2).

Daya Semu *Normal Working Relay*

$$S_{NWR} = V_{NWR} \times I_{NWR} \quad (1)$$

Daya Semu *Reverse Working Relay*

$$S_{RWR} = V_{RWR} \times I_{RWR} \quad (2)$$

S_{NWR} : Daya semu pada kondisi *Normal Working Relay* (VA)

S_{RWR} : Daya semu pada kondisi *Reverse Working Relay* (VA)

V_{NWR} : Tegangan kerja AC terukur kondisi NWR (V)

V_{RWR} : Tegangan kerja AC terukur kondisi RWR (V)

I_{NWR} : Arus kerja AC terukur kondisi NWR (A)

I_{RWR} : Arus kerja AC terukur kondisi RWR (A)

2.5. Evaluasi dan Komparasi Data

Tahap akhir penelitian dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan dan arus hasil pengukuran pada kondisi NWR dan RWR terhadap spesifikasi nominal yang tercantum pada *nameplate* motor siemens. Selanjutnya, nilai tegangan dan arus tersebut digunakan untuk menghitung daya semu pada

masing-masing kondisi operasi. Hasil perbandingan dan perhitungan tersebut digunakan untuk mengevaluasi kondisi operasional motor induksi AC satu fasa pada *point machine* NSE sebagai dasar pendukung kegiatan pemeliharaan rutin. Besarnya tingkat pembebanan arus tersebut ditentukan melalui rumus persentase persamaan 3 berikut:

$$\%I_{\text{beban}} = \frac{I_{\text{aktual}}}{I_{\text{nominal}}} \times 100\% \quad (3)$$

$\%I_{\text{beban}}$: Persentase pembebanan arus

(%), I_{aktual} : Arus kerja hasil pengukuran di lapangan (A)

I_{nominal} : Arus nominal maksimum sesuai spesifikasi *nameplate* (A).

Rumus konversi daya semu (S) ke daya nyata (P) dengan persamaan rumus 4.

$$P = S \times \text{Faktor Daya (PF)} \quad (4)$$

P : Daya Nyata (Watt)

S : Daya Semu (VA)

PF : Faktor Daya (nilai standar industri untuk motor yaitu 0,8)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan evaluasi kinerja kelistrikan dilakukan terhadap 11 unit motor penggerak wesel elektrik tipe NSE ber-motor siemens yang beroperasi di emplasemen timur stasiun Cepu. Pengambilan data primer dilaksanakan secara langsung di lapangan pada kegiatan pemeliharaan berkala bulan Juni bersama tim UPT Resor SINTELIS 4.11 Cepu. Parameter utama yang diukur mencakup besaran tegangan kerja AC (V) dan arus kerja AC (I) pada dua kondisi pergerakan utama, yaitu *Normal Working Relay* (NWR) untuk posisi jalur lurus serta *Reverse Working Relay* (RWR) untuk posisi jalur belok. Pengukuran parameter kelistrikan dilakukan secara langsung pada *switch box* di dekat *point machine* NSE saat siklus pemindahan lidah wesel berlangsung. Pengukuran tegangan kerja AC (V_{NWR} dan V_{RWR}) dilakukan menggunakan instrumen digital multimeter yang diatur pada skala pengukuran tegangan AC (VAC). Untuk mengukur tegangan pada kondisi *Normal Working Relay* (V_{NWR}) saat posisi jalur lurus, *probe* multimeter dihubungkan secara paralel antara terminal 1 (NWR - kabel hitam) dan terminal 3 (comm - kabel kuning). Nilai tegangan tersebut dicatat tepat ketika sistem persinyalan memberikan perintah pergerakan menuju posisi NWR. Sementara itu, pengukuran tegangan pada kondisi *Reverse Working Relay* (V_{RWR}) saat posisi jalur belok dilakukan dengan menghubungkan *probe* multimeter secara paralel antara terminal 2 (RWR - kabel merah) dan terminal 3 (comm - kabel kuning) pada saat perintah pergerakan menuju posisi RWR berlangsung.

Pengukuran arus kerja AC (I_{NWR} dan I_{RWR}) dilakukan menggunakan instrumen tang ampere (*clamp meter*) yang diset pada skala pengukuran arus AC (A). Untuk merekam arus kerja pada kondisi NWR (I_{NWR}), rahang *clamp meter* diklemkan mengelilingi penghantar fasa aktif pada terminal 1 (NWR)

tanpa memutus jalur kelistrikan utama, di mana nilai arus dibaca tepat saat motor berputar memindahkan lidah rel menuju posisi lurus. Dengan prosedur yang serupa, pengukuran arus kerja pada kondisi RWR (I_{RWR}) dilakukan dengan mengklempkan rahang *clamp meter* pada penghantar fasa aktif di terminal 2 (RWR) saat motor beroperasi memindahkan lidah rel ke posisi belok. Seluruh perekaman nilai arus dan tegangan ini dilakukan dalam rentang durasi pergerakan motor, yaitu sekitar 3 hingga 5 detik, sebelum sakelar pemutus otomatis memutus arus listrik begitu lidah wesel telah terkunci rapat. Rekapitulasi data hasil pengukuran kelistrikan lapangan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran tegangan dan arus penggerak wesel elektrik timur stasiun Cepu

WESEL	Tegangan NWR (V)	Tegangan RWR (V)	Arus NWR (A)	Arus RWR (A)
W73	106,6	105,8	5,9	6,1
W53A	109,9	109,3	5,9	6,0
W53B	104,5	102,5	6,0	5,9
W33	109,7	108,6	5,9	5,9
W43	112,2	107,5	5,8	5,9
W23A	110,9	106,5	5,9	6,0
W13A	108,4	105,5	5,9	6,0
W23B	92,6	94,8	5,9	5,9
W13B	91,2	93,1	5,6	5,8
W13C	104,5	102,7	5,8	6,0
W23C	98,4	86,2	6,0	6,1

Berdasarkan data pengukuran lapangan pada Tabel 2, dilakukan perhitungan daya semu pada posisi *Normal Working Relay* (NWR) maupun *Reverse Working Relay* (RWR) menggunakan rumus persamaan (1) dan (2). Sebagai sampel perhitungan, digunakan data parameter kelistrikan terukur pada unit Wesel W73 dengan parameter lapangan:

Tegangan NWR (V_{NWR}) = 106,6 V

Arus NWR (I_{NWR}) = 5,9 A

Tegangan RWR (V_{RWR}) = 105,8 V

Arus RWR (I_{RWR}) = 6,1 A

1. Perhitungan Daya Semu Kondisi NWR (S_{NWR}) Wesel W73:

$$S_{NWR} = V_{NWR} \times I_{NWR}$$

$$S_{NWR} = 106,6 \text{ V} \times 5,9 \text{ A} = 628,94 \text{ VA}$$

2. Perhitungan Daya Semu Kondisi RWR (S_{RWR}) Wesel W73:

$$S_{RWR} = V_{RWR} \times I_{RWR}$$

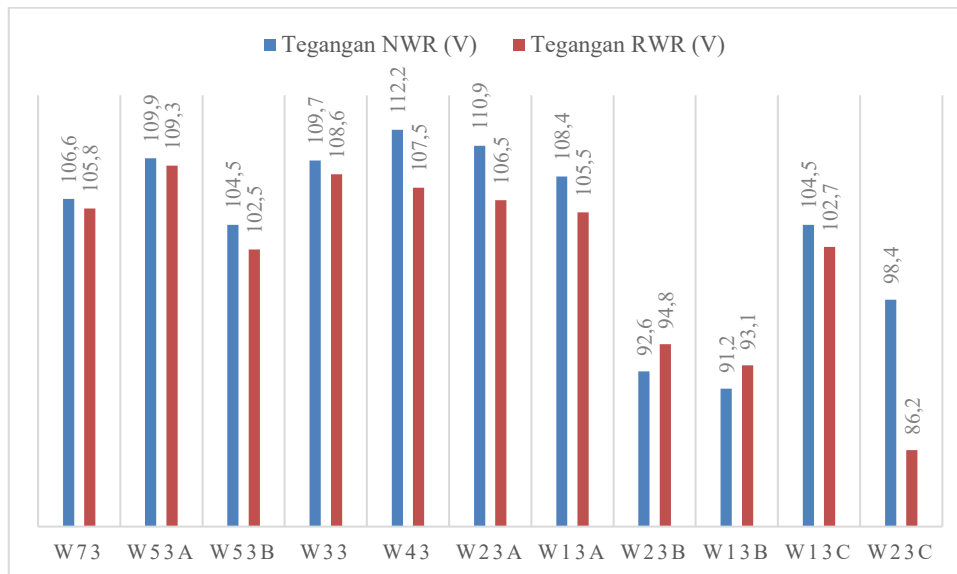
$$S_{RWR} = 105,8 \text{ V} \times 6,1 \text{ A} = 645,38 \text{ VA}$$

Menggunakan metode perhitungan matematis yang sama untuk seluruh unit, rekapitulasi hasil kalkulasi daya semu (S) untuk 11 unit penggerak wesel NSE di Emplasemen Timur Stasiun Cepu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan daya semu (S) motor penggerak wesel elektrik emplasemen timur stasiun Cepu

WESEL	Daya Semu NWR (S_{NWR}) (VA)	Daya Semu RWR (S_{RWR}) (VA)
W73	628,94	645,38
W53A	648,41	655,80
W53B	627,00	604,75
W33	647,23	640,74
W43	650,76	634,25
W23A	654,31	639,00
W13A	639,56	633,00
W23B	546,34	559,32
W13B	510,72	539,98
W13C	606,10	616,20
W23C	590,40	525,82

Berdasarkan data pengukuran lapangan pada Tabel 2, evaluasi terhadap karakteristik parameter tegangan kerja AC dan arus kerja AC dari 11 unit penggerak wesel NSE diuraikan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Grafik perbandingan pengukuran tegangan NWR dan RWR pada tabel 2

Pada analisis tegangan kerja AC (V), tegangan kerja AC terukur pada kondisi NWR berada pada rentang 91,2 V hingga 112,2 V, di mana nilai tegangan tertinggi dicatatkan oleh unit W43 (112,2 V) dan nilai terendah pada unit W13B (91,2 V). Sementara itu, pada kondisi RWR, tegangan kerja AC terukur berada pada rentang 86,2 V hingga 109,3 V, dengan nilai tertinggi pada unit W53A (109,3 V) dan terendah pada unit W23C (86,2 V).

Pada analisis parameter tegangan kerja AC (V), spesifikasi *nameplate* menetapkan tegangan nominal sebesar 110 V. Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa tegangan kerja aktual berada dalam rentang 86,2 V hingga 112,2 V. Tegangan tertinggi dicatatkan oleh unit W43 pada kondisi NWR sebesar 112,2 V, yang mana hanya memiliki deviasi sebesar +2,0% dari nilai nominal 110 V dan berada dalam rentang toleransi operasional yang sangat ideal. Sementara itu, nilai tegangan terendah tercatat pada unit W23C pada kondisi RWR sebesar 86,2 V, atau mengalami penurunan tegangan (*drop voltage*) sebesar 21,6% dari spesifikasi nominal pabrikan. Penurunan tegangan ini dipengaruhi oleh panjangnya bentang saluran kabel daya dari *Equipment Room* menuju posisi wesel di ujung luar emplasemen timur Stasiun Cepu. Meskipun mengalami *drop* tegangan, motor induksi SIEMENS pada unit W23C tetap mampu menghasilkan torsi yang cukup untuk memindahkan lidah wesel secara sempurna.



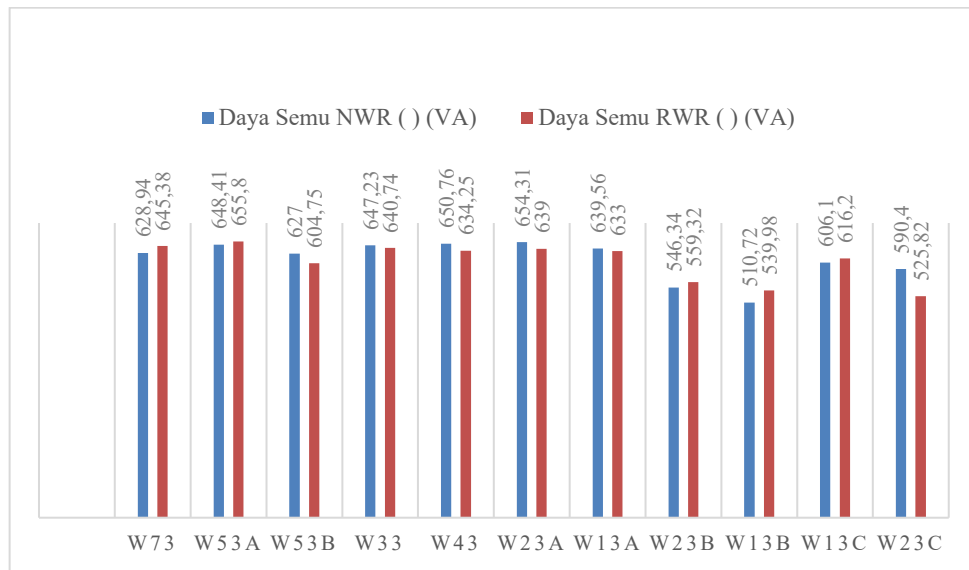
Gambar 4. Grafik perbandingan pengukuran arus NWR dan RWR pada tabel 2

Pada analisis arus kerja AC (I) sesuai gambar 4, penyerapan arus kerja motor penggerak wesel saat beroperasi berada dalam rentang 5,6 A hingga 6,0 A pada gerakan NWR dan 5,8 A hingga 6,1 A pada gerakan RWR. Penyerapan arus puncak tertinggi tercatat pada pergerakan RWR unit W73 dan W23C sebesar 6,1 A. Tingkat pembebanan arus aktual terhadap kapasitas arus nominal *nameplate* dapat dihitung melalui persamaan perhitungan (3) berikut:

$$\%I_{\text{beban}} = \frac{I_{\text{aktual}}}{I_{\text{nominal}}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\%I_{\text{beban}} = \frac{6,1 \text{ A}}{9,3 \text{ A}} \times 100\% = 65,59 \%I_{\text{beban}}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat pembebanan arus tertinggi pada unit wesel di Emplasemen Timur Stasiun Cepu hanya mencapai 65,59% dari kapasitas nominal motor. Hal ini menandakan bahwa motor penggerak wesel bekerja dengan sangat aman dan memiliki cadangan daya pembebanan sebesar 34,41%. Nilai arus yang berada di bawah kapasitas nominal 9,3 A mengindikasikan bahwa tidak terjadi hambatan mekanis berlebih pada lidah rel maupun sistem transmisi *gearbox*, sehingga kumparan motor terhindar dari risiko pemanasan berlebih (*overheating*).



Gambar 5. Grafik perbandingan perhitungan daya semu NWR dan RWR pada tabel 3

Berdasarkan hasil kalkulasi pada gambar 5, penyerapan daya semu (S) dari 11 unit motor penggerak wesel NSE di emplasemen timur stasiun cepu menunjukkan beberapa karakteristik teknis yang signifikan. Penyerapan daya semu total pada pergerakan kondisi *Normal Working Relay* (NWR) berada dalam rentang 510,72 VA hingga 654,31 VA, dengan penyerapan daya tertinggi pada unit W23A (654,31 VA) dan terendah pada unit W13B (510,72 VA). Sementara itu, pada pergerakan kondisi *Reverse Working Relay* (RWR), daya semu terukur berada dalam rentang 525,82 VA hingga 655,80 VA, di mana puncak penyerapan daya tertinggi terjadi pada unit W53A (655,80 VA) dan terendah pada unit W23C (525,82 VA).

Besarnya nilai daya semu sangat dipengaruhi secara linier oleh besarnya nilai tegangan operasi AC yang diterima di terminal *point machine*. Pada unit-unit wesel yang berjarak relatif dekat dengan *Equipment Room* (seperti W53A, W43, W23A, dan W73), penyerapan daya semu rata-rata berkisar di atas 620 VA karena nilai tegangan terukur masih sangat stabil mendekati nilai nominal 110 V. Sebaliknya, pada unit wesel yang berada di jangkauan luar emplasemen (seperti W23B, W13B, dan W23C), penyerapan daya semu mencatatkan angka yang lebih rendah (510,72 VA-590,40 VA) sebagai dampak langsung dari *drop voltage* pada kabel saluran penghantar.

Berdasarkan perbandingan dengan kapasitas daya nominal yang tertera pada nameplate motor Siemens sebesar 0,72 kW atau setara dengan 720 Watt, nilai daya semu tertinggi sebesar 655,80 VA yang dikonversikan ke dalam satuan daya nyata (Watt) menggunakan faktor daya (PF) 0,8 dengan persamaan perhitungan 4.

$$P = S \times \text{Faktor Daya (PF)} \quad (4)$$

$$S = 655,80 \text{ VA}$$

$$\text{PF} = 0,8$$

$$P = 655,80 \text{ VA} \times 0,8$$

$$P = 524,64 \text{ Watt}$$

Hasil perhitungan daya nyata 524,64 Watt menunjukkan bahwa konsumsi daya aktual tertinggi tersebut masih berada jauh di bawah batas maksimum desain pabrik (720 Watt). Hal ini membuktikan bahwa motor penggerak wesel beroperasi dengan aman tanpa mengalami beban berlebih (*overload*) saat melakukan perpindahan jalur maupun penguncian, sehingga keandalan kinerjanya tetap terjaga dengan baik dalam jangka panjang.

4. PENUTUP

Secara umum, kinerja kelistrikan motor penggerak wesel Siemens NSE menunjukkan kondisi yang baik operasi dan memiliki tingkat keandalan yang baik berdasarkan hasil pengukuran parameter tegangan, arus, dan daya semu. Hasil pengukuran arus kerja aktual pada seluruh unit penggerak wesel berada pada rentang 5,6 A hingga 6,1 A. Nilai arus tertinggi diperoleh pada unit W73 dan W23C saat kondisi *Reverse Working Relay* (RWR), yaitu sebesar 6,1 A. Jika dibandingkan dengan arus nominal maksimum yang tercantum pada *nameplate* motor sebesar 9,3 A, nilai tersebut hanya mencapai 65,59% dari kapasitas nominal. Dengan demikian, motor masih memiliki *safety margin* sebesar 34,41%, sehingga menunjukkan bahwa selama proses perpindahan wesel motor bekerja di bawah batas kemampuan maksimum yang dirancang oleh pabrik. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pembebanan arus yang terjadi masih berada pada tingkat yang aman dan tidak menunjukkan indikasi terjadinya pembebanan berlebih (*overload*) maupun potensi pemanasan berlebih (*overheating*) selama pengoperasian.

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan, motor penggerak wesel menerima tegangan kerja aktual pada rentang 86,2 V hingga 112,2 V, sedangkan tegangan nominal berdasarkan *nameplate* motor adalah 110 VAC. Sebagian besar unit masih menerima tegangan yang mendekati nilai nominal, meskipun terdapat beberapa unit yang mengalami penurunan tegangan (*voltage drop*). Penurunan tegangan terbesar terjadi pada unit W23C saat kondisi RWR, yaitu sebesar 86,2 V atau sekitar 21,6% lebih rendah dibandingkan tegangan nominal. Penurunan tegangan tersebut dipengaruhi oleh lokasi unit wesel yang relatif jauh dari *Equipment Room*, sehingga menyebabkan rugi-rugi tegangan pada jaringan distribusi menuju motor. Meskipun demikian, motor Siemens NSE tetap mampu menggerakkan mekanisme transmisi, memindahkan lidah wesel, serta mengunci posisi wesel dengan baik sesuai perintah sistem interlocking. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegangan kerja aktual yang diterima motor masih mampu mendukung pengoperasian *point machine* secara normal.

Perhitungan daya semu yang diperoleh dari hasil pengukuran tegangan dan arus menunjukkan nilai pada rentang 510,72 VA hingga 655,80 VA. Variasi nilai daya semu tersebut sejalan dengan perubahan nilai tegangan dan arus yang diterima motor pada masing-masing kondisi operasi, baik

Normal Working Relay (NWR) maupun *Reverse Working Relay* (RWR). Semakin besar nilai tegangan dan arus yang terukur, semakin besar pula daya semu yang dihasilkan selama proses perpindahan wesel. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan daya, dapat disimpulkan bahwa konsumsi daya aktual tertinggi motor penggerak wesel sebesar 524,64 Watt (menggunakan faktor daya 0,8 dan daya semu 655,80 VA) berada jauh di bawah batas kapasitas daya nominal pabrikan sebesar 720 Watt. Kondisi ini membuktikan bahwa motor penggerak wesel beroperasi secara aman tanpa mengalami beban berlebih (*overload*) selama proses perpindahan jalur dan penguncian, sehingga keandalan serta performa sistem tetap terjaga secara optimal untuk mendukung operasional jangka panjang.

PERSANTUNAN

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan artikel ilmiah ini. Tanpa petunjuk dan lindungan-Nya, penulisan ini tidak akan mungkin tercapai. Terima kasih yang tulus penulis haturkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Subianto dan Ibu Sumarniningsih, atas doa, dukungan moril dan materil, serta kasih sayang yang tiada henti selama masa studi. Segala pengorbanan dan bimbingan Bapak atau Ibu menjadi sumber kekuatan bagi penulis. Untuk Hani Ulfiyah, terima kasih atas kesabaran, motivasi, dan pengertiannya saat penulis menghadapi tekanan dan deadline. Kehadiranmu memberi semangat dan ketenangan yang besar dalam proses penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi ini. Kepada seluruh anggota Sintel 4.11 Cepu, terima kasih atas kerja sama, bantuan teknis, bimbingan praktik lapangan, serta pengalaman lapangan yang sangat berharga. Diskusi, saran, dan kebersamaan kita memperkaya pengetahuan dan keterampilan penulis. Untuk teman-teman terdekat, terima kasih banyak kepada teman-teman kost 9 atas persahabatan, dukungan moral, dan kebersamaan yang tak ternilai. Terima kasih juga kepada dosen pembimbing bapak Agus Supardi, S. T., M. T., rekan-rekan, dan pihak-pihak lain yang telah memberikan dukungan langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan penelitian dan penulisan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alghifari, F., Hakim, E. L., Taufik, M. I., & Risnandar, M. A. (2026). Anamisis Pemeliharaan Kinerja Motor Wesel Siemens BSG-9 di Stasiun Ciamis Resot SINTELIS 2.10 Banjar. *Teknik Elektro*, 16, 74–83.
- Beleiu, H. G., Pavel, S. G., Birou, I. M. T., Miron, A., Pompei, C., Sallah, M., Beleiu, H. G., Pavel, S. G., Birou, I. M. T., & Miron, A. (2022). Effects of voltage unbalance and harmonics on drive systems with induction motor. *Taibah University for Science*, 3655. <https://doi.org/10.1080/16583655.2022.2064670>
- Cascetta, E., & Henke, I. (2023). The seventh transport revolution and the new challenges for sustainable mobility. *Journal of Urban Mobility*, 4(September), 100059.

<https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100059>

- Guan, K., Guo, X., He, D., Svoboda, P., Berbineau, M., Wang, S., Ai, B., Zhong, Z., & Rupp, M. (2024). Key technologies for wireless network digital twin towards smart railways. *High-speed Railway journal*, 2(January), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.hspr.2024.01.004>
- Hakim, E. L., Nugraha, F., & Anshori, W. (2026). Analisis Kinerja Penggerak Wesel BSG 9 Stasiun Bojong. *Teknik Elektro*, 15, 84–90.
- Hartanto, S., Rizqullah, A. A., Kodir, A., & Bahar, A. (2025). Analisis Tegangan Balik Terhadap Sistem Kerja Wesel Elektrik Tunggal Di Stasiun Jakarta Kota. *Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Krisnadwipayana*, 13(2), 117–126.
- Ridho, V. F., & Stefanie, A. (2024). Analisis Perawatan Penggerak Wesel Elektrik Tipe NSE di Emplasemen Stasiun Karawang. *Scientech Research and Development*, 6(1), 1213–1218.
- Ryandini, S. P., & Kholidin, K. (2024). Produktivitas Bongkar Muat Angkutan Retail di PT Kereta Api Indonesia Loading and Unloading Productivity of PT Kereta Api Indonesia DAOP IV Semarang. *Institut Transportasi dan Logistik Trisakti (ITL Trisakti)*, 11(02), 143–152.

