

ANALISIS KINERJA PENGGERAK WESEL BSG 9 DI STASIUN BOJONG

Egman Luqmanul Hakim

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

e-mail : 227002033@student.unsil.ac.id

Farradita Nugraha, Wildan Anshori

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi

e-mail : 227002017@student.unsil.ac.id

Abstrak

Keandalan sistem persinyalan perkeretaapian, khususnya pada perangkat wesel, merupakan faktor krusial dalam menjamin keselamatan operasional kereta api. Pemeliharaan yang selama ini dilakukan umumnya bersifat verifikasi standar operasional secara statis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas dan keandalan kinerja Perangkat Penggerak Wesel Tipe BSG 9 di Stasiun Bojong melalui pendekatan statistik deskriptif. Observasi kuantitatif dilakukan terhadap dua unit wesel selama periode 17 Juni 2025 hingga 16 Juli 2025. Data mencakup parameter mekanis (lebar jalur, jarak lidah wesel, test ganjalan) dan kelistrikan (tegangan daya, tegangan deteksi, dan arus motor). Hasil perhitungan rata-rata (*mean*) dan standar deviasi menunjukkan fluktuasi mikro pada arus motor ($SD = 0.58$ A) dan tegangan daya ($SD = 2.65$ VAC), yang dianalisis sebagai akibat dari variasi beban gesek mekanis dan fluktuasi jala-jala listrik. Penelitian ini memberikan kontribusi empiris bahwa wesel BSG 9 memiliki tingkat keandalan yang sangat tinggi dan stabil, serta merekomendasikan transisi menuju *predictive maintenance*.

Kata Kunci: sistem persinyalan, penggerak wesel BSG 9, keandalan, pemeliharaan prediktif.

Abstract

The reliability of railway signaling systems, particularly switch (turnout) equipment, is a crucial factor in ensuring railway operational safety. Maintenance practices implemented to date have generally focused on static verification of standard operating procedures. This study aims to evaluate the stability and performance reliability of the BSG 9 Switch Machine at Bojong Station using a descriptive statistical approach. Quantitative observations were conducted on two switch units over the period from 17 June 2025 to 16 July 2025. The collected data included mechanical parameters (track gauge, switch blade clearance, obstruction test) and electrical parameters (supply voltage, detection voltage, and motor current). The results of mean and standard deviation calculations indicate minor fluctuations in motor current ($SD = 0.58$ A) and supply voltage ($SD = 2.65$ VAC), which are analyzed as consequences of variations in mechanical friction load and power grid fluctuations. This study provides empirical evidence that the BSG 9 switch demonstrates a very high and stable level of reliability and recommends a transition toward predictive maintenance.

Keywords: railway signaling system, BSG 9 switch machine, reliability, predictive maintenance.

PENDAHULUAN

Sistem persinyalan dan telekomunikasi merupakan urat nadi keselamatan perjalanan kereta api. Salah satu komponen paling vital dan kompleks di lapangan adalah perangkat wesel, yang berfungsi sebagai konstruksi pengalih arah jalur kereta api. Kegagalan operasional pada penggerak wesel, seperti gangguan gagal balik atau ketidaksejajaran lidah wesel, berkontribusi signifikan terhadap keterlambatan perjalanan hingga risiko anjlok.

Temuan empiris mengenai keterkaitan antara kerusakan wesel dan kecelakaan kereta api dapat dilihat pada kasus anjloknya KA 75A Pandalungan di emplasemen Stasiun Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, pada tahun 2024. Berdasarkan investigasi resmi oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi

(KNKT), penyebab utama kejadian tersebut adalah kerusakan pada komponen wesel, khususnya patahnya bagian *lockbox* yang menyebabkan lidah wesel tidak terkunci secara sempurna. Kondisi tersebut mengakibatkan jalur yang dilalui kereta tidak berada dalam posisi aman, sehingga rangkaian mengalami anjlok saat melintas di atasnya. Hasil investigasi ini menegaskan bahwa integritas mekanis wesel dan sistem penguncinya merupakan faktor determinan dalam menjamin keselamatan operasi kereta api.

Untuk meminimalisir risiko tersebut, sistem perkeretaapian modern di Indonesia, termasuk di Stasiun Bojong, banyak mengadopsi Penggerak Wesel Elektrik tipe BSG 9. Penggunaan tipe ini dipilih karena kemudahan instalasi, efisiensi perawatan, dan kecepatan laju operasi. Meskipun dirancang tangguh,

operasi harian dengan intensitas beban dinamis (*axle load*) yang tinggi secara terus-menerus memicu keausan mekanis dan fluktuasi parameter kelistrikan.

Saat ini, prosedur pemeliharaan wesel BSG 9 oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero) bertumpu pada *time-based maintenance* (perawatan berkala dua mingguan), di mana parameter alat hanya diverifikasi kelulusannya berdasarkan batas toleransi statis. Keterbatasan dari pendekatan pemeliharaan ini adalah tidak adanya rekam jejak fluktuasi nilai secara analitis. Studi terdahulu umumnya berfokus pada identifikasi jenis perawatan atau analisis pasca-kegagalan sistem (*troubleshooting*), namun sangat minim yang melakukan analisis tren statistik terhadap stabilitas parameter alat dalam kondisi operasional normal.

Oleh karena itu, penelitian ini merumuskan pertanyaan: Sejauh mana tingkat stabilitas kinerja mekanis dan elektrik penggerak wesel BSG 9 jika dianalisis menggunakan distribusi statistik deskriptif? Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja penggerak wesel tipe BSG 9 sekaligus mengisi celah penelitian (*research gap*) dengan memberikan kontribusi empiris. Melalui analisis nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*), penelitian ini memetakan fluktuasi parameter operasional wesel secara kuantitatif, yang diharapkan dapat menjadi pijakan bagi pengembangan sistem pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*) di masa depan.

TINJAUAN PUSTAKA

State of the Art Penelitian Wesel

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji perawatan dan kegagalan wesel. (Claudio and Murdiantoro 2022) melakukan analisis terhadap gangguan gagal balik spesifik pada wesel elektrik tipe BSG 9 di Stasiun Purwokerto. Sementara itu, (Avrellita, Puspitasari, and Oktaria 2023) menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk penanganan gangguan pada wesel *Point Machine* di LRT Jakarta. Penelitian lain oleh (Wibisono and Zidan 2024) berfokus pada identifikasi prosedur pemeliharaan wesel secara umum di Stasiun Surabaya Gubeng. Kelemahan dari studi-studi terdahulu adalah kecenderungan pendekatan yang bersifat kualitatif atau reaktif terhadap kerusakan. Penelitian ini mengambil pembaruan (*novelty*) dengan menerapkan evaluasi proaktif yang menganalisis sebaran fluktuasi numerik dari parameter normal sebelum alat tersebut mengalami kegagalan.

Wesel

Sebagai instalasi yang terintegrasi pada jalur kereta api, wesel memiliki fungsi utama untuk memandu pergerakan kereta dari satu lintasan ke lintasan yang berbeda (Agam Maulana Bakhtiar, Nico D. Djajasinga 2024). Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012, wesel ditetapkan sebagai konstruksi pada jalan rel yang paling kompleks, memerlukan ketaatan terhadap sejumlah persyaratan dan ketentuan dasar. Oleh

karena itu, dalam pembuatan komponen wesel yang krusial, khususnya yang terkait dengan komposisi kimia materialnya, sangat penting untuk dipenuhi. Secara umum, wesel tersusun atas beberapa komponen penting, meliputi lidah, jarum beserta sayapnya, rel lantak, rel paksa, dan sistem penggerak (PM No.60 2012). Setiap komponen tersebut memiliki fungsi spesifik yang saling terintegrasi.



Gambar 1 Wesel

Penggerak Wesel Mekanik

Wesel mekanik adalah sistem pengalih jalur kereta api yang masih bergantung pada mekanisme manual. Sistem penggerak ini mengharuskan adanya tenaga manusia untuk memanipulasi tuas kendali agar proses pemindahan jalur kereta api dapat dilakukan (Apriyanto et al. 2023). Meskipun sederhana, sistem ini memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan operasi dan akurasi, sehingga kurang efisien untuk diterapkan pada jalur dengan frekuensi lalu lintas tinggi.

Penggerak Wesel Elektrik

Wesel Elektrik merupakan perangkat konstruksi rel kereta yang memungkinkan kereta api berpindah jalur menggunakan motor listrik sebagai mekanisme penggerak (Hartanto et al. 2025). Sistem ini bekerja dengan menggeser lidah wesel secara otomatis dengan pengendalian jarak jauh untuk mengarahkan kereta ke jalur yang diinginkan. Sistem penggerak pada wesel elektrik terbagi menjadi dua, yaitu *single* dan *couple*. Sistem *single* berfungsi menggerakkan satu wesel sesuai perintah yang diberikan, sedangkan pada sistem *couple*, pergerakan satu wesel akan memengaruhi atau menggerakkan wesel lain yang memiliki keterkaitan (Hartanto et al. 2025).

Sistem penggerak wesel elektrik terdiri atas tiga elemen penting, yakni motor penggerak, stang penggerak, dan stang pendeteksi. Tenaga yang dihasilkan oleh motor penggerak disalurkan ke *gear box*, yang kemudian berfungsi untuk menggerakkan stang penggerak sehingga lidah wesel dapat berpindah. Selanjutnya, stang pendeteksi berperan dalam mengirimkan sinyal posisi lidah wesel ke perangkat *interlocking* sebagai bagian dari sistem pengaman (Veril Firmansyah Ridho 2024). Setiap komponen tersebut memiliki peran vital dalam menjamin ketepatan pergerakan wesel.

Pemeliharaan

Perawatan mencakup serangkaian kegiatan

pemeliharaan untuk menjaga fasilitas dan peralatan. Hal ini mencakup kegiatan perbaikan, penyesuaian, atau substitusi komponen yang dibutuhkan, dengan sasaran utama menjamin bahwa operasi produksi dapat berjalan secara optimal dan selaras dengan rencana yang telah ditetapkan (Andrew Joewono; Rasional Sitepu; Peter R Angka 2017). Pemeliharaan (maintenance) bertujuan untuk mempertahankan kontinuitas produksi dan fungsionalitas semua peralatan pendukung. Ini dicapai melalui upaya pencegahan dan perbaikan untuk meminimalkan kerusakan yang diakibatkan oleh berbagai jenis kegagalan, baik yang bersifat konvensional maupun non-konvensional (Hidayat, Setiawan, and Wildan 2025). Oleh karena itu, untuk menjaga keandalan operasional dan keselamatan, PT Kereta Api Indonesia (Persero) melaksanakan kegiatan perawatan khususnya pemeliharaan wesel secara rutin dengan jadwal dua minggu sekali. Aktivitas pemeliharaan terdiri dari pemeriksaan rutin dan substitusi komponen peralatan yang direncanakan guna mempertahankan kondisi operasional alat pada level optimal. Selanjutnya, kegiatan ini turut melibatkan pemantauan periodik untuk menemukan potensi kerusakan atau cacat minor. Hal ini dilakukan sebelum kegagalan total atau kerusakan parah menimpa peralatan (Upt and Sintelis 2022). Kegiatan pemeliharaan ini juga berfungsi sebagai upaya preventif untuk memastikan keandalan sistem persinyalan tetap terjaga.

Keandalan (*Reliability*) dalam Sistem Elektromekanik

Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas suatu komponen untuk menjalankan fungsi yang ditetapkan dalam kondisi operasional tertentu dan dalam rentang waktu yang diharapkan. Dalam konteks elektromekanik seperti wesel, keandalan tidak hanya diukur dari "berfungsi atau matinya" alat, tetapi dari seberapa konsisten nilai ukur kelistrikan (tegangan, arus) dan dimensi mekanisnya beroperasi mendekati titik idealnya. Simpangan baku (*standard deviation*) yang rendah merepresentasikan keandalan yang tinggi karena menunjukkan alat bekerja stabil tanpa fluktuasi yang ekstrem (Paś 2025).

Penggerak Wesel Tipe BSG 9

Tipe penggerak wesel BSG 9 adalah sebuah perangkat yang didukung oleh motor listrik AC (Siemens), yang dirancang untuk satu tujuan, yaitu mengubah posisi lidah wesel (Wibawanto et al. 2022). Salah satu keunggulan utama dari wesel BSG 9 terletak pada kecepatan operasionalnya yang tinggi saat memindahkan atau membalikkan posisi wesel, sehingga turut mendukung efisiensi waktu operasional kereta api.



Gambar 2 Penggerak wesel tipe BSG 9

Dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan, khususnya pada wesel, PT KAI menggunakan acuan dan standarisasi parameter tertentu. Tujuan pemeliharaan ini sendiri bertujuan untuk mengukur kualitas, kebenaran, atau kesesuaian data sesuai dengan standarisasi parameter yang ditetapkan sebagai dasar perbaikan (Ratna and Kusnul 2018). Berdasarkan *Buku Pedoman Perawatan Sintelis* (2011), telah ditetapkan sejumlah standar parameter pengukuran yang digunakan sebagai acuan dalam kegiatan pemeriksaan dan pemeliharaan. Tabel 1 di bawah ini menyajikan standarisasi pengukuran wesel elektrik yang memuat parameter-parameter utama pengukuran wesel yang diberlakukan oleh PT. Kereta Api Indonesia (Indonesia 2011):

Tabel 1 Referensi Parameter Pemeriksaan Penggerak wesel tipe BSG 9

Item Pemeriksaan	Referensi Standar
Lebar jalur di ujung lidah wesel	1067 mm -2/+5 mm
Jarak antara ujung lidah terbuka terhadap rel lantak (kiri/kanan)	95-140 mm
Test fungsi ganjalan ketika wesel tidak gagal balik (Lidah buka kiri/kanan)	Maksimal 4 mm
Panjang Langkah	110-180 mm
Tegangan power ketika wesel bergerak ke posisi lurus atau posisi belok	60-140 VAC
Tegangan deteksi ketika wesel bergerak ke posisi lurus atau posisi belok	40-55 VDC
Arus motor ketika wesel bergerak ke posisi lurus atau posisi belok	<10 A

METODE

Penelitian ini menggunakan metode observasi data (*data observation method*) untuk melakukan studi kasus pada kinerja operasional penggerak wesel tipe BSG 9. Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi kinerja penggerak wesel tipe BSG 9 melalui pengukuran dan pencatatan parameter-parameter teknis yang telah ditetapkan. Penelitian ini dilakukan dalam lingkungan PT. Kereta Api Indonesia (Persero).

Penelitian dilaksanakan di Stasiun Bojong,

Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. Sampel penelitian ditetapkan secara *purposive sampling* sebanyak 2 unit penggerak wesel elektrik tipe BSG 9 (Wesel 13 A posisi Kanan dan Kiri). Pemilihan dua unit spesifik ini didasarkan pada fungsinya sebagai jalur persimpangan utama yang paling sering menerima beban gandar dinamis dari kereta yang melintas, sehingga sangat ideal untuk merepresentasikan keausan dan fluktuasi beban alat.

Pengumpulan data primer dilakukan pada saat pelaksanaan pemeliharaan rutin. Alat instrumen yang digunakan meliputi dua aspek yakni aspek kelistrikan menggunakan alat *Digital Multimeter* serta aspek mekanis menggunakan pita ukur serta *Feeler Gauge* bersertifikasi standar kalibrasi PT KAI digunakan untuk mengukur lebar jalur, celah ujung lidah, dan toleransi ganjalan.

Observasi dilakukan berkala sebanyak 3 kali dalam rentang waktu 17 Juni 2025 hingga 16 Juli 2025. Keterbatasan periode observasi jangka pendek ini diatasi dengan menggunakan instrumen statistik kuantitatif. Data hasil observasi kemudian dibandingkan dengan Buku Pedoman Perawatan Sintelis (2011), lalu dianalisis penyebaran datanya menggunakan penghitungan Nilai Rata-rata (*mean*) dan Simpangan Baku (*Standar Deviation*).

Untuk mengetahui nilai rata-rata (*mean*) dapat di cari dengan persamaan berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \tag{1}$$

Dimana:

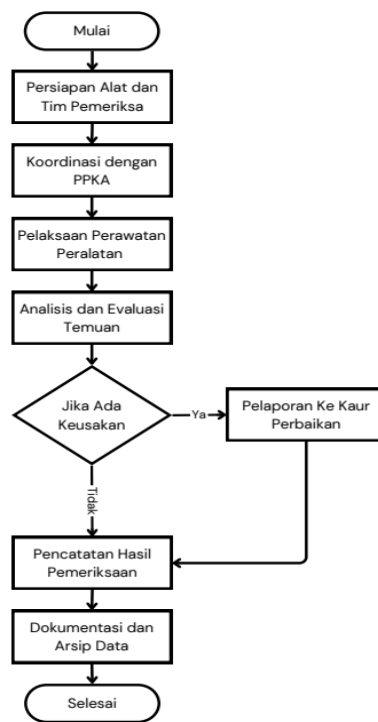
- \bar{X} = Nilai rata-rata sampel
- $\sum X_i$ = Jumlah dari seluruh nilai data
- n = Banyak data

Selanjutnya, Untuk mengetahui Simpangan Baku (*Standar Deviation*) dapat di cari dengan persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \tag{2}$$

Dimana:

- S = Simpang baku (*Standar Deviation*)
- \bar{X} = Nilai rata-rata
- X_i = Setiap nilai data individu
- n = Banyak data



Gambar 3 Flowchart perawatan wesel

Flowchart perawatan wesel yang disajikan pada Gambar 3, terlihat bahwa proses pemeliharaan tidak terbatas pada aspek perawatan fisik semata, melainkan juga memperhatikan melibatkan alur pengambilan keputusan yang ketat (jika ada kerusakan). Dalam konteks penelitian ini, fokus observasi terletak pada tahap Pencatatan Hasil Pemeriksaan setelah diverifikasi bahwa wesel tidak mengalami kerusakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

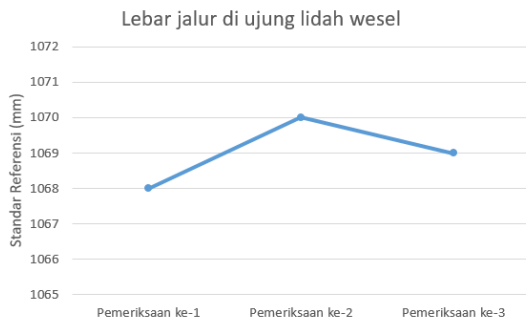
Hasil Pemeriksaan penggerak wesel disajikan dalam Tabel 2 sbgai berikut:

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Pengerak wesel tipe BSG 9

Item Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan Wesel		
	Ke-1	Ke-2	Ke-3
Lebar jalur di ujung lidah wesel (mm)	1068	1070	1069
Jarak antara ujung lidah terbuka terhadap rel lantak kanan (mm)	128	128	127
Jarak antara ujung lidah terbuka terhadap rel lantak kiri (mm)	128	127	128
Test fungsi ganjalan kanan ketika wesel tidak gagal balik (mm)	3	3	3
Test fungsi ganjalan kiri ketika wesel tidak gagal balik (mm)	3	3	3
Panjang Langkah (mm)	120	120	120
Tegangan power ketika wesel bergerak ke posisi lurus (VAC)	109	107	109

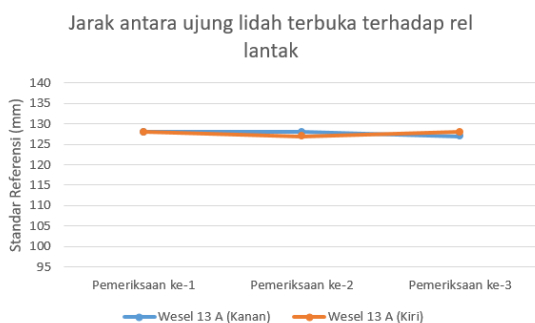
Tegangan power ketika wesel bergerak ke posisi belok (VAC)	109	105	110
Tegangan deteksi (VDC)	54.55	54.7	54.7
Arus motor ketika wesel bergerak ke posisi lurus (A)	6.4	6.3	6.4
Arus motor ketika wesel bergerak ke posisi belok (A)	6.8	5.9	5.7

Sebagai validasi visual bahwa data hasil pengukuran dalam tabel 2 berada dalam rentang standar yang ditetapkan, Visualisasi grafis dari data empiris tabel 2 disajikan berurutan pada gambar 4 hingga gambar 10. Grafik menampilkan hasil pengukuran terhadap garis batas maksimum dan minimum yang ditentukan. Selain itu, dilakukan analisis penyebaran data menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) yang dihitung berdasarkan Persamaan (1) dan Persamaan (2).



Gambar 4 Grafik Hasil Pengukuran Lebar Jalur Ujung Lidah Wesel

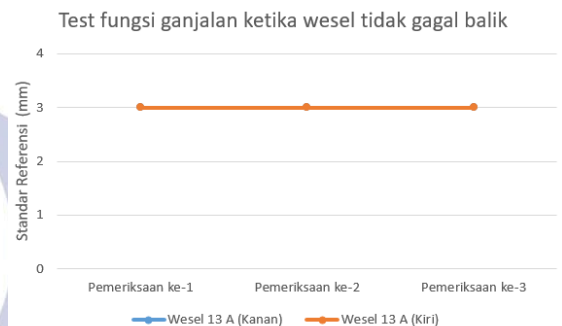
Grafik di atas menunjukkan hasil pengukuran lebar jalur pada ujung lidah wesel dalam tiga kali pengukuran. Pada pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga, tercatat secara berturut-turut nilai lebar jalur sebesar 1068 mm, 1070 mm, dan 1069 mm. Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) sesuai Persamaan (1) dan Persamaan (2), diperoleh nilai rata-rata yang masih berda dalam batas toleransi sebesar 1069 mm. Serta, terdapat fluktuasi pada *standard deviation* sebesar 1.00 mm.



Gambar 5 Grafik Hasil Pengukuran Jarak Antara Ujung Lidah Terbuka Terhadap Rel Lantak

Grafik di atas menunjukkan hasil pengukuran jarak

antara ujung lidah terbuka terhadap rel lantak pada dua kondisi (kanan dan kiri) dalam tiga kali pengukuran. Pada pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga, tercatat secara berturut-turut nilai jarak sebesar 128 mm, 128 mm, dan 127 mm ketika ujung lidah terbuka di sebelah kanan, serta 128 mm, 127 mm, dan 128 mm ketika ujung lidah terbuka di sebelah kiri. Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) sesuai Persamaan (1) dan Persamaan (2), diperoleh nilai rata-rata yang masih berda dalam batas toleransi sebesar 127.67 mm. Serta, terdapat fluktuasi pada *standard deviation* sebesar 0.57 mm.



Gambar 6 Grafik Hasil Pengukuran Test Fungsi Ganjalan Ketika Wesel Tidak Gagal Balik

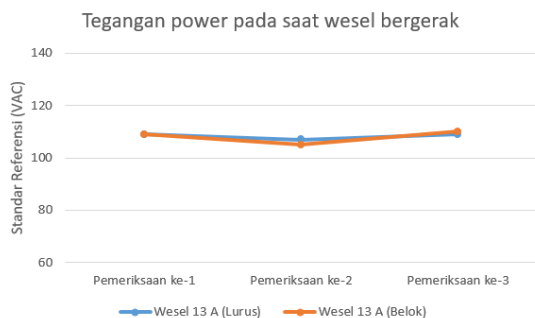
Grafik di atas menunjukkan hasil pengukuran uji fungsi ganjalan ketika wesel tidak gagal balik pada dua kondisi (kanan dan kiri) dalam tiga kali pengukuran. Pada pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga, tercatat secara berturut-turut nilai ganjalan yang sama, yaitu sebesar 3 mm. Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) sesuai Persamaan (1) dan Persamaan (2), diperoleh nilai rata-rata yang masih berda dalam batas toleransi sebesar 3 mm. Dengan hasil yang sama selama 3 kali pengukuran maka nilai dari *standard deviation* sebesar 0 mm.



Gambar 7 Grafik Hasil Pengukuran Panjang Langkah

Grafik di atas menunjukkan hasil pengukuran panjang langkah pada wesel 13A dalam tiga kali pengukuran. Pada pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga, tercatat secara berturut-turut nilai panjang yang sama, yaitu sebesar 120 mm. Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) sesuai Persamaan (1) dan Persamaan (2), diperoleh nilai rata-rata yang

masih berda dalam batas toleransi sebesar 120 mm. Dengan hasil yang sama selama 3 kali pengukuran maka niali dari *standard deviation* sebesar 0 mm.



Gambar 8 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Power Pada Saat Wesel Bergerak

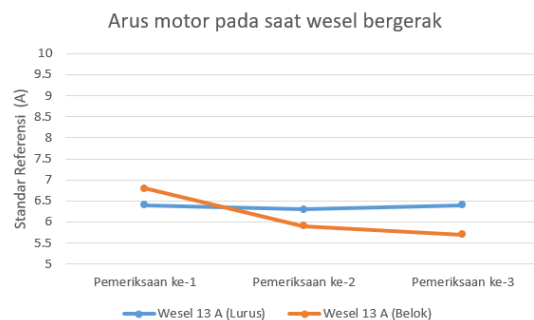
Grafik di atas menunjukkan hasil Pengukuran Tegangan Power ketika wesel bergerak ke posisi lurus atau posisi belok dalam tiga kali pengukuran. Pada pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga, tercatat secara berturut-turut nilai tegangan sebesar 109 VAC, 107 VAC, dan 109 VAC ketika Wesel bergerak menuju keadaan lurus, serta 109 VAC, 105 VAC, dan 110 VAC ketika Wesel bergerak menuju keadaan belok.

Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) sesuai Persamaan (1) dan Persamaan (2), diperoleh nilai rata-rata yang masih berda dalam batas toleransi sebesar 108.33 VAC ketika Wesel bergerak menuju keadaan lurus dan 100 VAC ketika Wesel bergerak menuju keadaan belok. Serta, terdapat fluktuasi pada *standard deviation* sebesar 1.15 VAC ketika Wesel bergerak menuju keadaan lurus dan 2.65 VAC ketika Wesel bergerak menuju keadaan belok.



Gambar 9 Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Deteksi

Grafik di atas menunjukkan Pengukuran Tegangan Deteksi dalam tiga kali pengukuran. Pada pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga, tercatat secara berturut-turut nilai tegangan sebesar 54.55 VDC, 54.7 VDC, dan 54.7 VDC. Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) sesuai Persamaan (1) dan Persamaan (2), diperoleh nilai rata-rata yang masih berda dalam batas toleransi sebesar 54.65 VDC. Serta, terdapat fluktuasi pada *standard deviation* sebesar 0.08 VDC.



Gambar 10 Grafik Hasil Pengukuran Arus Motor Pada Saat Wesel Bergerak

Grafik di atas menunjukkan hasil Pengukuran Arus Motor ketika wesel bergerak ke posisi lurus atau posisi belok dalam tiga kali pengukuran. Pada pemeriksaan pertama, kedua, dan ketiga, tercatat secara berturut-turut nilai arus sebesar 6.4 A, 6.3 A, dan 6.4 A ketika Wesel bergerak menuju keadaan lurus, serta 6.8 A, 5.9 A, dan 5.7 A ketika Wesel bergerak menuju keadaan belok.

Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dan simpangan baku (*standard deviation*) sesuai Persamaan (1) dan Persamaan (2), diperoleh nilai rata-rata yang masih berda dalam batas toleransi sebesar 6.47 A ketika Wesel bergerak menuju keadaan lurus dan 6.13 A ketika Wesel bergerak menuju keadaan belok. Serta, terdapat fluktuasi pada *standard deviation* sebesar 0.05 A ketika Wesel bergerak menuju keadaan lurus dan 0.58 A ketika Wesel bergerak menuju keadaan belok.

Secara keseluruhan pada aspek mekanikal, seluruh rata-rata ukur berada sangat aman di dalam batas toleransi. Namun, terdapat fluktuasi mikro (*Standard Deviation* = 1.00 mm pada lebar jalur, dan 0.57 mm pada jarak lidah terbuka). Perubahan jarak dari 128 mm ke 127 mm mengindikasikan bahwa instrumen mekanis di lapangan sangat responsif terhadap variabel eksternal. Secara teknis, fluktuasi mekanis berkaliiber milimeter ini sangat wajar dan umumnya diakibatkan oleh pemuaiian rel baja akibat fluktuasi suhu lingkungan, serta pergeseran minor akibat getaran dinamis ketika bantalan rel dilewati rangkaian kereta yang berat. Uji tes ganjalan dan panjang langkah menunjukkan nilai absolut tanpa deviasi ($SD = 0$), yang memvalidasi bahwa sistem *gearbox* stang wesel BSG 9 bekerja dengan kepresisian penguncian yang sempurna.

Analisis pada sektor daya listrik menunjukkan lonjakan variasi pada pengukuran *Tegangan Power Belok* yang bergerak pada 109 VAC, drop ke 105 VAC, lalu naik ke 110 VAC, menghasilkan nilai standar deviasi tertinggi ($SD = 2.65$ VAC). Demikian juga pada *Arus Motor Belok* yang menurun trennya dari 6.8 A menjadi 5.7 A.

Turunnya penyerapan arus motor ini dapat dijelaskan melalui teori beban mekanis. Penurunan konsumsi arus (A) pada pemeriksaan ke-2 dan ke-3 sangat mungkin terjadi karena kondisi lintasan lidah rel yang baru saja mendapatkan pelumasan optimal pasca-perawatan pertama, sehingga gaya gesek (friksi) menurun dan kerja motor penggerak menjadi lebih

ringan. Sementara fluktuasi tegangan (VAC) lebih diakibatkan oleh kualitas suplai dari jala-jala PLN atau sistem catu daya di ruang *interlocking*, bukan bersumber dari kegagalan motor wesel itu sendiri. Nilai tegangan deteksi sangat stabil ($SD = 0.08$ VDC) memastikan bahwa relai pembacaan ke ruang kendali tidak terganggu.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan analisis statistik deskriptif terhadap data operasional lapangan, dapat disimpulkan bahwa kinerja Penggerak Wesel Tipe BSG 9 di Stasiun Bojong memiliki tingkat stabilitas dan keandalan yang sangat tinggi. Hal ini dibuktikan dari seluruh perhitungan rata-rata (*mean*) yang secara konsisten memenuhi Standar Parameter PT KAI (Buku Pedoman Perawatan Sintelis 2011). Terdapat fluktuasi nilai yang terekam khususnya pada tegangan daya operasional ($SD = 2.65$ VAC) dan celah mekanis lidah ($SD = 0.57$ mm), namun melalui analisis lanjutan disimpulkan bahwa deviasi tersebut dipicu oleh faktor suhu lingkungan, efisiensi pelumasan yang menurunkan beban gesek motor, serta fluktuasi suplai *grid* listrik.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian ini, direkomendasikan agar manajemen prasarana perkeretaapian mempertahankan dan mengoptimalkan pemeliharaan preventif terstandardisasi guna menjamin keberlanjutan keandalan sistem wesel. Upaya ini perlu didukung oleh sistem pencatatan data teknis yang terintegrasi untuk memungkinkan deteksi dini terhadap penurunan performa komponen mekanis dan elektrik. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas analisis dengan memasukkan variabel eksternal, seperti beban gandar dan degradasi material akibat faktor lingkungan, guna menghasilkan strategi pemeliharaan yang lebih komprehensif bagi keselamatan operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Agam Maulana Bakhtiar, Nico D. Djajasinga, Nomin. 2024. "Pengujian Pertama Fasilitas Operasi Penggerak Wesel Elektrik Nomor W23c1, W13a2, Dan W51a2 Di Stasiun Tanah Abang." 1–11.
- Andrew Joewono; Rasional Sitepu; Peter R Angka. 2017. "PERANCANGAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN CORRUGATING Dan MESIN FLEXO Di PT. SURINDO TEGUH GEMILANG." *Jurnal Ilmiah Widya Teknik* 16(2):61–66.
- Apriyanto, R. Akbar Nur, R. Gaguk Pratama Yudha, Mohammad Erik Echsony, and Adiratna Ciptaningrum. 2023. "Prototipe Pemindah Wesel Kereta Berbasis RFID Dan Mikrokontroler Arduino Uno." *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)* 5(2):267–75. doi:10.32528/elkom.v5i2.11300.
- Avrellita, Reinanda, Mariana Diah Puspitasari, and Dhina Setyo Oktaria. 2023. "Penanganan Gangguan Gagal Balik Point Machine No. P1106 Di Pocket Track LRT Jakarta Pada Saat Perawatan Menggunakan Metode FTA Dan FMEA." *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi* 6(4):1272–85. doi:10.31004/jutin.v6i4.19979.
- Claudio, Dezan, and Randi Adzin Murdiantoro. 2022. "Analisis Gangguan Gagal Balik Pada Penggerak Wesel Elektrik Tipe BSG 9 Di Stasiun Purwokerto." *Electronic and Electrical Power Application* (2):101–7.
- Hartanto, Sri, Alif Akbar Rizquallah, Abdul Kodir, and Al Bahar. 2025. "Analisis Tegangan Balik Terhadap Sistem Kerja Wesel Elektrik Tunggal Di Stasiun Jakarta Kota." 13(2):117–26.
- Hidayat, Lukman Yudand, Archie Haidar Adhitama Setiawan, and Muh Wildan. 2025. "Perencanaan Perawatan Preventive Untuk Uninterruptible Power Supply (Ups) Systems." *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan* 13(1):814–19. doi:10.23960/jitet.v13i1.5741.
- Indonesia, A. P. I. 2011. *Pedoman Perawatan Sintelis*.
- Paś, Jacek. 2025. "Journal of Civil Engineering and Transport 2025 ,." 7(2):87–94. doi:10.24136/tren.2025.006.
- PM No.60, Tahun 2012. 2012. "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api." *Kementerian Perhubungan Republik Indonesia* 1–57. https://peraturan.bpk.go.id/Download/138947/pm_no_60_tahun_2012.pdf.
- Ratna, Pangastuti, and Munfa`Ati Kusnul. 2018. "Penilaian Acuan Norma, Penilaian Acuan Patokan, Kriteria Ketuntasan Minimal Di Madrasah Ibtidaiyah an-Nur Plus Junwangi Krian Sidorajo Jawa Timur." *Jurnal Tarbiyah AL-AWLAD* 8(2):202–17.
- Upt, D. I., and Resor Sintelis. 2022. "Sistem Informasi Pemeliharaan Preventive Menggunakan Web." 6(2):460–68.
- Veril Firmansyah Ridho, Arnisa Stefanie. 2024. "Journal of Scientech Research and Development MAINTENANCE ANALYSIS OF THE NSE TYPE ELECTRIC MONEY ORDER." 6(1):1213–18.
- Wibawanto, Bima Sekti, Jenny Putri Hapsari, Agus Suprajitno, and Teguh Arifianto. 2022. "Analisis Peralatan Persinyalan Kereta Api Dengan Persinyalan Elektrik Silsafe4000 Di Stasiun Lempuyangan Yogyakarta." *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)* 6(2):42–48. doi:10.37367/jpi.v6i2.219.
- Wibisono, R. Endro, and Moch. Yazhid Zidan. 2024. "Identifikasi Perawatan Dan Pemeliharaan Wesel Pada Wesel 209 Di Stasiun Surabaya Gubeng." *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi* 1(April):11–18. doi:10.26740/mitrans.v1n1.p11-18.