



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 6 Tahun 2023 Page 6068-6081

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Pendeteksi Kondisi Roda Gigi Motor Wesel Menggunakan K-Means

Fathurrozi Winjaya^{1✉}, Agustinus Prasetyo Edy Wibowo², Arief Darmawan³

Politeknik Perkeretaapian Indonesia

Email: fathurrozi@ppi.ac.id^{1✉}

Abstrak

Perawatan dan pemeriksaan penggerak wesel meliputi pemeriksaan kondisi roda gigi dan pengukuran parameter untuk tegangan dan arus motor wesel. Kerusakan pada roda gigi dan lonjakan tegangan dan arus yang melebihi batas toleransi menjadi penyebab awal gangguan yang dapat mempengaruhi kelaikan dan kinerja penggerak wesel. Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang sebuah prototype sebagai inovasi untuk mendeteksi gangguan lebih dini dan memudahkan dalam melakukan perawatan dan pemeriksaan. Data getaran yang dihasilkan oleh roda gigi diproses menggunakan sensor ADXL345 dengan menerapkan metode Fast Fourier Transform, dan dilanjutkan dengan proses metode K-Means dimana mengelompokkan kategori hasilnya. Hasil pengujian didapatkan bahwa dalam proses sistem pembacaan getaran roda gigi dilakukan dengan menggunakan sensor ADXL345 yang diatur pada range percepatan sebesar 4g. Data yang terbaca dari sensor kemudian diolah dengan menerapkan metode K-Means dan menghasilkan keluaran berupa spektrum dan nilai getaran yang membedakan kondisi antara ketiga roda gigi. Metode K-Means Clustering dapat digunakan sebagai pilihan pengelompokan kerusakan roda gigi pada Motor Wesel T84 dengan nilai jarak antar satu cluster dengan lainnya adalah sebesar 72,67%. Sedangkan jarak antar cluster untuk salah satunya adalah sebesar 65%.

Kata Kunci : *K-Means Clustering, FFT, Motor Wesel, ADXL345*

Abstract

Maintenance and inspection of the point machine include checking the condition of the gears and measuring parameters for the voltage and current of the point machine. Damage to gears and voltage and current surges that exceed tolerance limits are the initial causes of problems that can affect the suitability and performance of the money order drive. This research aims to design a prototype as an innovation to detect problems earlier and make it easier to carry out maintenance and inspections. The vibration data produced by the gears is processed using the ADXL345 sensor by applying the Fast Fourier Transform method and continued with the K-Means method, which groups the results into categories. The test results showed that in the system process, the gear vibration reading was carried out using the ADXL345 sensor, which was set to an acceleration range of 4g. The data read from the sensor is then processed by applying the K-Means method and produces output in the form of a spectrum and vibration values that differentiate the conditions between the three gears. The K-Means Clustering method can be used as an option for grouping gear damage on the Wesel T84 Motor with a distance value between one cluster and another of 72.67%. Meanwhile, the distance between clusters for one of them is 65%.

Keyword: *K-Means Clustering, FFT, Point Machine, ADXL345*

PENDAHULUAN

Penggerak wesel berfungsi sebagai penggerak mekanis untuk menggerakkan kereta api dari satu jalur ke jalur lain. Penggerak wesel digerakkan oleh motor. Karena pengoperasian wesel memengaruhi pelayanan, keamanan, dan pemeliharaan, penggerak wesel sangat penting untuk infrastruktur perkeretaapian [1].

Penggerak wesel mekanik dan elektrik pada dasarnya melakukan hal yang sama, menggerakkan lidah wesel melalui rute yang dirancang. Perbedaannya terletak pada kemampuan penggerak wesel elektrik untuk mendeteksi dan mengunci kedudukan akhir lidah wesel secara mandiri dan melalui rute yang dirancang. Menurut MenHub R.I. (2018), jenis penggerak wesel dapat dibedakan berdasarkan jenis catu daya yang digunakan; ini termasuk penggerak wesel AC dan DC, serta jenis penguncian luar dan dalam [2].

Pemeriksaan dan perawatan dilakukan untuk membuat perjalanan kereta api lebih lancar. Perawatan prasarana membutuhkan fasilitas yang dapat memudahkan perawatan. Tujuan perawatan adalah mendukung fasilitas operasi agar lebih mudah dan optimal dalam menjaga prasarana agar tetap dalam kondisi yang layak pakai [3]. Dalam perawatan dan

pemeriksaan penggerak wesel, kondisi roda gigi diperiksa dan parameter diukur untuk mengetahui tegangan dan arus motor wesel. Kerusakan pada roda gigi, serta peningkatan tegangan dan arus di atas batas toleransi, adalah dua jenis gangguan yang dapat berdampak pada kesehatan dan kinerja penggerak wesel. Menurut persyaratan teknis peralatan persinyalan perkeretaapian, penggerak wesel elektrik harus menggunakan tegangan catu daya 120 VDC, 110 VAC 50 Hz, atau 380/220 VAC 3/1 fase 50 Hz, tergantung pada perencanaan. Mereka juga dapat beroperasi pada rentang tegangan $\pm 10\%$ dari tegangan nominal mereka [2].

Metode pada penelitian ini menggunakan algoritma K-Means. Pengelompokan ini dilakukan untuk mengetahui frekuensi dari nilai ukur roda gigi dari yang normal, aus hingga patah. Dengan begitu, diharapkan hasil dari penelitian ini dapat membedakan kerusakan dalam hal pendeteksian. Penelitian juga dapat menjadi inovasi dalam mendeteksi gangguan secara dini serta memudahkan teknisi dalam proses pemeriksaan dan perawatan tanpa menggunakan alat ukur tambahan. Dalam pengembangan selanjutnya, alat ini dapat dilengkapi dengan fungsi history atau logger untuk merekam data selama periode tertentu, sehingga tim pemeliharaan dapat mengevaluasi nilai tegangan, nilai arus, dan kondisi roda gigi sebagai indikator kesehatan penggerak wesel dalam jangka waktu yang lebih panjang.


METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan 2 cara, yakni perancangan perangkat keras serta perancangan perangkat lunak dimana pada perangkat lunak metode k-means akan diterapkan.

1. Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras, data primer yang dikumpulkan adalah data-data mengenai ukuran roda gigi serta nilai arus dan tegangan yang digunakan pada penggerak wesel T84M.

Tabel 1. Ukuran Setiap Roda Gigi

No.	Roda Gigi	Keterangan
1.		<ul style="list-style-type: none"> • Lebar 8,5cm • Ketebalan 2,5cm • Tinggi setiap gigi 0,5cm • Jumlah 32 gigi • Diameter lubang 1,5cm

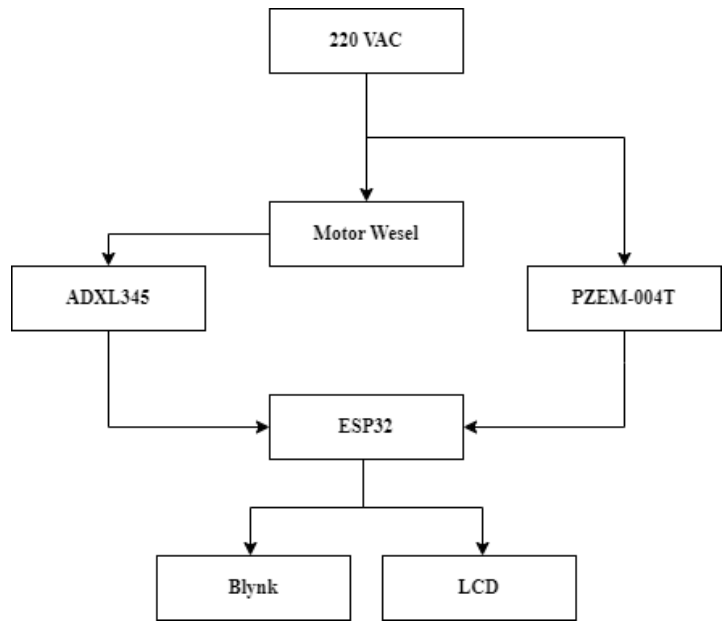
2.		<ul style="list-style-type: none"> • Lebar 13cm • Ketebalan 2cm • Tinggi setiap gigi 0,5cm • Jumlah 51 gigi • Diameter lubang 2,5cm
3.		<ul style="list-style-type: none"> • Lebar 14cm • Ketebalan 1,5cm • Tinggi setiap gigi 0,5cm • Jumlah 69 gigi • Diameter tengah 10cm • Diameter lubang 1,5cm • Diameter lubang kecil 1cm

Data arus dan tegangan diambil dengan menggunakan alat ukur multimeter dan clamp ampere pada penggerak wesel *T84M*. Dari data hasil pengukuran tersebut didapatkan nilai arus dan tegangan motor wesel *T84M* yang menghasilkan arus $\pm 4A$ dengan tegangan suplai 220VAC dan memiliki batas toleransi $\pm 10\%$.

Secara keseluruhan, susunan perangkat alat yang akan dirangkai digambarkan melalui diagram blok di bawah ini, dengan alat monitoring yang terpasang pada terminal block dan gearbox penggerak wesel *T84M* ditunjukkan pada gambar 1.

Berdasarkan alur kerja yang tergambar pada diagram, dapat disimpulkan bahwa:

1. Suplai tegangan 220 VAC tersambung ke point machine melalui terminal block.
2. Ketika suplai tegangan aktif, motor akan bergerak dan menghasilkan arus.
3. Tegangan dan arus yang dihasilkan akan menjadi nilai masukan bagi sensor.
4. Sensor akan memproses nilai masukan tersebut.
5. ESP32 akan melakukan pemrosesan lebih lanjut terhadap data dari sensor.
6. Hasil pemrosesan akan ditampilkan melalui modul LCD dan web dashboard menggunakan platform Blynk.



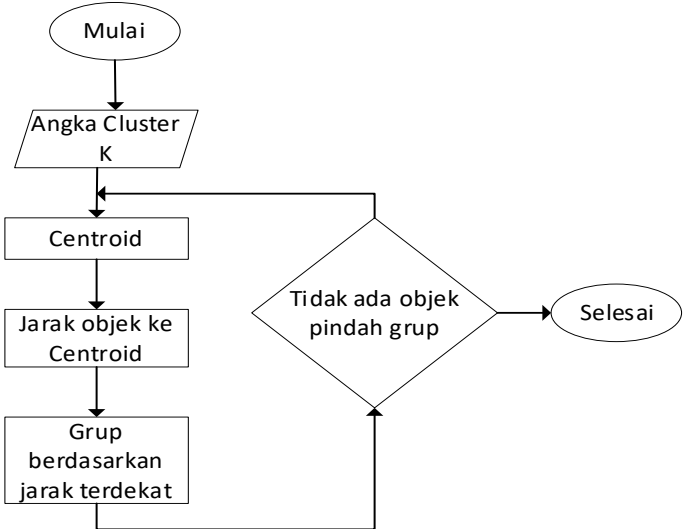
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

2. Perancangan Perangkat Lunak

Sebelum algoritma K-Means dapat digunakan dan digunakan dalam pendeteksian, K-Means dirancang dalam bentuk sistem matematis. Secara umum, algoritma K-Means ditemukan dalam bentuk matrix dan vector matematis, dan dalam penelitian ini, mereka diwakili dalam bentuk sistem matematis.

Gambar 2 menunjukkan struktur dan tahapan proses dengan menggunakan metode K-Means. Tahapan proses dalam algoritma clustering yang menggunakan metode K-Means adalah sebagai berikut [4]:

- a. Memilih jumlah cluster k.
- b. Inisialisasi k pusat cluster: Ada banyak cara untuk melakukan proses ini, tetapi pilihan utama pada tahap ini adalah acak..



Gambar 2. Langkah proses K-Means

- c. Alokasikan semua objek dan data ke cluster paling dekat untuk melakukan proses pengolahan data di titik tiap pusat cluster, sesuai dengan teori jarak geometris yang diusulkan sebagai berikut [5]:

$$dist(x_1, x_2) = \sqrt{\sum_{i=0}^n (x_{1i} - x_{2i})^2}$$

Dist (x_1, x_2) = Jarak *Euclidean*

x_{1i} = Record ke-i

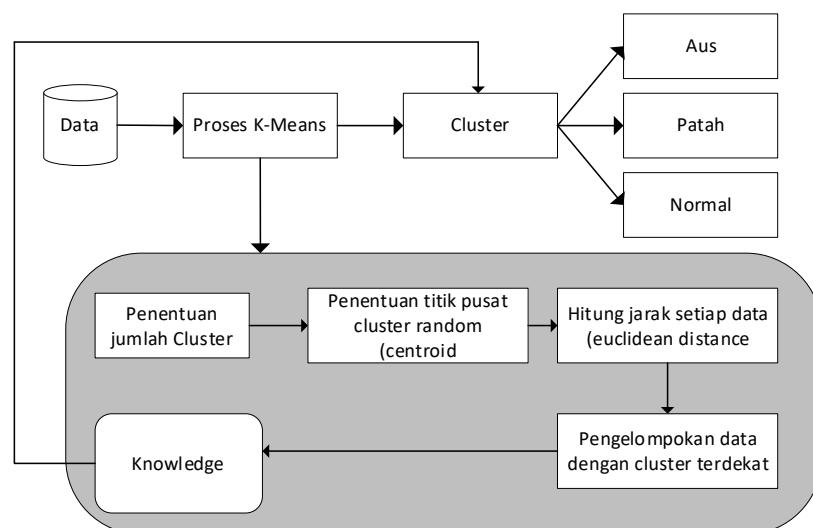
x_{2i} = Record ke-j

- d. Selanjutnya, pusat cluster dihitung ulang, dengan keanggotaan cluster terbaru rata-rata dari semua data dan objek dalam cluster. Jadi, mean bukanlah parameter yang paling penting.
- e. Gunakan pusat cluster baru untuk menugaskan kembali setiap objek. Jika pusat cluster berubah sampai proses clustering selesai, ulangi proses "c" sampai Anda menemukan bahwa nilai pusat cluster tidak berubah..

K-Means clustering menggunakan kelompok non-hirarki di mana setiap objek yang masuk dalam kelompok adalah objek yang sama dan berkorelasi. Data dari kelompok memiliki tingkat kemiripan dan perbedaan yang lebih tinggi [6].

Pada dasarnya, clustering adalah teknik untuk mengkategorikan atau mengelompokkan sejumlah objek berdasarkan karakteristik yang sebanding dengan data lainnya. Clustering adalah metode data mining yang memungkinkan algoritma bekerja tanpa bimbingan. Ini berarti bahwa pelatihan dan output tidak lagi diperlukan untuk metode ini. Clustering hierarchial dan non-hierarchical adalah dua jenis clustering yang tersedia dalam data mining.

Adapun langkah-langkah pengolahan data dengan metode K-Means Cluster terlihat pada Gambar 3 :



Gambar 3 Alur kerja K-means clustering

Gambar 3 menunjukkan proses algoritma K-Means. Pertama, data dikumpulkan, dipilih,

dibersihkan, dan diubah. Selanjutnya, proses pengolahan K-Means digunakan untuk menentukan jumlah cluster yang tidak terduga, titik pusat cluster, dan jarak masing-masing cluster, dan mengelompokkan data pada cluster untuk menghasilkan pengetahuan, atau clustering.

Pada tahap terakhir, algoritma K-Means digunakan untuk melakukan clustering. Ini akan melakukan dua skenario, masing-masing dengan nilai k yang berbeda. Setiap mesin data roda gigi akan dibagi ke berbagai kelompok atau cluster sebagai output clustering [7].

a. Menentukan Nilai K Optimal

Dalam skenario kedua, nilai k yang optimal digunakan. Dua metode berbeda digunakan untuk memastikan nilai k yang optimal, yaitu:

1) Metode Elbow

Ini menggunakan nilai wss total (dalam total persegi) sebagai penentu besar k optimal.

Salah satu cara untuk mengetahuinya adalah dengan melihat garis yang mengalami patahan yang membentuk siku atau elbow pada gambar grafik..

2) Metode Silhouette

Ini menggunakan asumsi kualitas dari kumpulan yang telah terbentuk. Cluster dianggap lebih baik jika memiliki nilai yang lebih tinggi.

b. Clustering dengan K-Means

Setelah beberapa proses pengolahan data selesai dan nilai k yang optimal telah ditentukan, tinggal menjalankan clustering dengan algoritma K-Means. Dalam hal ini, algoritma K-Means menggabungkan dua nilai k, yaitu $k=3$ dan k optimal; kedua nilai ini dikenal dari metode elbow dan silhouette. Hasilnya akan menunjukkan apa yang ada di dalam dan bagaimana masing-masing kelompok berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

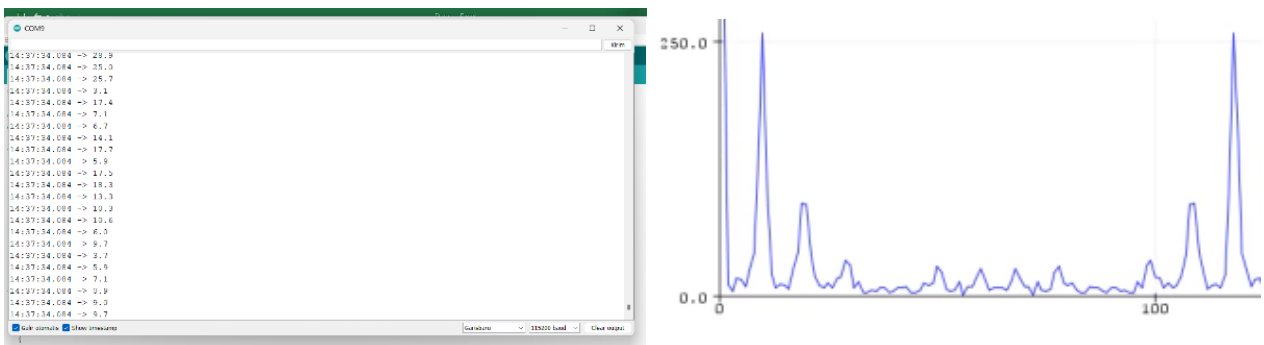
Hasil perancangan alat menggambarkan keseluruhan output dan karakteristik dari alat yang telah dirancang. Hal ini mencakup desain fisik alat, spesifikasi teknis, dan fungsionalitas yang diinginkan. Selain itu, hasil perancangan juga mencakup pemilihan material dan komponen yang sesuai, serta metode atau proses produksi yang akan digunakan. Evaluasi kinerja dan pengujian prototipe juga merupakan bagian dari hasil perancangan alat untuk memastikan bahwa alat tersebut memenuhi tujuan dan persyaratan yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil perancangan alat dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Hasil Perancangan Alat

1. Hasil Pengujian Komponen Sensor ADXL345

Pengujian sensor ADXL345 mendapatkan hasil sesuai dengan konsep yang diinginkan dan tujuan dari penelitian. Dengan penerapan algoritma *Fast Fourier Transform (FFT)* pada hasil pembacaan sensor ADXL345, sensor mampu menghasilkan nilai getaran dan spektrum hasil dari pengolahan *FFT*. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor ADXL345 efektif dalam mendeteksi dan mengukur getaran secara akurat serta memberikan informasi spektrum frekuensi yang relevan. Hasil pembacaan nilai dan spektrum getaran pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pembacaan Nilai dan Spektrum Getaran

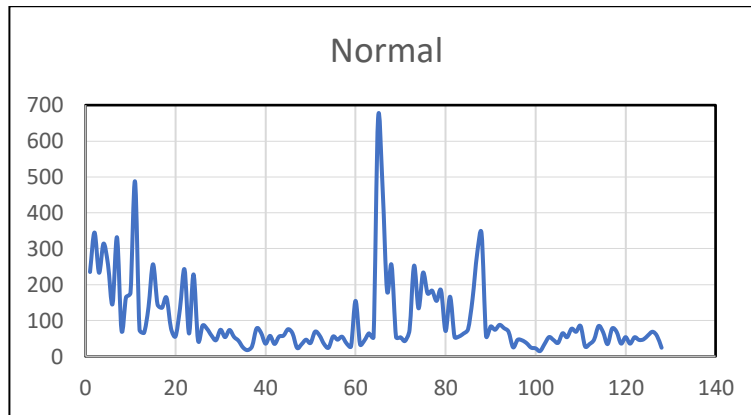
2. Hasil Pengujian Kinerja Sistem dalam Mendeteksi Kondisi Roda Gigi

Hasil pengujian kinerja sistem terhadap pembacaan getaran yang diperoleh telah disusun menjadi tiga bagian, meliputi data dari roda gigi normal, roda gigi yang patah, dan data dari roda gigi yang aus. Dari data tersebut menunjukkan adanya perbedaan pada spektrum untuk setiap kondisi roda gigi. Berikut adalah penjelasan mengenai spektrum yang telah diperoleh dari pengujian yang dilakukan terhadap roda gigi penggerak wesel T84M.

a. Kondisi Roda Gigi Normal

Pada roda gigi normal, dihasilkan spektrum yang telah diolah menggunakan metode Fast

Fourier Transform melalui program yang telah dibuat dalam perangkat lunak Arduino IDE. Hasil dari pengolahan data menunjukkan bahwa spektrum getaran roda gigi normal menunjukkan amplitudo yang relatif lebih rendah dari roda gigi aus.

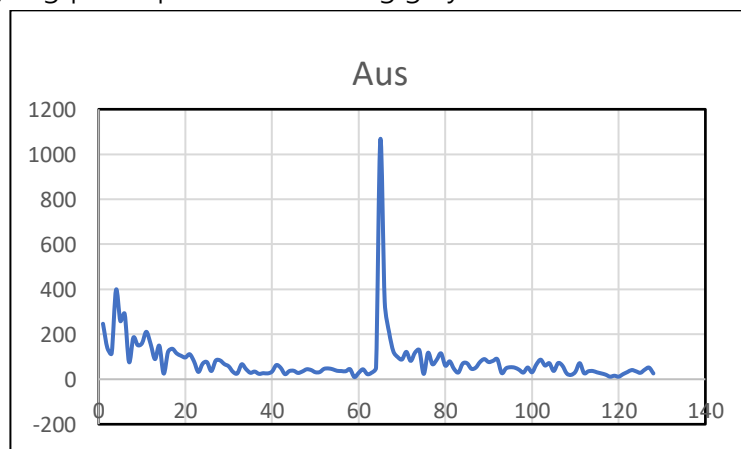


Gambar 6. Spektrum Roda Gigi Normal

Terlihat pada Gambar 6 grafik spektrum getaran yang telah diolah dengan menggunakan metode FFT menunjukkan nilai amplitudo yang relatif lebih rendah dari amplitudo yang dihasilkan ketika roda gigi aus dengan nilai amplitudo yang dihasilkan dibawah 1066 m/s^2 .

b. Kondisi Roda Gigi Aus

Data yang dihasilkan dari roda gigi yang mengalami keausan menunjukkan tanda-tanda kerusakan yang mempengaruhi gerakan dan getarannya saat beroperasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spektrum getaran dari roda gigi yang aus memiliki nilai amplitudo yang relatif tinggi dibandingkan dengan roda gigi normal, tetapi nilai amplitudonya lebih rendah daripada roda gigi yang patah pada salah satu giginya.

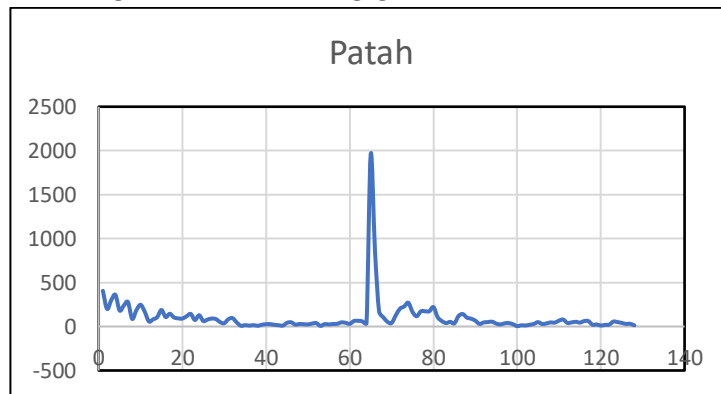


Gambar 7. Spektrum Roda Gigi Aus

Terlihat pada Gambar 7. perubahan spektrum hasil pengolahan FFT mengalami tanda – tanda terjadinya keausan pada roda gigi dan menunjukkan data perubahan yang signifikan dengan nilai amplitudo sebesar 1066 m/s^2 .

c. Kondisi Roda Gigi Patah

Pada spektrum hasil dari roda gigi patah, terdapat tanda-tanda kerusakan yang berpengaruh pada gerak dan getarannya saat beroperasi. Tanda-tanda ini terlihat pada spektrum yang telah diproses menggunakan metode Fast Fourier Transform melalui program yang dibuat dalam perangkat lunak Arduino IDE. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spektrum getaran dari roda gigi yang mengalami patah menunjukkan amplitudo yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan kondisi roda gigi aus.

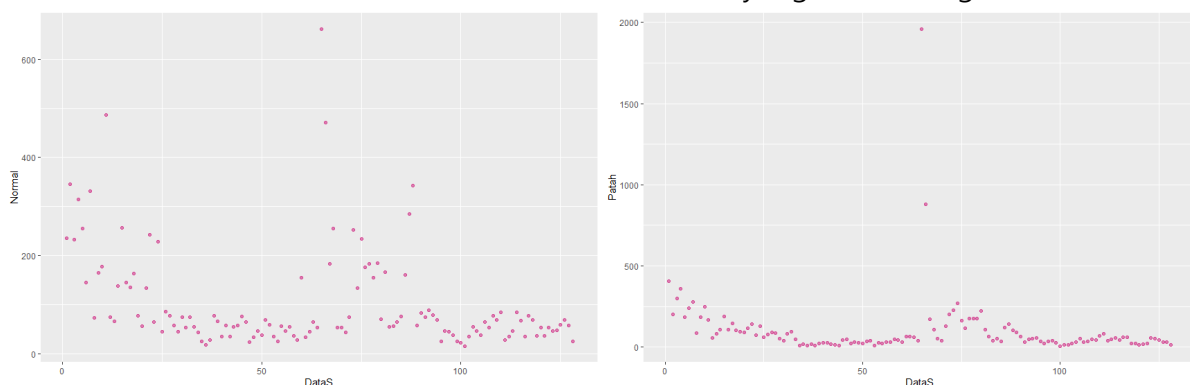


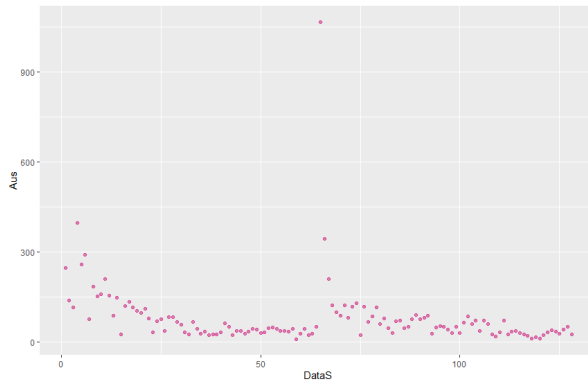
Gambar 8. Spektrum Patah 1 Gigi

Terlihat pada Gambar 8. perubahan spektrum hasil pengolahan FFT mengalami tanda – tanda terjadinya kerusakan pada roda gigi dan menunjukkan data perubahan yang signifikan dengan nilai amplitudo sebesar 1960 m/s^2 .

3. Implementasi Algoritma K-Means Clustering

Terakhir adalah hasil dari implementasi K-Means clustering terhadap data yang sudah diolah. Hasil uji pun akan berdasarkan dari skenario yang sudah ditentukan di awal. Sebelum melakukan implementasi algoritma K-Means Clustering dilakukan pengukuran sebaran data pada masing-masing getaran yang didapatkan pada saat kondisi aus, patah, dan juga normal. Pengukuran ini ditujukan agar mengetahui nantinya cluster yang akan berpengaruh pada pengolahan K-Means Clustering. Sebaran data pada masing-masing kondisi dapat dilihat pada gambar 9. selanjutnya dilakukan penghitungan dengan 2 metode yaitu metode Elbow dan Metode Silhouette. Dari 2 metode akan dilihat mana nilai yang akan sering muncul

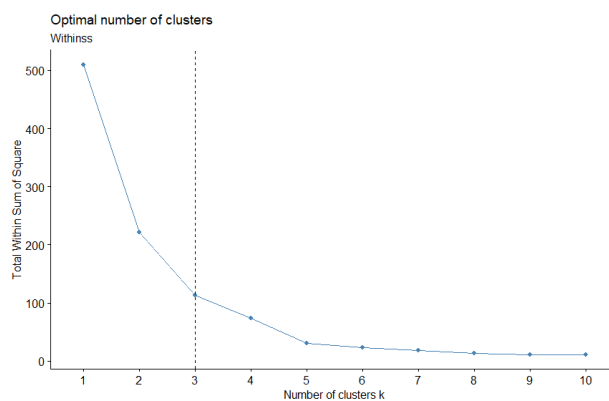




Gambar 9. Sebaran data pada masing-masing getaran aus, patah, dan normal

a. Metode Elbow

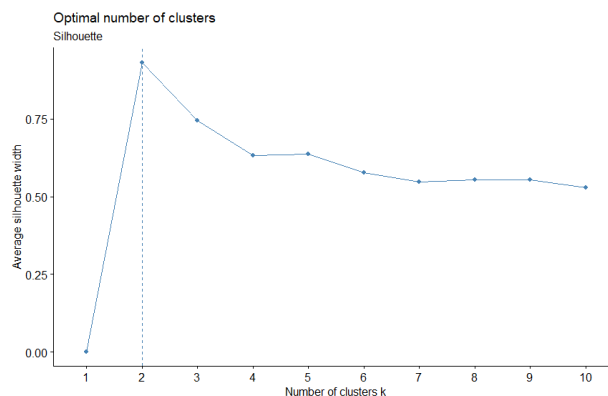
Pada Gambar 10, diagram Metode Elbow memberikan gambar siku ada pada angka 3, sehingga dinyatakan bahwa k yang optimal dengan metode ini adalah sama dengan 3.



Gambar 10. Diagram Metode Elbow

b. Metode Silhouette

Pada Gambar 11, diagram Metode Silhouette memberikan garis putus-putus ada pada angka 2.



Gambar 11. Diagram Metode Silhouette

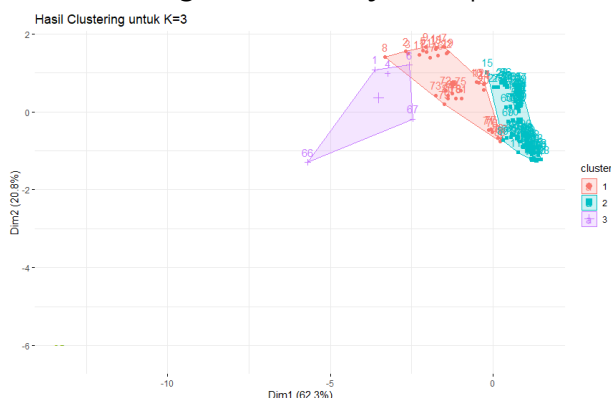
Setelah dilakukan clustering, untuk nilai k=3 memiliki 3 cluster dengan jumlah berbeda-beda. Untuk jumlah tepatnya bisa dilihat pada Tabel 15.

Nilai rata-rata dari setiap cluster untuk masing-masing variabel ditunjukkan dalam clustering K-Means dengan k=3. Nilai paling banyak masuk di cluster 3, cluster 2, dan cluster 1 masing-masing ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Mean tiap variable

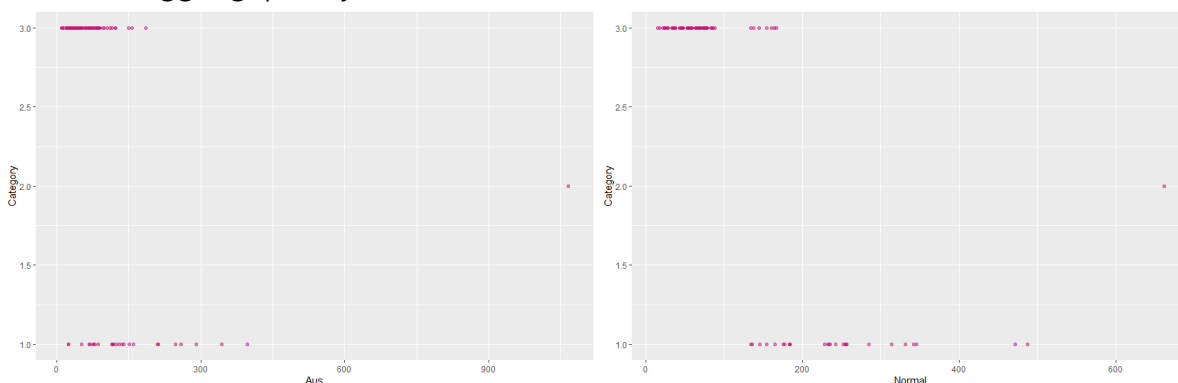
Cluster	Variabel		
	Aus	Patah	Normal
1	.16786	.83571	.7821
2	6.20000	6.90000	1.4000
3	79596	17071	1202

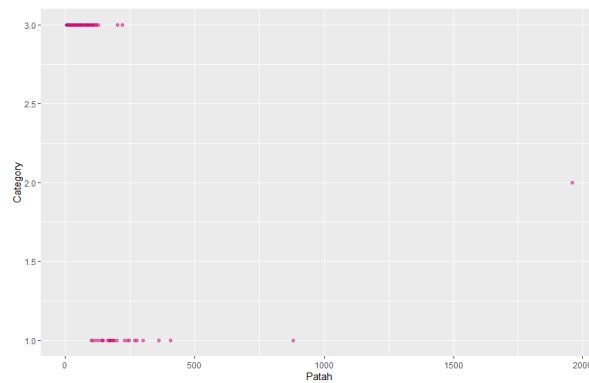
Nilai jarak dekatnya, atau jarak antara satu cluster yang sama (antara SS) adalah 72,67%. Hasil visualisasi clustering K-Means dengan k=3 ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Visualisasi Penyebaran Data Tiap Cluster k=3

Selanjutnya, menggunakan ggplot untuk melihat hubungan antara variabel DataS dengan variabel Kategori untuk menentukan cluster aus, patah, dan normal. Gambar 13 menunjukkan bahwa dari tiga variabel tersebut, prioritas atau pola suatu variabel semakin tinggi ketika persebaran datanya semakin padat pada variabel tersebut, dan sebaliknya, ketika persebaran data semakin renggang, polanya semakin rendah.





Gambar 13 Hubungan Variabel DataS dengan Variabel Category k=3

Selain itu, visualisasi dengan boxplot digunakan untuk menunjukkan distribusi data untuk setiap variabel pada setiap kategori, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Karakteristik, jarak, dan kinerja tiap cluster yang terbentuk adalah beberapa faktor yang dibandingkan. Ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil dari tiga kelompok.

SIMPULAN

Perbedaan hasil dari kondisi ketiga roda gigi yaitu roda gigi dalam kondisi normal menghasilkan spektrum dengan nilai amplitudo relatif lebih rendah daripada saat terjadi keausan atau patah pada roda gigi yaitu dengan nilai amplitudo dibawah 1066 m/s^2 . Ketika terjadi keausan pada roda gigi, nilai amplitudo meningkat dibandingkan dengan roda gigi kondisi normal, mengindikasikan adanya kelainan atau kerusakan pada roda gigi dengan nilai amplitudo sebesar 1066 m/s^2 . Pada kondisi roda gigi patah satu gigi, nilai amplitudo meningkat dibandingkan dengan roda gigi yang mengalami keausan dengan nilai amplitudo sebesar 1960 m/s^2 . Metode K-Means Clustering dapat digunakan sebagai pilihan pengelompokan kerusakan roda gigi pada Motor Wesel T84 dengan nilai jarak antar satu cluster dengan lainnya adalah sebesar 72,67%. Sedangkan jarak antar cluster untuk salah satunya adalah sebesar 65%..

DAFTAR PUSTAKA

- Alessi A., La-cascia, P., Lamoureux, B., Pugnaroni, M., & Dersin, P. (2016). Health Assessment of Railway Turnouts: A Case Study. Proceedings of the Third European Conference of the Prognostics and Health Management Society, 2007, 5–8..
- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2018). PM 44 Tahun 2018, Tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian..
- Abimanyu A., (2021). Evaluasi Penggerak Wesel Di Stasiun Wonokromo. PTDI – STTD, Bekasi. <http://digilib.ptdisttd.net/id/eprint/908>

- M. G. H. Omran, A. P. Engelbrecht, and A. Salman, (2007) An overview of clustering methods, *Intell. Data Anal.*, vol.11, no. 6, pp. 583–605
- O. J. Oyelade, O. O. Oladipupo, and I. C. Obagbuwa (2010) Application of k Means Clustering algorithm for prediction of Students Academic Performance, vol. 7, pp. 292–295, 2010.*
- D. B. Saputra and E. Riksakomara. (2018). Implementasi Fuzzy C-Means dan Model RFM untuk Segmentasi Pelanggan (Studi Kasus : PT. XYZ), *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp.1–6, 2018.
- Bagaskara, Affindi Mario. (2020) Pengelompokan ATM Menggunakan Metode K-Means Dengan Ekstraksi Fitur Rfm Pada Bank XYZ, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya. <https://repository.its.ac.id/79212/>