RANCANG BANGUN SISTEM REAL-TIME MONITORING KERUSAKAN BEARING PADA KENDARAAN ANGKUT NPS75 4X4 TNI ANGKATAN DARAT MENGGUNAKAN METODE KNN (K-NEAREST NEIGHBOR)

Dwi Wahyu Wicaksono[1], Mokhammad Syafaat[2)], Kasiyanto[3)]
[1-3)]Politeknik Angkatan Darat, Desa Pendem, Junrejo, Kota Batu, Jawa Timur-Indonesia, 65324
E - mail : wahyuongez@gmail.com, Syafaatarh96@poltekad.ac.id, Kasiyanto@poltekad.ac.id

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A REAL-TIME MONITORING SYSTEM FOR BEARING DAMAGE ON THE NPS75 4×4 TRANSPORT VEHICLE OF THE INDONESIAN ARMY USING THE K-NEAREST NEIGHBOR (KNN) METHOD

Abstract: *Military transport vehicles, such as the Indonesian Army's NPS75 4x4, play a crucial role in supporting smooth troop movements in both Military Operations for War (OMP) and Military Operations Other Than War (OMSP). One of the vital components affecting the reliability and operational safety of these vehicles is the bearing. Conventional bearing condition inspections, which are still performed manually through auditory and tactile methods, are considered less effective and carry the risk of delays in preventive maintenance. This research aims to design and build an automatic real-time bearing damage monitoring system based on the NodeMCU ESP32 microcontroller by integrating an MPU6050 sensor to detect vibration and an A3144 Hall-Effect sensor to monitor wheel rotation (RPM). The vibration data obtained from the sensors are processed and classified for their damage levels using the K-Nearest Neighbor (KNN) method, equipped with an interface display on an Android dashboard and an Organic Light-Emitting Diode (OLED) Liquid Crystal Display (LCD) to facilitate user monitoring. The results of this research are expected to provide accurate and real-time bearing health status information, thereby minimizing the risk of fatal vehicle damage and optimally supporting preventive maintenance.*
Keywords*: Real-Time Monitoring, Bearing, NPS75 4x4 Transport Vehicle, ESP32, MPU6050 Sensor, K-Nearest Neighbor (KNN).*

Abstrak: Kendaraan angkut militer, seperti NPS75 4x4 TNI Angkatan Darat, memegang peran krusial dalam mendukung kelancaran pergeseran pasukan baik dalam Operasi Militer Perang (OMP) maupun Operasi Militer Selain Perang (OMSP). Salah satu komponen vital yang mempengaruhi keandalan dan keselamatan operasional kendaraan ini adalah bearing. Pemeriksaan kondisi bearing yang selama ini masih dilakukan secara manual melalui metode pendengaran dan perabaan dinilai kurang efektif serta memiliki risiko keterlambatan dalam tindakan preventif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem real-time monitoring kerusakan bearing secara otomatis berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32 dengan mengintegrasikan sensor MPU6050 untuk mendeteksi getaran dan sensor Hall-Effect A3144 untuk memantau putaran roda (RPM). Data getaran yang diperoleh dari sensor diproses dan diklasifikasikan tingkat kerusakannya menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN), serta dilengkapi dengan tampilan antarmuka pada dashboard Android dan Liquid Crystal Display (LCD) OLED untuk memudahkan pemantauan oleh pengguna. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi status kesehatan bearing secara

akurat dan real-time, sehingga dapat meminimalisir risiko kerusakan fatal pada kendaraan serta mendukung pemeliharaan preventif secara optimal.
Kata kunci: Real-Time Monitoring, Bearing, Kendaraan Angkut NPS75 4x4, ESP32, Sensor MPU6050, K-Nearest Neighbor (KNN).

PENDAHULUAN

Pertahanan negara merupakan aspek yang vital bagi keberlangsungan suatu negara, di mana Tentara Nasional Indonesia (TNI) memegang peranan penting dan strategis dalam menjaga kedaulatan, keutuhan wilayah, serta keselamatan bangsa (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2002). Sebagai komponen utama pertahanan, TNI dituntut untuk selalu siap dalam menjalankan berbagai bentuk penugasan, baik dalam kerangka Operasi Militer Perang (OMP) maupun Operasi Militer Selain Perang (OMSP) (Suharyanto & Sugianto, 2024). Namun, optimalisasi dan efektivitas pelaksanaan tugas-tugas tersebut sering kali dihadapkan pada berbagai kendala teknis operasional, salah satunya berkaitan dengan tingkat kesiapan dan keandalan alat utama sistem pertahanan (alutsista) yang dimiliki (Teguh Trilaksana, 2022).

Salah satu unsur pendukung mobilitas yang memegang peranan krusial di lapangan adalah kendaraan angkut militer, seperti halnya truk angkut berat NPS75 4x4 yang diandalkan dalam pergerakan dan pergeseran personel maupun logistik. Faktor keselamatan dan kenyamanan awak di dalam kendaraan sangat bergantung pada performa mekanis komponen-komponen utamanya (Semrád et al., 2025). Di antara komponen vital tersebut, bearing roda merupakan elemen sentral yang menahan beban kendaraan serta memastikan perputaran roda berjalan dengan lancar (Gv- & Wijianti, 2018). Seiring dengan intensitas pemakaian yang tinggi di berbagai medan, bearing roda rentan mengalami keausan atau kerusakan mekanis yang jika tidak terdeteksi sejak dini dapat berakibat fatal dan memicu kecelakaan di tengah jalan.

Secara konvensional, prosedur pemeriksaan atau deteksi kerusakan pada bearing kendaraan selama ini masih bertumpu pada metode manual, yakni mengandalkan kepekaan pendengaran pengemudi terhadap suara gesekan mesin serta perabaan fisik pada komponen (Setiawan et al., 2018). Pendekatan tradisional ini dinilai kurang efektif, subjektif, serta memiliki risiko keterlambatan yang tinggi dalam mengambil tindakan preventif (Romdhoni, Mardiansyah, 2023). Kendati demikian, pesatnya perkembangan teknologi elektronika dan sistem embedded saat ini membuka peluang luas untuk beralih ke metode otomatisasi yang lebih presisi, seperti pemanfaatan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan sensor getar MPU6050 dan sensor Hall-Effect A3144 (Saputra & Yulianti, 2021).

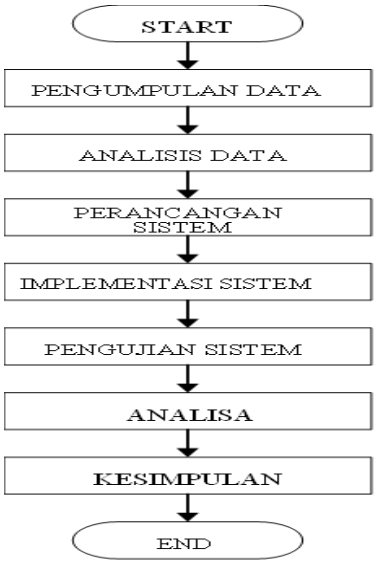
Berlandaskan pada permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem pemantauan berbasis real-time (real-time monitoring) yang mampu mendeteksi serta mengklasifikasikan tingkat kerusakan bearing secara otomatis pada kendaraan angkut NPS75 4x4. Penerapan algoritma klasifikasi seperti K-Nearest Neighbor (KNN) serta integrasi penampil data melalui dashboard Android dan layar OLED diharapkan mampu menyajikan informasi status kesehatan komponen secara akurat (Dahruyatsyah, 2024). Melalui implementasi sistem ini, prajurit atau tim pemeliharaan dapat melakukan tindakan preventive maintenance secara tepat waktu guna menekan risiko kerusakan fatal dan menjaga kesiapan operasional alutsista secara optimal (Setiawibawa, 2023).

METODE PENELITIAN

1. Diagram Penelitian

a. Perencanaan Sistem

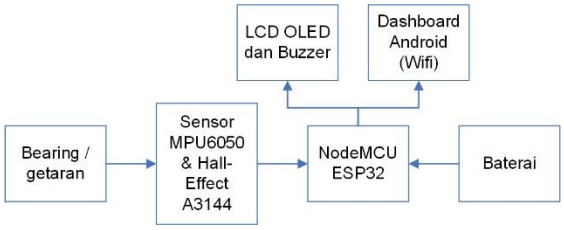
Penelitian ini memakai metode terapan (penelitian praktis) untuk menemukan solusi atas suatu permasalahan. Studi ini menilai isu-isu praktis agar hasilnya dapat memberi manfaat bagi personel TNI. Penelitian dilaksanakan dengan membandingkan temuan-temuan yang telah ada serta memanfaatkan sensor dan mikrokontroler sebagai sarana yang dapat memudahkan personel. Dengan demikian, temuan dalam penelitian ini tidak dimaksudkan sebagai penemuan yang benar-benar baru. Penelitian yang dilakukan tidak harus berfokus pada pengembangan teori, ide, atau gagasan, melainkan menekankan penerapan hasil penelitian untuk pelaksanaan kegiatan dan membantu mengamankan personel ketika berkendara.



Gambar 1.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

b. Perancangan Sistem

Langkah yang dilakukan pada perancangan sistem adalah membuat diagram blok perancangan. Gambar 2 merupakan diagram blok perancangan sistem yang secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian yaitu; Pertama, bagian input terdiri dari bearing roda yang terintegrasi dengan sensor getaran MPU6050 dan sensor Hall-Effect A3144 untuk memantau putaran roda (RPM). Kedua, bagian pemroses yaitu modul mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang mengolah data pengukuran. Ketiga, bagian output yang terdiri dari LCD OLED dan buzzer sebagai indikator visual serta audio lokal, serta dashboard pada ponsel Android yang terhubung melalui jaringan nirkabel untuk pemantauan jarak jauh. Arah anak panah menunjukkan hubungan sebagai input/output antar bagian.

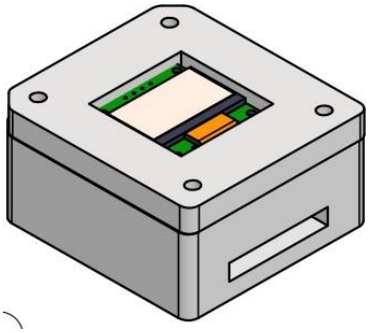


Gambar 2.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

2. Desain Alat

a. Desain Dudukan Komponen

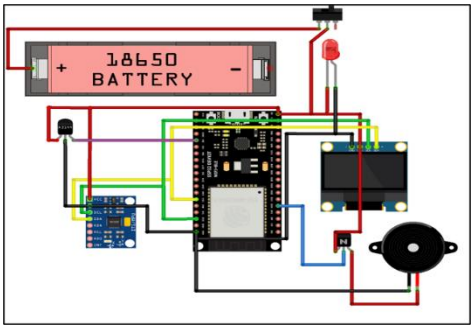
Desain ini berfungsi sebagai tempat bagi perangkat keras yang digunakan, sehingga dapat membantu mempermudah baik pengguna maupun operator saat menggunakan alat. Peneliti merancang desain alat ini dengan memanfaatkan perangkat lunak tambahan berupa Solidworks. Adapun rancangan alat tersebut ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

b. Desain Skematik

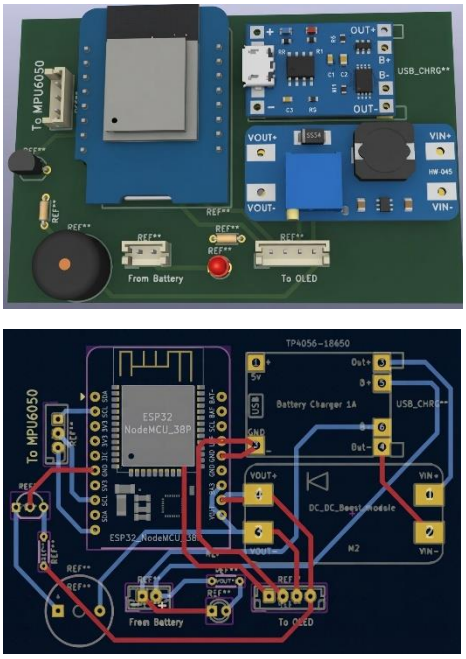
Desain Skematik sebagai menunjukkan skema rangkaian elektronik yang dibuat. Rangkaian elektronik ini menunjukkan hubungan antara komponen elektronika yang dirancang sesuai dengan gambar 4.



Gambar 4.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

c. Desain PCB Layout

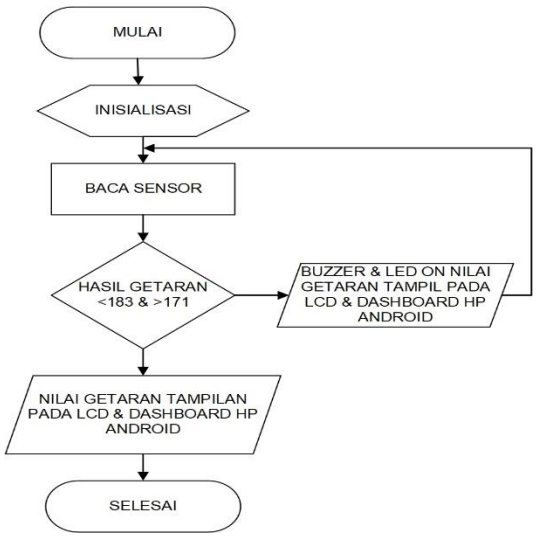
Desain PCB Layout digunakan sebagai rangkaian komponen yang akan dirancang agar dapat dibangun pada sebuah PCB yang berfungsi untuk memperkuat komponen dan sekaligus mengurangi tingkat ketidakpresisian. Komponen tersebut dibuat. Rangkaian elektronik pada PCB ini memperlihatkan hubungan antara komponen elektronika yang dirancang sesuai dengan gambar 5 berikut.



Gambar 5.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

3. Alur Program Penelitian

Alur program yang digunakan peneliti pada alat pendeteksi kerusakan pada bearing kendaraan ini dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Desain.

a. Desain Dudukan Komponen.

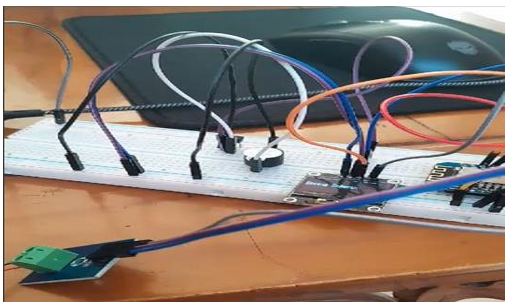
Perancangan dudukan komponen dengan bantuan perangkat lunak tambahan berupa SOLIDWORK menghasilkan dudukan komponen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

b. Desain Skematik.

Desain skematik berfungsi untuk menyederhanakan penggunaan komponen elektronika agar proses perancangan berjalan sesuai dengan target peneliti. Rangkaian dari desain tersebut selanjutnya dapat diimplementasikan terlebih dahulu pada *project board* sebelum beranjak ke tahap berikutnya. Dokumentasi hasil uji coba menggunakan *project board* tersebut dapat disaksikan pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

b. Desain PCB Layout.

Desain PCB dirancang untuk memudahkan proses perakitan komponen serta meminimalkan risiko kegagalan perangkat selama tahapan pengujian atau pengambilan data penelitian. Wujud fisik hasil cetak desain tersebut dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

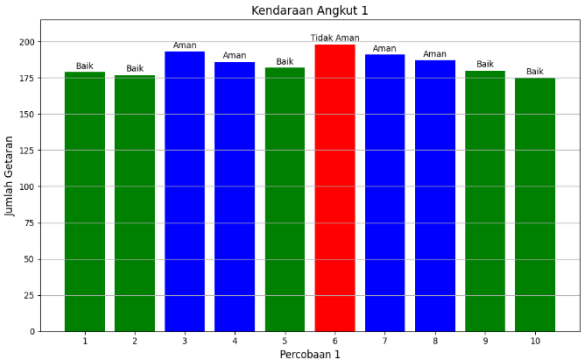
2. Hasil Percobaan.

Pengujian dilakukan pada sejumlah armada kendaraan angkut TNI-AD untuk mengukur vibrasi yang ditimbulkan oleh putaran roda saat posisi kendaraan diam (statis). Indikasi kerusakan pada komponen *bearing* akan memicu getaran pada struktur kendaraan, di mana rincian data hasil pengujian tersebut dapat dicermati melalui beberapa tabel berikut.

a. Percobaan Pada Kendaraan Angkut 1

Tabel 1. Percobaan 1
Sumber: Kendaraan Angkut 1

No Percobaan 1	Jumlah Getaran	Kondisi
1	179	Baik
2	177	Baik
3	193	Aman
4	186	Aman
5	182	Baik
6	198	Tidak Aman
7	191	Aman
8	187	Aman
9	180	Baik
10	175	Baik

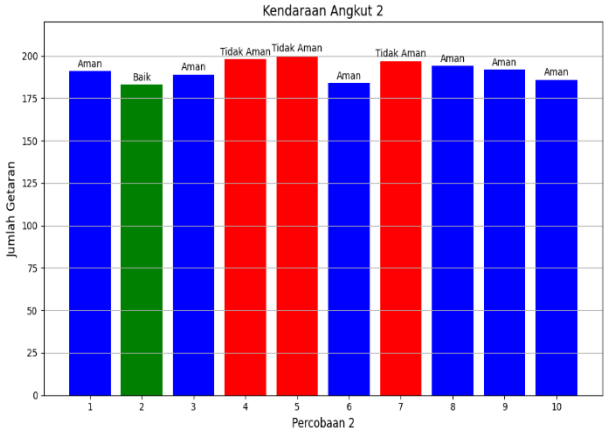


Gambar 10.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

b. Percobaan Pada Kendaraan Angkut 2.

Tabel 2. Percobaan 2
Sumber: Kendaraan Angkut 2

No Percobaan 2	Jumlah Getaran	Kondisi
1	191	Aman
2	183	Baik
3	189	Aman
4	198	Tidak Aman
5	200	Tidak Aman
6	184	Aman
7	197	Tidak Aman
8	194	Aman
9	192	Aman
10	186	Aman

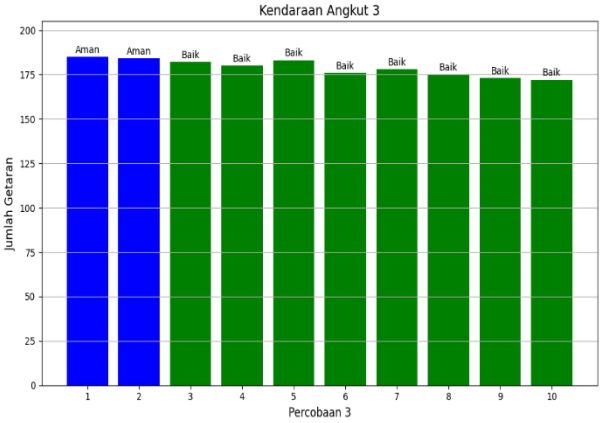


Gambar 11.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

c. Percobaan Pada Kendaraan Angkut 3.

Tabel 2. Percobaan 3
Sumber: Kendaraan Angkut 3

No Percobaan 3	Jumlah Getaran	Kondisi
1	185	Aman
2	184	Aman
3	182	Baik
4	180	Baik
5	183	Baik
6	176	Baik
7	178	Baik
8	175	Baik
9	173	Baik
10	172	Baik



Gambar 12.
Sumber: Diolah Oleh Peneliti, 2026

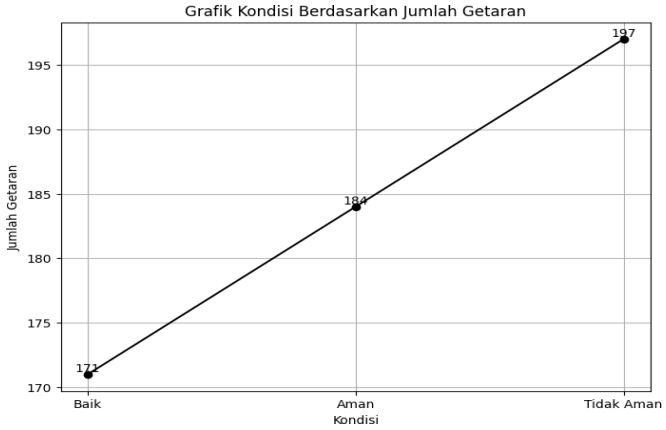
3. Pembahasan.

Penelitian terdahulu sering kali dijadikan acuan utama untuk memahami pola kerusakan komponen, seperti peningkatan getaran pada bearing kendaraan yang beroperasi secara terus-menerus tanpa henti. Seiring bertambahnya jarak tempuh, usia pakai bearing akan semakin berkurang dan memicu kenaikan tingkat getaran. Kondisi ini mempercepat kerusakan bearing serta berpotensi merembet ke bagian lain, termasuk housing dan komponen internal di sekitarnya, yang tentu merugikan keselamatan serta kenyamanan pengendara

maupun penumpang. Ringkasan dari berbagai studi terdahulu yang berkaitan dengan evaluasi kondisi bearing kendaraan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Kategori Kerusakan Bearing
Sumber: (Setiawan et al., 2018)

No.	Jumlah Getaran	Indeks	Kondisi
1.	171 – 183	1	Baik
2.	184 – 196	2	Aman
3.	197 – 210	3	Tidak Aman



Gambar 13.
Sumber: (Setiawan et al., 2018)

intensitas penggunaan serta beratnya medan operasional kendaraan angkut TNI-AD yang sangat tinggi, pemantauan kondisi bearing menjadi krusial guna mengantisipasi kegagalan komponen secara mendadak dan menjaga kesiapan operasional satuan. Parameter getaran dari studi terdahulu ini dapat diaplikasikan secara sistematis untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan bearing secara dini, sehingga langkah pemeliharaan preventif atau *predictive maintenance* dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan fatal yang merugikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian Perancangan Alat Pengukuran Indeks Kerusakan pada bearing kendaraan TNI-AD merupakan jenis penelitian terapan, karena pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi pada kendala-kendala yang ada di lapangan kerja dalam pelaksanaan tugas TNI AD. Perancangan alat ini dilaksanakan berdasarkan kebutuhan organisasi TNI AD khususnya personel saat melakukan monitoring indeks kerusakan kendaraan. Sehingga dengan alat ini monitoring bisa dilakukan lebih efisien dan bisa mengambil tindakan secara cepat saat ada indikator indeks getaran melebihi ambang batas pelaksanaan kegiatan untuk meminimalisir kecelakaan kerja pada saat personel berkendara.

Dapat dilihat pada tabel klasifikasi indeks yang digunakan untuk mengklasifikasikan jenjang kerusakan pada pengujian alat yang dibuat, didapatkan hasil getaran yang masuk ke dalam kategori tidak aman (>197) mengindikasikan bearing dalam keadaan rusak. Sesuai dengan sistem yang telah dibuat maka lampu dan buzzer pada alat akan menyala memberikan peringatan serta menampilkan informasi pada layar OLED dan dashboard Android sehingga personel yang bertugas bisa mengambil tindakan dengan cepat.

Berdasarkan pengamatan dan pengujian pada alat dan sistem yang dibuat, pemantauan indeks getaran bisa dimaksimalkan dengan adanya penggunaan sensor yang memiliki sensitivitas tinggi serta tidak melupakan tempat peletakan pada bagian roda yang akan diukur secara benar sehingga tingkat error bisa diminimalisir. Selain itu, disarankan pula untuk melakukan pengujian lanjutan pada berbagai variasi medan operasional yang lebih ekstrem guna memastikan keandalan sistem secara optimal

DAFTAR PUSTAKA

Dahruyatsyah, F. (2024). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan pada Bearing Kendaraan Angkut NPS 75 4x4 milik TNI Angkatan Darat Berbasis K-(Nearest Neighbor). *Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Jurnal*, *6*,

5867–5878. https://doi.org/10.47476/reslaj.v6i8.2253

Gv-, H. E. T., & Wijianti, E. S. (2018). *PENGARUH MATERIAL BEARING TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR MOBIL Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Universitas Bangka Balitung Kampus Terpadu Desa Balunijuk Kecamatan Merawang Kabupaten bangka 21 Wijianti , Eka Sari , dkk ; Pengaruh Material Bearing Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mobil Hemat Energi Tarsius Gv-1 22 Wijianti , Eka Sari , dkk ; Pengaruh Material Bearing Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mobil Hemat Energi Tarsius Gv-1*. *4*(2), 21–24.

Romdhoni, Mardiansyah, H. K. (2023). *Bearing Fault Detection Menggunakan Metode Wavelet Berbasis Labview*. *November 2022*, 49–58.

Saputra, R., & Yulianti, B. (2021). *Alat pendeteksi originalitas baterai tipe 18650 berbasis arduino nano*. 2–6.

Semrád, K., Droppa, P., & Rieˇ, M. (2025). *Numerical Simulation and Analytical Validation of the Drive and Transmission Mechanism for Truck Vehicles*. 1–33.

Setiawan, A., Muid, A., & Nirmala, I. (2018). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kerusakan Bearing pada Kendaraan Roda Empat menggunakan Metode KNN (K-Nearest Neighbor). *Positron*, *8*(2), 31. https://doi.org/10.26418/positron.v8i2.27508

Setiawibawa, R. (2023). *The Influence Of Competence and Compensation On The Performance Of Army Polytechnic Teaching Staff : Mediated By Work Motivation*. *1*(2).

Suharyanto, S., & Sugianto, S. (2024). The Strategic Role of the TNI in Preventing the Development of Radicalism in Indonesia in the Perspective of Law 34 of 2004. *Jurnal Legisci*, *1*(4), 229–238. https://doi.org/10.62885/legisci.v1i4.191

Teguh Trilaksana, A. M. (2022). *Optimalisasi Dukungan Logistik Terpadu di Wilayah Natuna Guna Mendukung Operasi Kogabwilhan I Optimization of Integrated Logistic Support in the Natuna Region to*. *27*(1), 44–50.