



Aplikasi Arduino Uno R3 pada Exhaust System Engine SAA12V140E-3 HD 785-7 untuk Meningkatkan Nilai Intelligence

Retno Umbaran¹, Akhmad Farid², Nurida Finahari³✉

^{1,2,3} Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama
Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Malang, Indonesia
✉ *Corresponding author*: nurida@widyagama.ac.id

Diterima Redaksi : 15 Maret 2024
Selesai Revisi : 16 April 2024
Diterbitkan Online : 18 Mei 2024

Abstract

The condition of the HD785-7 unit which is more than 30,000 hourmeters old and the working environment is difficult, and there has never been any checking and maintenance on the exhaust gas temperature, this causes the exhaust gas temperature sensor and electrical system to be neglected which results in inaccurate reading of the exhaust gas temperature value in the VHMS (Vehicle Health Monitoring System) which makes the achievement of IA (Intelligence Availability) worsen for the HD785-7 unit at PT Pamapersada Nusantara on the KPCS site. After making observations through the data, an implementation of the exhaust gas temperature value improvement program was carried out by placing the exhaust gas temperature sensor properly, routable the VHMS (Vehicle Health Monitoring System) wiring harness, and repairing the exhaust gas temperature system wiring with the target of reducing the number of error and abnormal readings on the exhaust gas temperature value in the VHMS (Vehicle Health Monitoring System), so that the achievement of IA (Intelligence Availability) is in accordance with the target of the KPCS site of PT Pamapersada Nusantara, which is 75%. After the exhaust gas temperature value improvement program was carried out and monitoring of the IA (Intelligence Availability) data was carried out, the error reading and abnormal values of the exhaust gas temperature decreased to 56.75%, the result was that the IA (Intelligence Availability) achievement increased to 83.85% and reached the IA (Intelligence Availability) achievement target from PT Pamapersada Nusantara, which was 75%.

Keywords: *HD785-7; Exhaust Temperature; Vehicle Health Monitoring System; Intelligence Availability.*

Abstrak

Kondisi unit HD785-7 yang sudah berumur mencapai lebih dari 30.000 hourmeters dan kondisi lingkungan kerja yang berat, serta belum pernah adanya pengecekan dan maintenance pada exhaust gas temperture, hal ini menyebabkan tidak terawatnya sensor dan electrical system exhaust gas temperature yang berakibat tidak akuratnya pembacaan nilai exhaust gas temperature di VHMS (Vehicle Health Monitoring System) yang membuat achievement IA (Intelligence Availability) memburuk pada unit HD785-7 di PT Pamapersada Nusantara site KPCS. Setelah melakukan pengamatan melalui data tersebut, dilakukan implementasi program perbaikan nilai exhaust gas temperature dengan cara melakukan penggantian sensor exhaust gas temperature secara tepat, melakukan routable pada wiring harness VHMS

(Vehicle Health Monitoring System), dan perbaikan pada wiring exhaust gas temperature system dengan target mengurangi jumlah pembacaan error dan abnormal pada nilai exhaust gas temperature di VHMS (Vehicle Health Monitoring System), sehingga achievement IA (Intelligence Availability) sesuai dengan target dari PT Pamapersada Nusantara site KPCS yaitu 75%. Setelah dilakukan program perbaikan nilai exhaust gas temperature dan dilakukan pengawasan pada data IA (Intelligence Availability), nilai pembacaan error dan abnormal pada exhaust gas temperature turun hingga 56.75%, hasilnya achievement IA (Intelligence Availability) naik menjadi 83.85% dan mencapai target achievement IA (Intelligence Availability) dari PT Pamapersada Nusantara yaitu sebesar 75%.

Kata kunci: HD785-7; Exhaust Temperature; Vehicle Health Monitoring System; Intelligence Availability.

1. Pendahuluan

Dalam mesin diesel, terjadi proses pembakaran yang menghasilkan tekanan dan gas buang yang cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian terhadap suhu gas buang untuk menentukan langkah preventive maintenance yang akan dilakukan pada sebuah engine [1]. Sensor suhu yang terpasang pada engine harus sesuai pembacaannya antara VHMS (Vehicle Health Monitoring System) dengan kondisi aktual yang ada di dalam exhaust manifold [2]. Ketidaksesuaian data antara sensor aktual dan data yang tercatat pada sistem VHMS dapat menyebabkan kesalahan diagnosis kondisi mesin, yang berujung pada tertundanya tindakan perawatan atau bahkan kerusakan mesin yang lebih parah [3]. Oleh karena itu, diperlukan studi dan evaluasi mendalam mengenai akurasi sensor suhu yang digunakan, khususnya dalam mengukur suhu gas buang pada exhaust manifold mesin diesel [4].

PT Pamapersada Nusantara menjadi kontraktor penambangan di seluruh penjuru negeri dengan berbagai customer. Di antaranya adalah PT Kaltim Prima Coal (KPC) Sanggatta yang berlokasi di Sanggatta, Kutai Timur, Kalimantan Timur [5]. Dari seluruh produksi area, PT Pamapersada Nusantara Jobsite KPCS memiliki porsi yang sama besar dengan PT KPCS sendiri, yaitu sebesar 31% dari total produksi batubara pada tahun 2018. Hal ini menunjukkan kepercayaan PT KPCS kepada PT Pamapersada Nusantara Jobsite KPCS dalam melakukan kegiatan pertambangan di area pertambangan milik PT Kaltim Prima Coal [6].

PT Pamapersada Nusantara memiliki ribuan alat berat untuk mendukung tercapainya target produksi. Alat-alat tersebut berupa excavator, dump truck, dozer, shovel, maupun alat-alat support maintenance. Dari semua alat-alat tersebut, seluruhnya menggunakan tenaga penggerak berupa mesin diesel [5].

Vehicle Health Monitoring System (VHMS) adalah sistem pemantauan kinerja unit alat berat secara menyeluruh yang berbasis pada teknologi elektronik (*e-technology*) yang ditawarkan oleh Komatsu [7]. Sistem ini memungkinkan pemilik, distributor, dan pembuat alat berat Komatsu di Jepang untuk memantau kondisi alat berat yang sedang beroperasi di seluruh dunia. VHMS merupakan lompatan besar dalam teknologi alat berat Komatsu yang memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi alat berat secara real-time dan mengambil tindakan preventif yang diperlukan untuk memperpanjang masa pakai alat berat tersebut [8].

Intelligence Availability adalah ringkasan beberapa parameter penting dari VHMS dan PAP (Program Analisa Pelumas) yang digunakan untuk memprediksi performa unit dan memantau kondisi unit secara lebih detail dengan hasil yang berkualitas [9]. *Intelligence Availability* memiliki beberapa fungsi, antara lain sebagai parameter pendukung keberhasilan FUI (*Follow Up Instruction*) dan *Backlog*, sebagai pendukung perencanaan eksekusi proses perawatan [10]. sebagai acuan penyusunan skala prioritas dan *Next Activity Plan*, sebagai data

input untuk pemantauan umur komponen (*Lifetime Component*), dan pada akhirnya sebagai input dalam sistem *Big Data Monitoring*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis *true experimental research* yang bertujuan untuk mengkaji penerapan mikrokontroler Arduino Uno R3 pada sistem exhaust engine tipe SAA12V140E-3 HD 785-7 dalam rangka meningkatkan kualitas parameter *Intelligence Availability*. Kegiatan penelitian dilaksanakan di lingkungan operasional PT Pamapersada Nusantara, Jobsite KPC Sangatta, Kalimantan Timur. Eksperimen dilakukan dengan cara mengintegrasikan sensor suhu yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno R3 pada saluran exhaust manifold mesin diesel. Sistem ini dirancang untuk memperoleh data temperatur gas buang secara *real-time*, yang kemudian dibandingkan dengan data referensi yang tercatat dalam sistem *Vehicle Health Monitoring System (VHMS)*. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk menilai tingkat akurasi sensor tambahan serta mengevaluasi potensi kontribusinya dalam mendukung pengambilan keputusan *preventive maintenance* secara lebih responsif dan berbasis data aktual.

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap perancangan dan perakitan perangkat keras yang terdiri atas sensor suhu (misalnya *thermocouple* atau sensor berbasis *termistor*), mikrokontroler Arduino Uno R3, serta modul komunikasi data (seperti modul SD card atau koneksi serial ke komputer). Setelah sistem dirakit, dilakukan proses kalibrasi sensor untuk memastikan kesesuaian antara nilai pembacaan aktual dengan standar suhu referensi. Sistem kemudian diinstal pada exhaust manifold unit HD 785-7 dan diuji dalam kondisi operasional nyata. Data suhu gas buang direkam secara kontinu selama periode pengamatan, kemudian dibandingkan dengan data historis dan data yang tercatat pada sistem VHMS. Perbandingan dilakukan menggunakan pendekatan statistik deskriptif serta pengujian tingkat kesalahan (*error rate*) dari hasil pembacaan sensor Arduino terhadap data VHMS. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap pengaruh penerapan sistem ini terhadap indikator *Intelligence Availability* yang mencakup: kemampuan deteksi anomali suhu secara dini, akurasi dalam penyusunan *Next Activity Plan*, dan efektivitas pemantauan *lifetime component*.

Hasil pengukuran dan analisis yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana implementasi sistem berbasis Arduino ini mampu memberikan pengaruh terhadap parameter-parameter yang membentuk *Intelligence Availability*. Evaluasi ini bertujuan untuk melihat potensi penerapan teknologi mikrokontroler sebagai sistem monitoring tambahan yang hemat biaya, namun tetap andal dalam mendukung manajemen pemeliharaan berbasis data aktual di lingkungan industri alat berat.

Variabel Penelitian

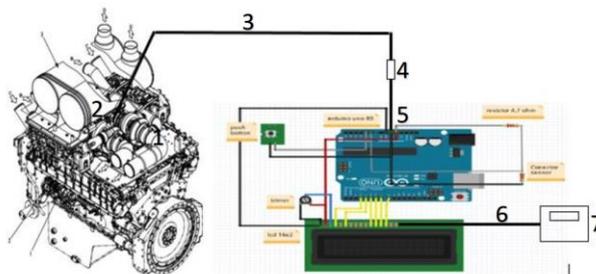
Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan adalah nilai *Intelligence Availability (IA)* pada sistem *Vehicle Health Monitoring System (VHMS)* untuk unit *dump truck* yang memiliki capaian di bawah 75%, yang dianggap sebagai indikator performa unit berada di bawah standar operasional dan memerlukan evaluasi lebih lanjut. Sementara itu, variabel terikat dalam penelitian ini adalah temperatur gas buang (*exhaust gas temperature*) yang diukur pada empat titik yaitu *left front*, *left rear*, *right front*, dan *right rear* pada sistem *exhaust manifold*. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dua perangkat, yaitu *Exhaust Temperature Tester Kit* dan *Heat Gun*, untuk memastikan akurasi dan validitas data temperatur yang diperoleh.

Proses Pembuatan I-Tool dan Wiring Harness Repairs

Proses pembuatan *Intelligent Tool* (I-Tool) diawali dengan tahapan persiapan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan perangkat. Selanjutnya, dilakukan pengembangan perangkat lunak dengan menggunakan platform Arduino IDE untuk menyusun program yang akan dijalankan oleh mikrokontroler. Setelah program selesai, dilakukan pembuatan penutup (*cover*) perangkat, yang secara kreatif memanfaatkan material dari *box PDU* bekas. Rangkaian desain dan *wiring diagram* disusun untuk menjadi acuan dalam proses perakitan perangkat. Tahapan ini juga disertai dengan proses diskusi bersama mentor guna memperoleh masukan teknis dan validasi rancangan. Proses perakitan dilakukan sesuai dengan desain dan *wiring diagram* yang telah dibuat, diikuti dengan pengunggahan (*upload*) program ke dalam perangkat. Setelah perangkat siap, dilakukan uji coba awal dengan menggunakan sensor baru, kemudian dilanjutkan dengan uji coba langsung pada sensor suhu gas buang yang terpasang di unit *dump truck* guna mengevaluasi performa perangkat secara nyata di lapangan.

Adapun proses *wiring harness repairs* dilakukan sebagai langkah pendukung agar integrasi perangkat dengan sistem eksisting dapat berjalan optimal. Tahap awal dimulai dengan pengupasan kabel pada sistem *Vehicle Health Monitoring System* (VHMS) di unit. Selanjutnya, dilakukan pemotongan pada jalur GND HM-23A, B, C, dan D, serta pembuatan *junction* dari HM-CN2A port 12. Setelah itu, sambungan *ground* pada HM-23A dihubungkan dengan *junction* dari port 12 untuk menyatukan jalur massa. Sebelum penyambungan akhir, seluruh kabel dibersihkan terlebih dahulu menggunakan *contact cleaner* untuk memastikan konektivitas yang baik dan mencegah gangguan pada sistem. Setelah seluruh koneksi terpasang, kabel dibungkus kembali dengan pelindung dan siap untuk digunakan dalam proses integrasi alat ke unit kendaraan.

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Instalasi Penelitian

Gambar 1 menunjukkan konfigurasi instalasi penelitian yang mengintegrasikan sensor suhu gas buang dengan mikrokontroler Arduino Uno R3 pada sistem mesin diesel tipe SAA12V140E-3. Engine SAA12V140E-3 merupakan mesin diesel berukuran besar yang digunakan sebagai sumber penggerak utama alat berat. Mesin ini dilengkapi dengan turbocharger yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dengan menambahkan udara bertekanan tinggi ke dalam ruang bakar, sehingga mampu meningkatkan performa mesin.

Pada saluran exhaust manifold mesin, dipasang Exhaust Gas Temperature Sensor (sensor suhu gas buang) yang berperan penting dalam mendeteksi temperatur gas hasil pembakaran. Data dari sensor ini dikirimkan melalui Deutch Connector, yaitu konektor tahan kondisi ekstrem yang dirancang khusus untuk aplikasi otomotif dan alat berat, ke sistem pengolahan

data. Selanjutnya, data temperatur tersebut diterima dan diproses oleh mikrokontroler Arduino UNO R3, yang berfungsi sebagai pusat kendali elektronik dalam sistem ini. Mikrokontroler ini mampu membaca sinyal analog dari sensor, mengolahnya, dan menampilkan informasi yang relevan.

Sinyal hasil olahan dari mikrokontroler kemudian dikirim ke *wiring harness* VHMS, yaitu rangkaian kabel yang menghubungkan berbagai sensor dan perangkat elektronik ke sistem pemantauan. Rangkaian ini terhubung dengan VHMS *Controller*, yakni modul kontrol utama dari *Vehicle Health Monitoring System*, yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data kondisi mesin secara keseluruhan. Dengan konfigurasi ini, sistem memungkinkan pengambilan data suhu gas buang secara *real-time* yang dapat dibandingkan dengan data standar VHMS, sehingga mendukung proses evaluasi terhadap akurasi sensor serta efektivitas sistem monitoring berbasis Arduino dalam konteks perawatan preventif alat berat.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini diawali dengan kegiatan observasi lapangan dan pemeriksaan visual (*visual check*) terhadap kondisi unit serta sistem *exhaust*. Observasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi awal sensor suhu gas buang dan sistem *Vehicle Health Monitoring System* (VHMS) pada unit HD 785-7. Setelah itu, dilakukan pengukuran temperatur gas buang menggunakan perangkat *heat gun* pada beberapa titik pengukuran, kemudian hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan data yang ditampilkan pada *monitor panel* unit HD 785-7 guna menilai akurasi pembacaan sensor eksisting. Tahap selanjutnya adalah menganalisis data kerusakan atau perbedaan pembacaan yang ditemukan, yang kemudian dijadikan dasar dalam perancangan dan pembuatan alat bantu (*tool*) berupa *wiring harness* VHMS dan sensor temperatur gas buang berbasis *mikrokontroler*. Proses ini diakhiri dengan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh untuk menilai efektivitas alat bantu dalam mendukung sistem pemantauan kondisi suhu gas buang dan potensi peningkatan nilai *Intelligence Availability*.

3. Hasil dan Pembahasan

Data Populasi Unit

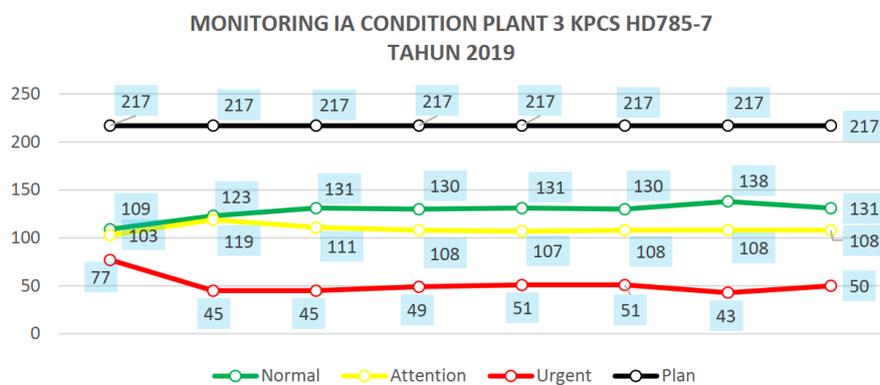
Tabel 1. Data populasi unit Wheel Rigid

MODE L	PO P	HM UNIT								
		X< 6	6≤X<1 2	12≤X<1 8	18≤X<2 4	24≤X<3 0	30≤X<3 6	36≤X<4 2	42≤X<4 8	48≤ X
HD1500 -7	17	0	0	0	4	3	3	5	2	0
HD1500 -7F	23	0	0	0	10	4	0	9	0	0
HD465- 7R	5	0	0	0	2	3	0	0	0	0
HD785- 7	281	27	23	3	0	0	68	83	52	25
HD785- 7F	36	0	3	0	0	14	9	10	2	0
HD785- 7WT	11	0	1	0	0	0	4	2	2	4
HD785- 7 FT	4	0	0	0	1	0	1	2	1	0
TOTAL	377	27	23	8	18	18	93	110	67	31

Tabel di atas menunjukkan distribusi populasi unit alat berat berdasarkan jam kerja (Hour Meter) di Jobsite PT Pamapersada Nusantara. Dari total 377 unit, model HD785-7 mendominasi dengan 281 unit, mayoritas berada pada kategori HM di atas 30.000 jam, khususnya pada rentang 36.000–<42.000 jam (83 unit) dan 30.000–<36.000 jam (68 unit). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar unit telah beroperasi dalam jangka waktu lama dan membutuhkan pemantauan kondisi mesin yang lebih intensif untuk mendukung efektivitas *preventive maintenance*.

Data Achievement IA sebelum perbaikan

Data Problem IA (Intelligence Availability) Berikut ini adalah data *Problem Achievement IA* secara keseluruhan untuk unit HD785-7 di Plant 3. Pada bulan April 2019 berdasarkan data dari Plant Engineer, data tersebut sudah penulis rangkum dan disusun dengan menggunakan grafik data dan table untuk memudahkan membaca dan menganalisanya.

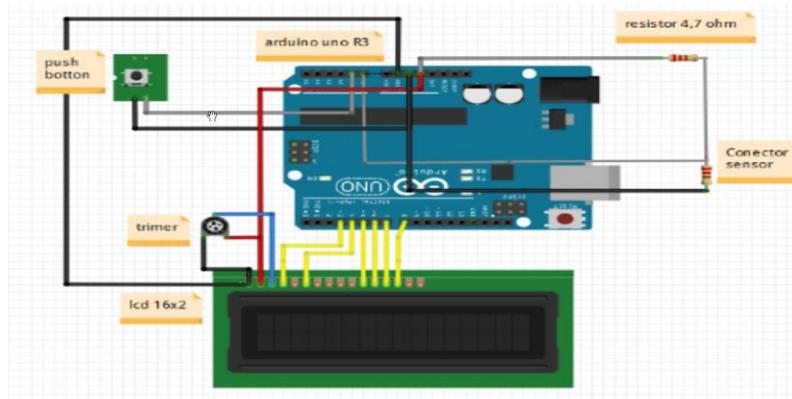


Gambar 2. Data monitoring IA

Melihat dari grafik terlihat Achievement IA (Intelligence Availability) unit HD785-7 pada bulan April – Mei 2019 masih dibawah dari targetnya yaitu 75% untuk Achievement IA (Intelligence Availability), Sedangkan untuk target yang ditentukan Head office PT Pamapersada Nusantara dimana targetnya yaitu 75% untuk Achievement IA (Intelligence Availability)

Ide Perbaikan

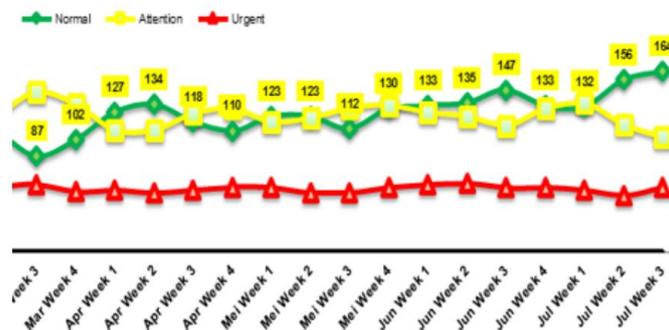
Pada kegiatan pemeliharaan sensor, dilakukan dua tindakan utama. Pertama, pengecekan berkala terhadap kondisi sensor yang dilakukan oleh tim Intelligence Availability (IA) menggunakan alat bantu I-TOOL. Pengecekan ini bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi sensor dapat terkontrol dengan baik melalui pemantauan rutin. Kegiatan ini telah dimulai sejak Mei 2019 dan terus berlanjut, dengan Alif Nurul I dan Jefrianto P sebagai pelaksana kegiatan, yang dilakukan di area Bays Service dengan estimasi biaya sebesar Rp357.000. Kedua, dilakukan pengecekan terlebih dahulu sebelum penggantian sensor. Hal ini dilakukan untuk mengoptimalkan proses penggantian sensor dengan memastikan sensor benar-benar perlu diganti. Pengecekan ini juga dilakukan oleh tim IA sejak Mei 2019 dan masih berlangsung, dengan pelaksana yang sama dan di lokasi yang sama, namun tanpa biaya tambahan yang dicantumkan. Wiring Diagram I-Tool



Gambar 3. Wiring diagram I-Tool

Pada gambar adalah wiring diagram I-TOOL dimana I-TOOL ini menggunakan power bank sebagai powernya, dan memiliki layar LCD untuk memberikan informasi tentang kondisi sensor EGT. I-TOOL ini memiliki 2 inputan, input pertama adalah push button yang berguna untuk memilih menu pada layar LCD, dan inputan kedua sebagai pembaca tahanan pada sensor EGT. Pada tool yang berbasis arduino ini sudah diprogram jika output voltage diatas 1000 mV maka display pada tool menunjukkan “Sensor Good”, sensor exhaust gas temperature dalam kondisi bagus dan tidak perlu dilakukan penggantian [11]. Jika output voltage kurang dari 1000 mV maka display akan menunjukkan “Not Good”, berarti sensor rusak dan perlu dilakukan penggantian.

Data IA setelah perbaikan



Gambar 4. Data IA setelah perbaikan

Berikut ini adalah perhitungan keuntungan menggunakan format FSFI, dengan begitu keuntungan yang bias diperoleh dari adanya program-program perbaikan sebesar Rp.3.470.482.805 (Tiga milyar empat ratus tujuh puluh juta empat ratus delapan puluh dua ribu delapan ratus lima rupiah) untuk keuntungan yang didapatkan dalam jangka waktu 1 bulan perawatan.

Rangkaian hasil penelitian berdasarkan urutan/susunan logis untuk membentuk sebuah penjelasan. Isi bab hasil dan pembahasan menunjukkan fakta/data dan jangan diskusikan hasilnya. Dapat menggunakan Tabel dan Angka tetapi tidak menguraikan secara berulang terhadap data yang sama dalam gambar, tabel dan teks. Untuk lebih memperjelas uraian, dapat menggunakan sub judul. Hindari pengulangan penjelasan yang terlalu mendetail.

4. Kesimpulan

Berdasarkan implementasi program dan improvement melalui penerapan *I-TOOL* dan *Rotable Wiring Harness VHMS* pada unit HD785-7 di PT Pamapersada Nusantara site KPC Sangatta, diperoleh hasil utama yang menunjukkan keberhasilan perbaikan dan efisiensi biaya. Pertama, terdapat peningkatan pencapaian pada *Intelligence Availability (IA)*, khususnya dalam parameter *exhaust gas temperature*, yang sebelumnya mengalami pembacaan error. Kedua, program maintenance berupa pengecekan sensor *exhaust gas temperature* sebelum dilakukan penggantian terbukti berjalan efektif sesuai dengan rencana perbaikan. Ketiga, melalui upaya pengecekan sensor menggunakan *I-TOOL* dan pemanfaatan ulang *Wiring Harness VHMS* yang telah direparasi, berhasil diperoleh penghematan biaya (saving cost) sebesar Rp 3.470.482.805. Hasil utama dari penelitian ini adalah peningkatan keandalan sistem monitoring suhu gas buang serta tercapainya efisiensi biaya pemeliharaan secara signifikan.

Daftar Pustaka

- [1] R. Ebrahimi, "Performance analysis of a dual cycle engine with considerations of pressure ratio and cut-off ratio," *Acta Phys. Pol. A*, vol. 118, no. 4, pp. 534–539, 2010, doi: 10.12693/APhysPolA.118.534.
- [2] A. Nuryaman, E. Mulyana, and R. Mardiaty, "Rancang Bangun Prototipe Alat Pengukur Kecepatan Kendaraan Dengan Sensor Infra Merah," *Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 22, pp. 15–16, 2017.
- [3] M. A. Rahman *et al.*, "A Secure and Intelligent Framework for Vehicle Health Monitoring Exploiting Big-Data Analytics," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 23, pp. 19727–19742, 2022, doi: 10.1109/TITS.2021.3138255.
- [4] M. P. Awalliza and B. Nugraha, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu pada Stasiun Transmisi Metro TV Jakarta dengan Web Berbasis Arduino Uno dan Sim908," *J. Teknol. Elektro*, vol. 8, no. 3, 2017, doi: 10.22441/jte.v8i3.2187.
- [5] S. Juniar, *Journey to Infinity and Beyond*. Jakarta: Pama Media, 2019.
- [6] B. B. Dahlan, "Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno pada Universitas Ichsan Gorontalo," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 9, no. 3, pp. 282–289, 2017, doi: 10.33096/ilkom.v9i3.158.282-289.
- [7] S. Chen and M. Zhu, "Design and Realization of Health Monitoring System on Electric Wheel Truck," *2010 Int. Symp. Intell. Inf. Process. Trust. Comput.*, pp. 51–54, 2010, doi: 10.1109/IPTC.2010.149.
- [8] R. S. V. Simbar and A. Syahrin, "Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 dengan Komunikasi Wireless," *J. Teknol. Mesin*, vol. 5, no. 4, p. 48, 2017, doi: 10.22441/jtm.v5i4.1225.
- [9] K. Schweikhard, W. Richards, J. Theisen, W. Mouyos, and R. Garbos, "Flight Demonstration of X-33 Vehicle Health Management System Components on the F/A-18 Systems Research Aircraft," 2001, [Online]. Available: <https://consensus.app/papers/flight-demonstration-of-x33-vehicle-health-management-schweikhard-richards/6d4b7d5b4d8a5209b891f9d779ac3983/>
- [10] K. Mohammed *et al.*, "Real-Time Remote-Health Monitoring Systems: a Review on Patients Prioritisation for Multiple-Chronic Diseases, Taxonomy Analysis, Concerns and Solution Procedure," *J. Med. Syst.*, vol. 43, pp. 1–21, 2019, doi: 10.1007/s10916-

019-1362-x.

- [11] Ismiyati, D. Marlita, and D. Saidah, “112707-ID-pencemaran-udara-akibat-emisi-gas-buang,” *J. Manajeen Transp. Logistik - Vol. 01 No. 03*, vol. 01, no. 03, 2014.