



## **RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN DATA PENGUJIAN PERFORMA TRANSMISI KOMATSU HD785-7 PADA MESIN MARUMA MH-125D BERBASIS MICROCONTROLLER**

**Leo Setiawan<sup>1\*</sup>, Herry Syaifullah<sup>2</sup>, Rafiq Hidayat<sup>3</sup>, Setyo Haryadi<sup>4</sup>, Brim Ernesto Kacaribu<sup>5</sup>**

Program Studi Teknik Mesin dan Industri, Program Studi Teknologi Rekayasa  
Pemeliharaan Alat Berat, Politeknik Astra  
Kampus Cikarang, Jl. Gaharu Blok F3 Delta Silicon 11 Cibatu, Cikarang Selatan  
Kabupaten Bekasi Jawa Barat 17530

\*Corresponding author : leo.setiawan@polytechnic.astra.ac.id

### **ABSTRAK**

*Torqflow Transmission Komatsu HD785-7 merupakan salah satu transmisi alat berat PT X yang berdomisili di Balikpapan, Kalimantan Timur. Melalui alat uji performa Maruma MH-125D, transmisi dikondisikan seperti terpasang pada unit alat berat. Transmisi diputar 1200-1950 rpm dan diberikan tekanan oli hidrolik 1,7-33,5 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai rpm dan tekanan oli hidrolik tersebut merujuk pada nilai standar yang tercantum pada *Shop Manual* Komatsu HD465-7. Pengukuran tekanan oli yang diberikan ke transmisi masih menggunakan analog *pressure gauge*, sehingga hasil ukur harus dicatat secara manual, operator harus terus mengamati setiap perubahan jarum, dan mencatat tekanan minimum serta maksimum. Jadi, akuisisi data dilakukan secara manual, sehingga tidak efisien. Oleh karena itu, diperlukan cara mengakuisisi data secara digital agar analisis hingga penyajian data berupa *testing report* dapat lebih cepat dan akurat.*

**Kata kunci:** *torqflow, transmisi, akuisisi, hidrolik, gauge*

### **ABSTRACT**

*Torqflow Transmission Komatsu HD785-7 is a transmission of heavy equipment of PT X which is located in Balikpapan, East Kalimantan. Through the Maruma MH-125D performance test equipment, the transmission is conditioned as installed on the heavy equipment unit. The transmission is rotated 1200-1950 RPM and given a hydraulic oil pressure of 1.7-33.5 kg/cm<sup>2</sup>. The RPM and hydraulic oil pressure values refer to the standard values listed in the Komatsu HD465-7 Shop Manual. The measurement of oil pressure supplied to the transmission still uses an analog pressure gauge, thus the measurement results must be recorded manually, the operator must continue to observe any changes in the hand, and record the minimum and maximum pressures. Therefore, data acquisition is done manually, which is inefficient. Hence, it is necessary to acquire data digitally so that analysis and presentation of data in the form of testing reports can be faster and more accurate.*

**Keywords:** *Torqflow, Transmission, Acquisition, Hydraulic, Gauge*

## PENDAHULUAN

PT X merupakan salah satu perusahaan di bidang industri alat berat yang berdomisili di Balikpapan, Kalimantan Timur. Bidang alat berat yang dimaksud yaitu remanufaktur komponen alat berat. Komatsu merupakan salah satu merk alat berat yang diremanufaktur. Jenis alat berat Komatsu cukup banyak mulai dari *dozer*, *excavator*, *wheel loader*, *dump truck*, *motor grader*, dan *crusher*. Komponen alat berat yang diremanufaktur mulai dari *engine*, komponen penerus daya, komponen sistem hidrolik, komponen sistem elektrik, sampai dengan komponen penggerak akhir (ban dan rantai penggerak).

Komatsu HD785-7 (Gambar 1) merupakan *dump truck*, yaitu jenis alat berat yang berfungsi mengangkut material di suatu pertambangan. Di Indonesia *dump truck* ini banyak digunakan di industri pertambangan batu bara. Memiliki kemampuan angkut 91,7 ton, digerakkan oleh *engine* 12 silinder dengan kapasitas 30.480 cm<sup>3</sup> yang dapat menghasilkan tenaga sebesar 1.200 HP, dan memiliki tujuh pilihan percepatan maju serta dua pilihan percepatan mundur. Unit alat berat ini memiliki berat kotor (GVW) sebesar 163,78 ton [1].



Gambar 1. Komatsu HD785-7 [2]

Setelah mencapai 20.000 jam operasi, pada alat berat tersebut terdapat beberapa komponen yang diremanufaktur yaitu, *engine*, *transmission*, *differential*, dan *final drive*. *Transmission* atau transmisi (Gambar 3) merupakan salah satu komponen penerus daya. Prinsip kerja transmisi ini menggunakan rangkaian roda gigi planet (PGS) dan tekanan oli hidrolik. Guna menguji performa transmisi HD785-7 digunakan alat uji Maruma MH-125D (Gambar 2) dengan panel kontrol berupa analog *pressure gauge* [3] untuk melihat hasil ukur tekanan hidrolik yang bekerja di transmisi.



Gambar 2. Maruma MH-125D [3]

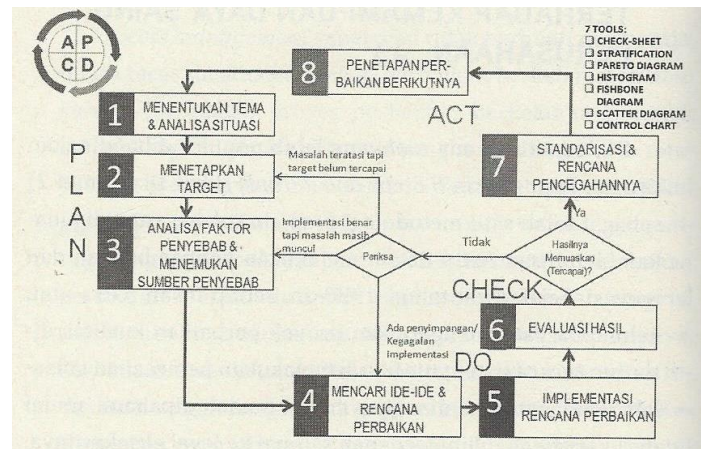


Gambar 3. Transmisi Komatsu HD785-7

Akuisisi data secara manual ini dinilai tidak efisien, karena operator harus terus mengamati setiap perubahan jarum *pressure gauge* dan mencatat tekanan minimum serta maksimum (gambar 6). Hasil yang sudah dicatat pada lembar pengujian, selanjutnya dipindahkan ke program *excel* untuk dianalisis dan disajikan kepada *customer*. Oleh karena itu, diperlukan cara mengakuisisi data secara digital agar analisis hingga penyajian data berupa *testing report* dapat lebih cepat dan akurat, sebagai rujukan yaitu pada pengujian performa engine (gambar 5).

## METODE PENELITIAN

Metode pendekatan yang digunakan untuk pengembangan fungsi alat uji Maruma MH-125D agar akuisisi data dilakukan secara digital, yaitu metode pendekatan *8-steps and 7-tools* dari ASTRA (Gambar 4), yang meliputi (1) penentuan tema dan analisis situasi; (2) penetapan target; (3) analisis faktor penyebab dan penemuan sumber penyebab, (4) pencarian ide-ide dan rencana perbaikan, (5) implementasi rencana perbaikan; (6) evaluasi hasil; (7) standarisasi dan rencana pencegahannya, dan (8) penetapan perbaikan berikutnya. Langkah (1) s.d. (3) merupakan “*Plan*”, langkah (4) dan (5) merupakan “*do*”, langkah (6) merupakan “*check*”, dan langkah (7) dan (8) merupakan “*action*” [4]. Penelitian ini dilakukan di PT X di Balikpapan, Kalimantan Timur selama delapan bulan, mulai dari Desember 2022 sampai dengan Juli 2023.



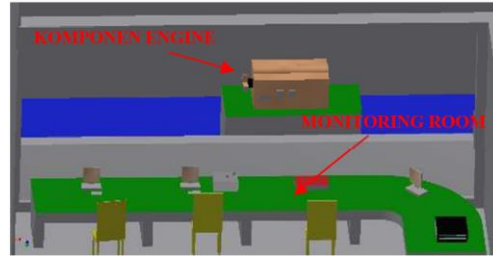
Gambar 4. Diagram pendekatan *8-Steps and 7-Tools* ASTRA [4]

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. HASIL

#### 1. Menentukan tema dan analisis situasi

Penentuan tema merupakan mandat dari *plant head* yaitu melakukan *improvement* pada proses *test performance*, berdasarkan indeks performa kunci (KPI) PT X yang meliputi *production*, *leadtime*, *quality*, dan *cost overhaul*. Hal ini dilakukan karena pada tahun 2022 telah terjadi *error tuning* sebanyak lima kali pada komponen transmisi Komatsu HD785-7. Mandat tersebut dibahas melalui forum diskusi bersama supervisor dan operator. Sebagai rujukan untuk pengambilan data yaitu akuisisi data pada-pengujian performa *engine* yang sudah dilakukan secara digital.



Gambar 5. *Layout* area pengujian performa engine PT X



Gambar 6. Kondisi pengujian performa transmisi dengan Maruma MH-125D

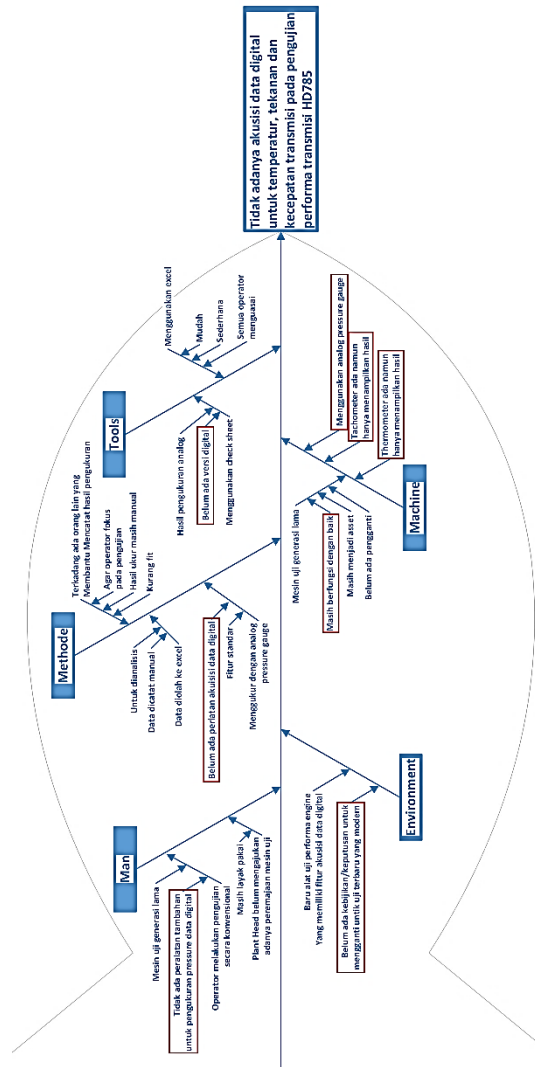
## 2. Menetapkan target

Penetapan target melalui forum diskusi bersama supervisor, mekanik, dan *plant head* guna membuat alat yang dapat mengakuisisi data performa transmisi. Pada pengujian performa transmisi terdapat beberapa parameter yang harus dipantau, yaitu temperatur oli transmisi, kecepatan putaran input transmisi, dan tekanan oli hidrolis (Tabel 1) yang disesuaikan dengan *shop manual* HD785-7 pada *bagian standard value table for machine*.

Tabel I. *Standard value table for machine* HD785-7

Check item		Measurement conditions	Unit	Standard value for new machine	Permissible value	
Oil pressure	Transmission	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oil temperature: 80 °C</li> <li>Engine speed: 1,900 rpm (Rated speed)</li> </ul>	MPa {kg/cm <sup>2</sup> }	1.61 ± 0.2 {16.5 ± 2.0}	1.61 ± 0.2 {16.5 ± 2.0}	
				Control valve set pressure	2.01 ± 0.2 {20.5 ± 2.0}	2.01 ± 0.2 {20.5 ± 2.0}
				Lo, Hi, 4th clutch	3.29 ± 0.25 {33.5 ± 2.5}	3.29 ± 0.25 {33.5 ± 2.5}
				3rd clutch	3.43 ± 0.2 {35.0 ± 2.0}	3.43 ± 0.2 {35.0 ± 2.0}
	2nd clutch					
	Lubricating valve set pressure	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oil temperature: 60 – 80 °C (T010)</li> <li>Oil temperature: 80 – 100 °C (T030)</li> <li>Engine speed: 1,900 rpm (Rated speed)</li> </ul>		0.17 ± 0.05 {1.7 ± 0.5}	0.17 ± 0.05 {1.7 ± 0.5}	
	1st, R clutch					

Oleh karena itu, target yang ditetapkan yaitu membuat alat pengakuisisi data digital untuk parameter berupa temperatur oli, tekanan oli, dan putaran *input shaft* transmisi.



Gambar 7. Fishbone diagram untuk menganalisis penyebab masalah

### 3. Analisis faktor penyebab dan menemukan sumber penyebab

Permasalahan yang dihadapi yaitu akuisisi data digital untuk temperatur, tekanan, dan kecepatan transmisi pada pengujian performa transmisi HD785 belum ada. Faktor-faktor penyebab ketidakberadaannya tersebut selanjutnya diidentifikasi dengan menggunakan *fishbone diagram*.

### 4. Mencari ide-ide dan rencana perbaikan

Perencanaan ide perbaikan, menggunakan kaidah 5W1H (*What*: apa permasalahannya, *Why*: mengapa permasalahan terjadi, *Where*: di mana permasalahan terjadi, *Who*: siapa yang menemukan masalah atau yang bertanggung jawab, *When*: kapan permasalahan terjadi/kapan penanganannya, dan *How*: bagaimana menyelesaikannya).

Berdasarkan permasalahan yang sudah teridentifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 7, maka dipilih faktor-faktor penyebab yang dapat diselesaikan pada penelitian ini (Tabel II).

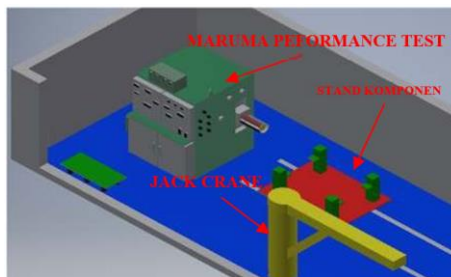
Tabel II. Rencana perbaikan

Aspek	What (Permasalahan)	Why (Penyebab)	Where (Lokasi)	How (Solusi)	Who (PIC)	When (Due date)
Man	Operator melakukan pengujian secara konvensional	Tidak ada peralatan tambahan untuk pengukuran pressure data digital	PT X	Dibuatkan peralatan tambahan untuk mendapatkan data digital	RHI	Juli 23
Method	Mengukur dengan analog pressure gauge	Belum ada perlatan akuisisi data digital				
Tools	Menggunakan check sheet	Belum ada versi digital				
Machine	Mesin uji generasi lama	Masih berfungsi dengan baik		Digunakan sebagai pembanding (korektor)		
	Menggunakan analog pressure gauge			Menggunakan sensor dan controller		
	Tachometer ada namun hanya menampilkan hasil Thermometer ada namun hanya menampilkan hasil					
Environment	Belum ada kebijakan/keputusan untuk mengganti untuk uji terbaru yang modern		Melengkapi fungsi pengambilan data digital			

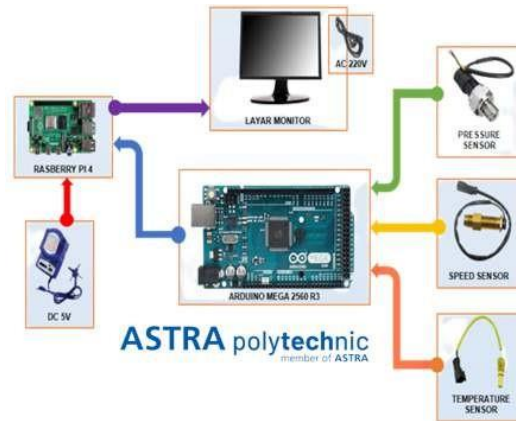
### 5. Implementasi rencana perbaikan

Permasalahan yang ditindaklanjuti dalam penelitian ini yaitu akuisisi data digital untuk temperatur, tekanan, dan kecepatan transmisi pada pengujian performa transmisi HD785” tidak ada. Solusi yang diambil yaitu membuat perangkat pengakuisisi data secara digital untuk mengukur tekanan oli, temperatur oli, dan putaran input transmisi. Perangkat ini selanjutnya digunakan sebagai pelengkap fungsi alat uji performa Maruma MH-125D.

Selanjutnya dibuat *layout* area pengujian performa transmisi, untuk mendapatkan gambaran yang jelas, sehingga perlengkapan akuisisi data digital dapat ditempatkan pada posisi yang tepat (Gambar 8). Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino dan transduser (sensor) yang meliputi temperatur, tekanan, dan putaran (Gambar 9).



Gambar 8. *Layout* area pengujian performa transmisi PT X

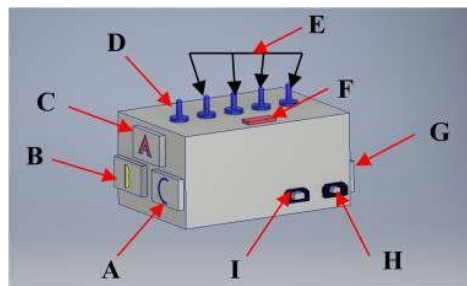


Gambar 9. Konfigurasi alat pengakuisisi data

*Software* yang digunakan berupa *Arduino software* (IDE) untuk pemrograman mikrokontroler Arduino, dan *Visual Studio 2010* untuk pembuatan virtual monitor panel (Gambar 10). Unit kontroler yang dirancang selanjutnya diletakkan di atas mesin penguji Maruma MH-125D.



Gambar 10. Pembuatan program



- Keterangan :
- A. Konektor C
  - B. Konektor B
  - C. Konektor A
  - D. *Switch ON/OFF Display volt meter*
  - E. *Switch Pressure Sensor*
  - F. *Display Volt meter*
  - G. Kipas
  - H. Port USB Input Data 2
  - I. Port USB Input Data 1

Gambar 11. Disain dan komponen penyusun *controller box*

Gambar 12 menunjukkan *layout* penempatan perangkat akuisisi data digital pada area pengujian performa transmisi HD785-7 yang meliputi (1) kondisi transmisi HD785-7 sudah terpasang pada mesin uji Maruma MH-125D; (2) *microcontroller box*; (3) Raspberry Pi 4/Mini CPU; dan (4) monitor panel.



Gambar 12. Layout pengujian performa transmisi HD785-7 di PT X

### 6. Evaluasi hasil & standarisasi

Setelah melakukan beberapa uji coba penggunaan alat, didapat hasil pengukuran oleh sensor tekanan, sensor temperatur, dan sensor putaran. Sebagai pembandingan, digunakan alat ukur yang terpasang di Maruma MH-125D, sehingga didapatkan perbedaan yang dinyatakan dalam persentase (persamaan 1). Nilai pengukuran sensor sesuai spesifikasi teknis pabrik dengan menggunakan persamaan 2; untuk sensor tekanan dilakukan dengan memberikan tekanan oli 22 kg/cm<sup>2</sup>; untuk sensor temperatur diberikan temperatur 55°C; dan untuk sensor kecepatan diberikan putaran 50 rpm.

$$\text{Perbedaan hasil ukur} = \frac{\text{Hasil ukur alat dibuat}}{\text{Hasil ukur alat Maruma}} \times 100\% \quad (1)$$

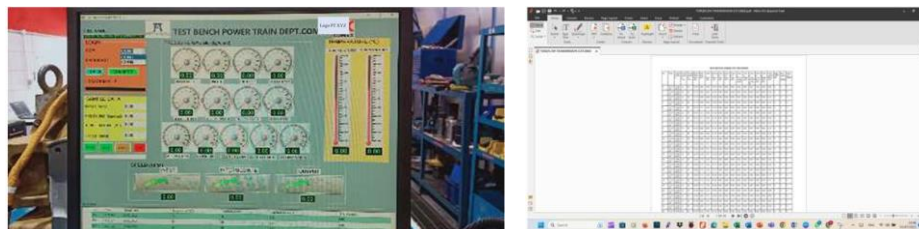
$$\text{Nilai pengukuran} = \text{Penunjukkan alat ukur} + \text{koreksi alat ukur} \quad (2)$$

Hasil pengujian alat untuk membaca tekanan, temperatur oli, dan putaran transmisi (Tabel 3) menunjukkan perbedaan hasil ukur yaitu sensor temperatur -2%, sensor tekanan +4%, dan sensor kecepatan -2%. Tampilan virtual kontrol panel dan tabel akuisisi data cukup mudah dibaca (Gambar 13).



Tabel III. Hasil pengujian sensor

NO	TIME	TGL/BLN/THN	Temperature (°C)	Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	Speed (RPM)
1	09:05:01	20/02/2023	56	21,07	51
2	09:05:02	20/02/2023	55	21,06	51
3	09:05:03	20/02/2023	56	21,07	51
4	09:05:04	20/02/2023	57	21,06	51
5	09:05:05	20/02/2023	56	21,06	50
6	09:05:06	20/02/2023	58	21,07	52
7	09:05:07	20/02/2023	56	21,06	51
8	09:05:08	20/02/2023	56	21,06	51
9	09:05:09	20/02/2023	55	21,05	51
10	09:05:10	20/02/2023	56	21,05	51
11	10:05:01	20/02/2023	57	21,07	51
12	10:05:02	20/02/2023	55	21,06	50
13	10:05:03	20/02/2023	56	21,07	52
14	10:05:04	20/02/2023	55	21,06	51
15	10:05:05	20/02/2023	56	21,06	51
16	10:05:06	20/02/2023	57	21,07	50
17	10:05:07	20/02/2023	56	21,06	52
18	10:05:08	20/02/2023	58	21,07	51
19	10:05:09	20/02/2023	56	21,06	51
20	10:05:10	20/02/2023	56	21,07	51
21	11:05:01	20/02/2023	55	21,06	51
22	11:05:02	20/02/2023	56	21,06	51
23	11:05:03	20/02/2023	57	21,06	51
24	11:05:04	20/02/2023	57	21,06	51
25	11:05:05	20/02/2023	55	21,05	51
26	11:05:06	20/02/2023	56	21,07	50
27	11:05:07	20/02/2023	55	21,06	52
28	11:05:08	20/02/2023	57	21,06	51
29	11:05:09	20/02/2023	56	21,05	51
30	11:05:10	20/02/2023	58	21,05	50
		<b>Median</b>	<b>56</b>	<b>21,06</b>	<b>51</b>
		<b>Min</b>	<b>55</b>	<b>21,05</b>	<b>50</b>
		<b>Max</b>	<b>58</b>	<b>21,07</b>	<b>52</b>
		<b>Hasil gauge</b>	<b>55</b>	<b>22</b>	<b>50</b>
		<b>Δ Hasil</b>	<b>-1</b>	<b>0,94</b>	<b>-1</b>
		<b>%</b>	<b>-2%</b>	<b>4%</b>	<b>-2%</b>



Gambar 13. Tampilan virtual kontrol panel dan tabel akuisisi data

## B. PEMBAHASAN

Tahapan penelitian menggunakan pendekatan *8-steps and 7-tools* ASTRA, salah satu *tools* yang digunakan yaitu diagram *fishbone* sebagai teknik grafis untuk menganalisis penyebab kejadian-kejadian tertentu [9]. Akuisisi data secara digital untuk membantu operator agar efektif dan efisien dalam pengukuran tekanan, temperatur dan putaran dengan menggunakan Arduino, di mana pengambilan data dengan menggunakan Arduino merupakan pilihan ekonomis dan dapat bekerja secara *real time* [5], merupakan hal yang menarik untuk dilakukan. Penggunaan peralatan laboratorium berbasis Arduino menunjukkan potensi

perangkat keras *open-source* untuk meningkatkan pendidikan ilmiah dengan membuat proyek elektronik dapat diakses dan memberikan kesempatan belajar yang berharga bagi para ilmuwan dan pendidik [6]. Hasil ukur dari alat dikomparasi dengan instrumen komersial untuk menilai akurasi dan presisi [7]. Visual Studio untuk menampilkan data yang diakuisisi oleh Arduino, *interface* yang mudah digunakan untuk pemrograman Arduino, meningkatkan aksesibilitas untuk mahasiswa dan pemula, dibandingkan dengan IDE berbasis teks konvensional, yang selaras dengan tujuan pendidikan dari *board* Arduino [8]. Konsep protipe DAQ (*Data Acquisition*) yang digunakan pada pengukuran temperatur minyak nabati yaitu sensor daya PZEM-003, sensor temperatur PT100, *relay*, dan Arduino Mega 2560. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD dan dicatat dalam *data streamer Microsoft*. Mengkombinasikan Arduino Mega 2560 R3 dengan Raspberry Pi 4, ketiga sensor terkoneksi dengan Arduino, selanjutnya diolah Raspberry dan hasilnya pada monitor komputer, secara konsep sama dengan Barus [11]. GUI (Graphical User Interface) menggunakan Program seperti Microsoft Visual Studio membuatnya sangat mudah untuk membuat antarmuka grafis yang berfungsi tinggi yang juga ramah pengguna [13][14], *Integrated Development Environment* (IDE) ini kompatibel dengan banyak bahasa yang berbeda, tetapi tetap sederhana untuk mempertahankan fungsionalitas aplikasi [15]. Prototipe diuji dengan membandingkan temperatur, tegangan, dan arus dengan instrumen komersial yang menghasilkan akurasi dan presisi sebesar 99,97% [12]. Hasil pengukuran dari tiga jenis sensor yang digunakan memiliki akurasi pengukuran 2-4%, terhadap alat ukur komersial yang digunakan yaitu Fluke 64 MAX IR *Thermometer*, Wika *Models 232.50 Bourdon tube pressure gauge*, Fluke 930 *Non-Contact Tachometer*, menurut Harmita, akurasi alat tidak boleh melebihi 2% [10].

## KESIMPULAN

Solusi perbaikan untuk mengatasi masalah penelitian ini yaitu merancang bangun sistem pemantauan data pengujian performa transmisi Komatsu HD785-7 berbasis mikrokontroler, yang menghasilkan perangkat yang berfungsi cukup baik dari sisi kemudahan pembacaan dan bentuk data yang dapat langsung diolah di *excel*. Namun, diferensiasi hasil masih >4%, sehingga masih diperlukan pengkalibrasian (sesuai dengan *step* 8 yaitu penetapan perbaikan selanjutnya).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Komatsu Ltd. (2016). *HD785-7*. <https://www.komatsu.jp/en/worldwide/PDF/HD785-7.pdf>
- [2] Komatsu Ltd. (2024). *Product Archive Rigid Dump Trucks HD785-7*. <https://www.komatsu.eu/en/Product-Archive/Rigid-Dump-Trucks/HD785-7>
- [3] MARUMA. (2009). *Maruma MH-125D*. <https://www.maruma.co.jp/product/hydraulic-component-test-stand/>
- [4] Liman, Yakub. (2017). *ASTRA on becoming Pride of the Nation*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [5] Stefano, Di, Domenico. "Arduino-based lab equipment: building a multipurpose pressure transducer device." *bioRxiv*, null (2020). doi: 10.1101/2020.09.13.295097
- [6] Federica, Bruno., Mauro, De, Marchis., Barbara, Milici., Domenico, Saccone., Fabrizio, Traina. "A Pressure Monitoring System for Water Distribution Networks Based on Arduino Microcontroller." *Water*, 13 (2021):2321-. doi: 10.3390/W13172321
- [7] R, Kusuma., Radi, Radi., Arifin, Dwi, Saputro. "Arduino-Based Data Acquisition Device Design for Specific Heat Determination of Hot Vegetable Oil." *Jurnal Teknik Pertanian*, 12 (2023):118-118. doi: 10.23960/jtep-l.v12i1.118-128
- [8] Julio, Melo., Melquiades, Fidelis., Sidney, Alves., Ulisses, Freitas., Rummenigge, Dantas. "A

- comprehensive review of Visual Programming Tools for Arduino." undefined (2020). doi: 10.1109/LARS/SBR/WRE51543.2020.9307023
- [9] Coccia, M. (2020). Fishbone diagram for technological analysis and foresight. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, 14(2–4), 225–247. <https://doi.org/10.1504/ijfip.2020.111221>
- [10] Harmita. (2004). 160791-ID-petunjuk-pelaksanaan-validasi-metode-dan-cara-penghitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3), 117–135.
- [11] Barus, E. E., Pingak, R. K., & Louk, A. C. (2018). OTOMATISASI SISTEM KONTROL pH DAN INFORMASI SUHU PADA AKUARIUM MENGGUNAKAN ARDUINO UNO DAN RASPBERRY PI 3. *Jurnal Fisika: Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(2), 117–125. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i2.612>
- [12] Domenico, S. di. (n.d.). *ARDUINO-BASED LAB EQUIPMENT: BUILDING A MULTIPURPOSE PRESSURE TRANSDUCER DEVICE*. <https://doi.org/10.1101/2020.09.13.295097>
- [13] Tipirneni, S. V., Jalla, U., Varre, S., Kuchana, S., & VijayaLakshmi, J. (2021). Development of GUI Using Visual Studio to Monitor Sensor Signals. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 690, 265–276. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-7504-4\\_26](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7504-4_26)
- [14] E. Firouzi, A. Sami, Visual Studio Automated Refactoring Tool Should Improve DevelopmentTime but ReSharper Led to More Solution-Build Failures.Mining and Analyzing InteractionHistories (MAINT) 2019 IEEE Workshop on, pp. 2–6, (2019)
- [15] M. Banzi, Getting started with Arduino. (O'Reilly Media, Inc. 2009)
- [16] Kadir, Abdul., 2015. Buku Pintar Pemograman Arduino, penerbit Mediacom, Yogyakarta.
- [17] Rakhman, Edi. dkk., 2014, Raspberry pi-Mikrokontroler Mungil yang Serba Bisa, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [18] Sulistya, E. (2017). Penggunaan arduino dan sistem akuisisi data excel pada praktikum kesetaraan kalor listrik. *Jurnal Fisika Indonesia*, 22(2), 12-14. <https://doi.org/10.22146/jfi.v22i2.40031>
- [19] Putri, H.Y.A., Tusi, A., & Lanya, B. (2015). Design of micro climate data acquisition system based microcontroller arduino on green house. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 4(1), 57-64
- [20] Indrayanto G, Seminar Sehari Instru-mentasi PT Ditek Jaya, Surabaya, 1994
- [21] Gassmann, E. (2014). Pressure-Sensor Fundamental: Interpreting Accuracy and Error. American Institute of Chemical Engineers.
- [22] Pendidikan, J. I., Al-Biruni, F., Suciyati, W., Syarif Hidayatullah, M., & Pauzi, G. A. (2021). *An Analysis of Data Acquisition System of Temperature, Oxygen, and Carbon Dioxide in Refrigerator with Arduino Mega 2560 Article Info ABSTRACT*. 10, 119–127. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v10i1.7452>