

# PENGUKUR TINGGI BAGIAN PENYAMBUNG KERETA API MENGGUNAKAN ARDUINO NANO

Agung Budhi Prasetya

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031) 5931800 Fax (031) 5927817

E-mail: prasetyaab@gmail.com

## ABSTRAK

Bagian penyambung Kereta Api atau disebut juga Alat perangkai merupakan komponen utama kereta dan gerbong yang berfungsi sebagai alat penghubung antara sarana perkeretaapian, dan meneruskan gaya tarik maupun gaya dorong lokomotif ke rangkaian kereta api. Ketinggian bagian penyambung dari kop rel sangat berpengaruh terhadap sambungan bagian penyambung antar kereta. Jika ketinggian bagian penyambung kereta api tidak dalam range standard, dikhawatirkan sambungan antar kereta dapat terlepas. Selama ini proses pengecekan ketinggian bagian penyambung kereta api dilakukan secara manual, sehingga metode ini sangat memungkinkan diperoleh hasil pembacaan yang tidak akurat dikarenakan kesalahan pembacaan dan proses pengecekan juga membutuhkan waktu yang lama. Berdasarkan permasalahan tersebut, pembuatan tugas akhir ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kesalahan pembacaan dan mempercepat proses pengecekan. Tugas akhir ini berupa alat yang dapat menampilkan tinggi bagian penyambung kereta api secara digital. Alat ini menggunakan ping parallax sebagai sensor jarak, Arduino nano sebagai pengolah data, dan Oled display untuk menampilkan hasil pembacaan. Pengujian alat dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan alat dengan hasil pembacaan manual. Pengujian tersebut didapatkan nilai error rata-rata 0.23%, prosentase akurasi alat 98.8% dan prosentase presisi alat 99.12%.

*Kata Kunci: arduino nano, bagian penyambung kereta api, oled display, pengukur, ping parallax*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bagian penyambung Kereta Api atau disebut juga Alat perangkai merupakan komponen utama kereta dan gerbong yang berfungsi sebagai alat penghubung antara sarana perkeretaapian, dan meneruskan gaya tarik maupun gaya dorong lokomotif ke rangkaian kereta api [12]. Tentunya keamanan sangatlah dibutuhkan pada komponen ini. Ketinggian bagian penyambung dari kop rel sangat berpengaruh terhadap sambungan bagian penyambung antar kereta. Jika ketinggian bagian penyambung kereta api tidak dalam range standard, dikhawatirkan sambungan antar kereta dapat terlepas.

Selama ini proses pengecekan ketinggian bagian penyambung kereta api masih dilakukan secara manual, yaitu dengan cara menggunakan potongan meteran untuk mencari titik tengah klauw yang kemudian disinkronkan dengan penggaris pada sebuah alat yang terbuat dari plat yang bertumpu pada kop rel. Metode ini sangat memungkinkan diperoleh hasil pembacaan yang tidak akurat dikarenakan kesalahan pembacaan dan proses pengecekan juga membutuhkan waktu yang sedikit lebih lama.

Berdasarkan permasalahan diatas, dibutuhkan suatu alat digital yang dapat menampilkan tinggi bagian penyambung kereta untuk mengurangi kemungkinan kesalahan pembacaan dan mempercepat proses pengecekan. Sehingga dalam kesempatan ini dapat disampaikan sebuah inovasi

berupa Pengukur Tinggi Bagian Penyambung Kereta Api Menggunakan Arduino Nano.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, didapatkan suatu permasalahan sebagai berikut:

- Bagaimana cara merancang dan membuat Pengukur Tinggi Bagian Penyambung Kereta Api Menggunakan Arduino Nano?
- Bagaimana agar sensor jarak dapat membaca range tinggi standard bagian penyambung kereta api dengan optimal?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah perencanaan dan pembuatan pengukur tinggi bagian penyambung kereta api menggunakan Arduino Nano.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

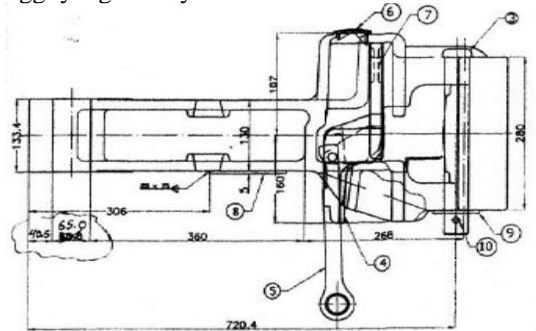
### 2.1 Alat Perangkai

Bagian penyambung kereta api atau disebut alat perangkai merupakan komponen yang berfungsi untuk menghubungkan antara kereta yang satu dengan kereta yang lain, dan meneruskan gaya tarik maupun gaya dorong lokomotif ke rangkaian kereta api [12]. Tipe alat perangkai yang diukur yaitu *Automatic Coupler* dan *Tight Locked Coupler*.

*Automatic Coupler* digerakan secara otomatis baik pada sistem mekanik, pneumatik, dan listrik, sedangkan *Tight Locked Coupler* yaitu alat perangkai

yang apabila dirangkai akan mengunci dengan kuat.

Standard tinggi bagian penyambung kereta api adalah antara 760 – 785 mm [11]. Pada pengukuran tinggi bagian penyambung kereta api dilakukan dengan cara mengambil titik tengah bagian penyambung kereta secara horizontal, kemudian diukur tingginya dari atas kop rel. Pada jenis bagian penyambung tipe *Automatic Coupler* dan *Tight Locked Coupler*, klawu ini mempunyai spesifikasi tinggi yang sama yaitu 280 mm.



Gambar 1 Spesifikasi Klawu

## 2.2 Arduino Nano

Arduino Nano mirip dengan Arduino Uno namun bentuknya kecil, lengkap dan sangat praktis dengan ukuran papan nya berdasarkan Atmega328 (Arduino Nano 3x) [6].



Gambar 2 Arduino Nano

Berikut ini adalah spesifikasi (perincian) dari papan Arduino Nano :

- Mikrokontroler bertipe Atmega328
- Operasi Tegangan sekitar 5V
- *Flash memory*-nya yaitu 32KB dimana 2KB digunakan untuk *bootloader*
- SRAM yang digunakan yaitu 2KB
- Kecepatan waktu yang dihasilkan yaitu 16 MHz
- Analog dalam 8 Pin
- EEPROM berjumlah 1KB
- DC *current per I/O pins* yaitu 40 mA (I/O pins)
- Tegangan Masukan 7-12 volt
- *Digital I/O pin* nya yaitu 22
- Konsumsi Daya 19mA
- Ukuran PCB 18 x 45mm.

## 2.3 Arduino IDE

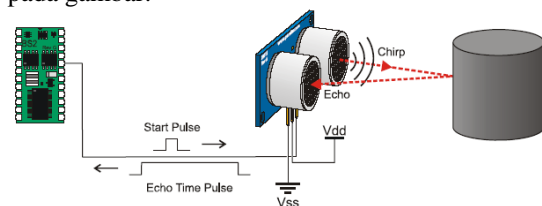
Arduino IDE merupakan editor untuk menulis, meng-compile, dan mengunggah ke mikrokontroler (Arduino).

Dimana pada editor ini terdiri dari editor teks untuk menulis kode, area pesan, console teks, toolbar dengan tombol - tombol untuk fungsi umum, dan sederetan menu lainnya. Kode program yang ditulis menggunakan Arduino IDE dinamakan Sketches. Penulisan Sketches hanya perlu mendefinisikan dua fungsi untuk membuat sebuah program agar dapat dijalankan, yaitu:

1. void Setup () : pendefinisian mode pin sebagai i/o atau memulai komunikasi serial.
2. void Loop () : mengeksekusi bagian program berulang-ulang secara berurutan.

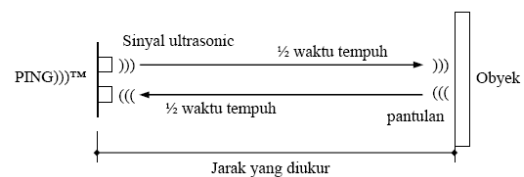
## 2.4 Ping Parallax

Modul sensor Ultrasonik ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. Lebar pulsa yang dihasilkan modul sensor ultrasonik ini bervariasi dari 115 uS sampai 18,5 mS. Secara prinsip modul sensor ultrasonik ini terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. Speaker ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya [8]. Ilustrasi cara kerja sensor dapat dilihat pada gambar.



Gambar 3 Cara Kerja Sensor

Jarak tempuh pulsa adalah dua kali jarak ujung sensor dengan benda. Perhitungan jarak objek dan sensor dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4 Penghitungan Jarak Sensor Ultrasonik

$$s = v \cdot \frac{t}{2} \quad (1)$$

Dimana:

s = Jarak objek dengan sensor (m)

t = waktu tempuh atau lebar pulsa (s)

v = cepat rambat suara di udara yaitu 343 m/s (atau 1 cm setiap 29.154µS)

## 2.5 OLED 0.96"

OLED 0.96" Display I2C adalah graphic display berukuran 0.96 inci dengan resolusi 128x64 yang menggunakan teknologi OLED dan komunikasi serial I2C (hanya perlu 2 pin IO untuk koneksi ke Arduino / NodeMcu ) [7].



Gambar 5 OLED Display 0.96"

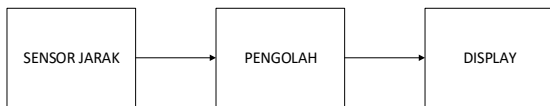
OLED 0.96 inch memiliki spesifikasi berikut ini:

- Menggunakan *drive chip* : SSD136
- Ukuran : 29,28 x 27,1 mm
- Suhu kerja : -30oC sampai 70oC
- Tegangan kerja : 3 volt – 5 volt (DC)
- Konsumsi daya : 0,06 watt
- Resolusi : 128x64
- SCL : *High level* 2-2 volt – 5,5 volt
- SDA : *High level* 2-2 volt – 5,5 volt
- *Interface* : IIC/I2C

### 3. METODE PENELITIAN

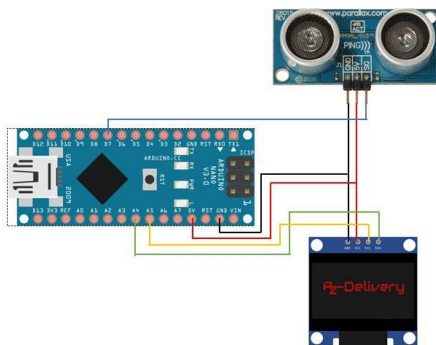
#### 3.1 Perencanaan Hardware

Dalam Bab ini, akan dijelaskan mengenai perencanaan *hardware* maupun *software*. Untuk Blok diagram dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6 Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 7, terdapat perencanaan skematik sistem yang akan dibuat. Perencanaan ini bertujuan untuk memahami hubungan antara seluruh komponen yang digunakan.



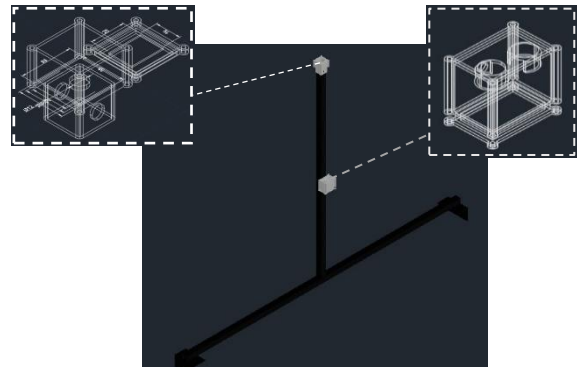
Gambar 7 Skematik Sistem

Koneksi pin dari masing-masing komponen pada Gambar 7 dapat ditunjukkan pada Tabel 1, dimana nantinya ketika perangkat keras dinyalakan, sensor memberi data yang kemudian diolah oleh arduino nano, dan kemudian ditampilkan pada *display*.

Tabel 1 Koneksi Pin Antar Komponen

		PING PARALLAX			OLED DISPLAY			
		5V	GND	SIG	VCC	GND	SCL	SDA
ARDUINO NANO	5V							
	GND							
	A4							
	A5							
	D7							

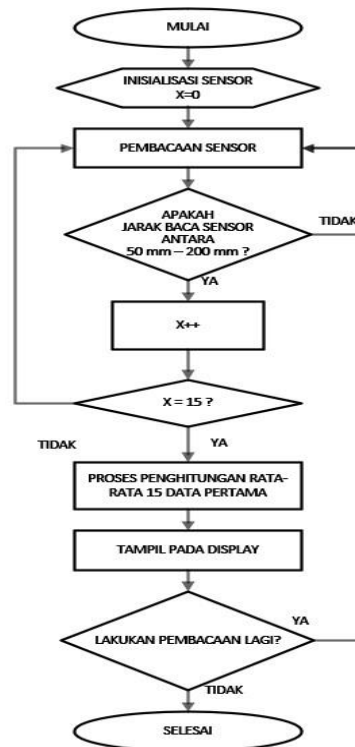
Pembuatan alat ini menggunakan mekanisme pendukung untuk memaksimalkan fungsi masing-masing komponen. Perencanaan mekanisme pendukung dari alat ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Mekanisme Pendukung

#### 3.2 Perencanaan Software

Selain perencanaan *hardware*, terdapat juga perencanaan *software* yang dibuat dalam bentuk *flowchart* pada gambar 9.



Gambar 9 Flowchart Sistem Pengukur Tinggi Bagian Penyambung Kereta Api Menggunakan Arduino Nano

Inisialisasi sensor merupakan tahap pemberian nilai awal pada saat deklarasi variabel dilakukan. Kemudian sensor membaca jarak antara ujung sensor dan bagian bawah klauw. Apakah jarak antara 50-200 mm? jika iya maka *counter berjalan*, jika tidak maka kembali ke pembacaan sensor. *Counter* data dimulai dari 0, dan *counter* hingga 15 Apakah sudah mendapatkan 15 data? Jika iya, maka dilanjutkan untuk proses penghitungan rata-rata dari 15 data tersebut, jika tidak, maka akan kembali pada pembacaan sensor. Jika diperoleh 15 data, maka dilakukan penghitungan rata-rata dari 15 data tersebut. Setelah diperoleh rata-rata, hasil tersebut ditampilkan pada *display*, yang merupakan tinggi bagian penyambung kereta api dari kop rel dalam satuan milimeter. Apakah akan dilakukan pembacaan lagi? Jika iya, maka proses kembali diulang menuju pembacaan sensor.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan proses penyambungan komponen, proses berikutnya adalah pengujian. Pengujian ini dilakukan secara menyeluruh untuk mengetahui apakah semua komponen dapat berjalan dengan baik, kemudian dilakukan pembahasan dari hasil masing-masing pengujian tersebut.

##### 4.1 Pengujian

Pengujian dilakukan pada seluruh komponen, kemudian pengujian alat. Pengujian komponen meliputi pengujian sensor, pengujian pengolah dan pengujian *display*. Pengujian yang pertama yaitu pengujian sensor, dapat dilihat pada table berikut.

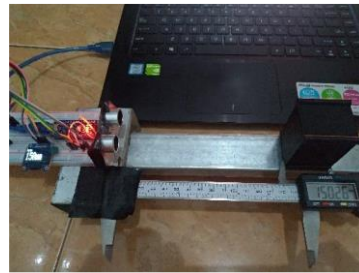
Tabel 2 Pengujian Sensor

Sr (mm)	t (μs)															At (μs)	Δt	Sa (mm)	e (%)
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15				
50	299	299	299	299	305	305	305	304	305	305	304	305	305	299	299	302	6	52	4.05
80	475	475	475	475	475	475	469	468	469	469	469	475	475	475	475	472	7	81	1.68
100	586	580	580	580	586	586	580	580	580	586	586	580	580	580	586	582	6	100	0.17
120	698	692	692	698	692	692	698	692	692	698	692	692	692	698	692	694	6	119	0.53
130	751	745	745	751	745	745	745	751	745	745	752	745	745	751	747	7	128	1.16	
140	829	835	829	829	828	829	829	835	828	829	826	829	829	829	829	829	9	143	1.91
150	884	884	884	884	890	884	907	884	884	884	907	907	884	884	889	23	153	1.94	
190	1133	1139	1138	1139	1138	1138	1138	1138	1138	1139	1138	1139	1138	1138	1132	1137	7	196	2.98
200	1219	1218	1218	1219	1218	1218	1218	1218	1218	1218	1218	1212	1212	1218	1216	7	209	4.66	

Berdasarkan data diatas, perbedaan sinyal ( $\Delta t$ ) dalam 15 kali pembacaan didapatkan nilai terbesar yaitu 23  $\mu s$  dan nilai terkecil yaitu 1  $\mu s$ . Untuk nilai error (e), pembacaan sensor dalam *range* 50-200 mm cukup baik dengan prosentase error kurang dari 5%. Prosentase error tertinggi berada pada jarak 200 mm yaitu 4.66% dimana hasil pembacaan menunjukkan 209 mm.

Pengujian berikutnya yaitu pengujian pengolah, yang bertujuan untuk mengetahui apakah pengolah dapat memproses data dari sensor kemudian memberi

instruksi ke *display* untuk menampilkan hasil. Berikut contoh hasil pengujian pengolah.



Gambar 10 Pengujian Pengolah

Pada pengujian jarak 150 mm, pengolah dapat mengolah data dari sensor dan kemudian diteruskan untuk ditampilkan oleh *display* sesuai dengan pembacaan sensor. Dapat disimpulkan bahwa pengolah dapat menerima data dari sensor dan dapat mengolahnya dengan cukup baik, kemudian dapat ditampilkan pada *display*.

Pengujian berikutnya yaitu pengujian display, untuk mengetahui bahwa *display* dapat menampilkan karakter dengan baik beserta letak kursor awal. Berikut contoh hasil dari pengujian *display*.



Gambar 11 Pengujian Display

Pengujian kursor (0,10) dan ukuran teks 1 pada kata "AGUNG BUDHI PRASETYA" menghasilkan tampilan kata "AGUNG BUDHI PRASETYA" pada *display* dimulai dari tengah kiri sebagai kursor (0,0) dan menghasilkan tampilan sekitar 1/4 dari lebar *display*. Berdasarkan pengujian *display* diatas, dapat disimpulkan bahwa OLED *Display* dapat menampilkan karakter dengan cukup baik sesuai dengan letak kursor dan ukuran teks yang digunakan.

Setelah pengujian masing-masing komponen, selanjutnya dilakukan pengujian alat. Sensor diletakkan sesuai dengan perencanaan agar dapat membaca jarak antara ujung sensor terhadap permukaan bawah klauw, pengolah diisi program yang sesuai dengan perencanaan perhitungan tinggi bagian penyambung, dan *display* diharapkan mampu menampilkan tinggi bagian penyambung kereta.

Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan dan kepresisian alat dalam pembacaan tinggi bagian penyambung kereta api. Akurasi diperoleh dari nilai korelasi hubungan nilai pengukuran secara manual sebagai inputan alat dengan jarak yang ditampilkan pada alat.

Tingkat keakuratan alat dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Akurasi = r \times 100\% \quad (2)$$

Koefisien korelasi ( $r$ ) dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi) (\sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n Xi - (\sum_{i=1}^n Xi)^2] [\sum_{i=1}^n Yi - (\sum_{i=1}^n Yi)^2]}} \quad (3)$$

dimana:  $Xi$  = data pembacaan alat (mm)

$Yi$  = data pembacaan manual (mm)

Sedangkan presisi pengukur tinggi bagian penyambung kereta api dihitung menggunakan persamaan

$$presisi = 100\% - e \quad (4)$$

Error presisi ( $e$ ) ditentukan menggunakan persamaan

$$e = \frac{\Delta}{FS} \times 100\% \quad (5)$$

dimana:  $e$  = error presisi (%)

$\Delta$  =  $X_{max} - X_{min}$  (mm)

FS = Full Scale (mm)

Berikut hasil pengujian alat secara keseluruhan dalam bentuk table.

Tabel 3 Pengujian Alat

No	No. Kereta	Manual (mm)	Alat (mm)	$\Delta$ (mm)	e (%)
1	K3 0 12 33	784	791	7	0.89%
2	K3 0 12 33	740	736	4	0.54%
3	K3 0 65 45	742	740	2	0.27%
4	K3 0 65 45	741	742	1	0.13%
5	K2 0 82 11	770	766	4	0.52%
6	K2 0 82 11	773	771	2	0.26%
7	K3 0 08 17	762	761	1	0.13%
8	K3 0 08 17	766	766	0	0.00%
9	KMP3 0 06 01	762	761	1	0.13%
10	KMP3 0 06 01	778	777	1	0.13%
11	KMP3 0 06 01	767	765	2	0.26%
12	KMP3 0 06 01	765	765	0	0.00%
13	K1 0 98 10	787	790	3	0.38%
14	K1 0 98 10	778	777	1	0.13%
15	K1 0 98 10	775	777	2	0.26%
16	K3 0 98 07	760	760	0	0.00%
17	K3 0 98 07	767	765	2	0.26%
18	K3 0 98 07	767	767	0	0.00%
19	K3 0 02 03	789	786	3	0.38%
20	K3 0 02 03	783	783	0	0.00%
21	K3 0 02 03	787	785	2	0.25%

Berdasarkan tabel di atas, selisih terbesar pengukuran adalah 7 mm atau prosentase error sebesar 0.89%. Selisih yang besar tersebut diakibatkan karena kalibrasi alat kurang tepat, sehingga dilakukan kalibrasi ulang. Setelah dilakukan kalibrasi ulang, selisih terbesar adalah 3 mm dengan

prosentase error sebesar 0.38%. Sehingga diperoleh prosentase error rata-rata yaitu 0.23%

## 4.2 Pembahasan

Untuk menentukan prosentase presisi pengukur tinggi bagian penyambung kereta api dihitung menggunakan persamaan (4) dimana, error presisi ( $e$ ) merupakan ketidakmampuan sensor dalam menunjukkan nilai yang sama pada kondisi yang serupa [4]. Error presisi ( $e$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

Maka, error presisi ( $e$ ) dari pengukur tinggi bagian penyambung kereta api adalah 0.88%. Sehingga, nilai prosentase presisi pengukur tinggi bagian penyambung kereta api adalah 99.12%.

Pada tahap selanjutnya penghitungan akurasi pengukur tinggi bagian penyambung kereta api dibutuhkan sebuah tabel bantu pada Tabel 4. Variabel  $X$  merupakan data jarak pembacaan alat dan Variabel  $Y$  merupakan jarak pembacaan alat ukur manual.

Tabel 4 Hasil Pengujian Alat

No	X	Y	$X^2$	$Y^2$	$XiYi$
1	784	791	625681	614656	620144
2	740	736	541696	547600	544640
3	742	740	547600	550564	549080
4	741	742	550564	549081	549822
5	770	766	586756	592900	589820
6	773	771	594441	597529	595983
7	762	761	579121	580644	579882
8	766	766	586756	586756	586756
9	762	761	579121	580644	579882
10	778	777	603729	605284	604506
11	767	765	585225	588289	586755
12	765	765	585225	585225	585225
13	787	790	624100	619369	621730
14	778	777	603729	605284	604506
15	775	777	603729	600625	602175
16	760	760	577600	577600	577600
17	767	765	585225	588289	586755
18	767	767	588289	588289	588289
19	789	786	617796	622521	620154
20	783	783	613089	613089	613089
21	787	785	616225	619369	617795
$\Sigma$	16131	16143	12395697	12413607	12404588

Untuk menghitung prosentase akurasi pengukur tinggi bagian penyambung kereta api menggunakan persamaan (2) dimana, koefisien korelasi ( $r$ ) dihitung menggunakan persamaan (3). Berdasarkan data pada Tabel 4 koefisien korelasi ( $r$ ) yang didapat adalah

0.988. Sehingga, prosentase akurasi dari pengujian pengukur tinggi bagian penyambung kereta api adalah 98.8%.

Dengan dilakukan pengujian, selisih hasil pengukuran menggunakan alat dan pengukuran secara manual yang besar dapat diakibatkan oleh 2 faktor, yaitu faktor alat itu sendiri dan faktor sarana dan prasarana kereta. Faktor alat meliputi kalibrasi yang kurang tepat, perbedaan signal yang dibaca oleh sensor jarak. Untuk faktor sarana dan prasarana kereta meliputi permukaan rel yang tidak rata, permukaan bawah klauw yang kotor, permukaan bawah klauw yang tidak rata, kalibrasi alat manual yang perlu di cek ulang, dan leveling rel.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan tugas akhir yang sudah dilaksanakan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan alat dengan cara merangkai komponen-komponen yaitu: Arduino Nano, Oled Display 0.96", dan Sensor PING Parallax. Kemudian komponen tersebut diletakkan pada mekanisme pendukung. Di bagian software, penyusunan coding dan upload coding menggunakan software Arduino IDE.
2. Pembacaan sensor PING Parallax dapat membaca secara optimal pada jarak 50-200 mm dengan prosentase error dibawah 5% (berdasarkan table 3). Jika *range* pembacaan sensor tersebut diaplikasikan pada pembuatan pengukur tinggi bagian penyambung kereta api menggunakan Arduino nano, maka sensor dapat diletakkan pada jarak 490 mm di atas permukaan rel sehingga dapat membaca tinggi bagian penyambung kereta api antara 680-830 mm. Hal itu tentunya dapat digunakan untuk mengukur range tinggi standard bagian penyambung kereta api yaitu antara 760-785 mm. Pengujian alat dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan alat dengan hasil pembacaan secara manual. Hasil pembacaan alat cukup baik dengan nilai error rata-rata yaitu 0.23% dengan prosentase akurasi alat 98.8% dan prosentase presisi 99.12%.

### 5.2 Saran

Dari pengujian dan Analisa yang telah dilakukan tentang pengukur tinggi bagian penyambung kereta api menggunakan Arduino nano, masih diperlukan adanya perbaikan terhadap alat agar alat dapat membaca lebih akurat. Beberapa saran untuk pengujian selanjutnya sebagai berikut:

1. Melakukan kalibrasi semaksimal mungkin, baik pada pengukur manual maupun pengukur yang menggunakan Arduino nano agar data akurat.
2. Agar pembacaan lebih akurat, dapat dilakukan dengan mengembangkan algoritma pembacaan

sensor karena pembacaan sensor ultrasonik masih fluktuatif.

3. Pengukuran dilakukan pada rel yang rata dan leveling, karena kondisi yang tidak rata dan leveling yang kurang baik dapat menyebabkan perbedaan pengukuran.
4. Untuk kondisi klauw yang tidak rata dan kotor, dapat diminimalisir dengan membersihkan permukaan klauw dan dilakukan pengukuran di bagian klauw paling tepi karena permukaan klauw di bagian tepi cukup rata.

## PUSTAKA

- [1] Amirullah, Metodologi Penelitian Manajemen, Malang: Bayumedia Publishing, 2015.
- [2] N. A. Firdausi, Prototipe Alat Monitoring Detak Jantung Portabel Menggunakan Arduino Pro Mini dan Bluetooth Berbasis Android, Jember: Universitas Jember, 2018.
- [3] S. W. M. Khoirur Roziqin, "Rancang Bangun Alat Ukur Jalan Berbasis Mikrokontroler dengan Display Oled".
- [4] R. A. S. Putra Stevano Frima Yudha, "Implementasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino," vol. 5, 2017.
- [5] C. R. G. F. A. Rizky Fitria Haya, "Monitoring System For Decorative Plants Using Arduino Nano Microcontroller," 2020.
- [6] A. W. Rossy Rosdian Abdullah, "Monitoring Suhu Ruangan Server dengan Fuzzy Logic Metode Sugeno Menggunakan Arduino dan SMS," vol. 01, 2014.
- [7] S. Ratna, "Sistem Monitoring Kesehatan Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 5, 2020.
- [8] U. M. Arief, "Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air," vol. 09, 2011.
- [9] A. P. Zuly Budiarmo, "Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis Mikrokontroler," vol. 20, 2015.
- [10] T. A. Z. F. L. H. Akbar Sugih Miftahul Huda, "Prototype Alat Pengukur Jarak Dan Sudut Kemiringan Digital Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Accelerometer Berbasis Arduino Nano," vol. 6, 2019.
- [11] PT Kereta Api Indonesia (Persero), Peraturan Dinas 8A (PD 8A), 2011.
- [12] S. Pramono, Alat Perangkai Kereta dan Gerbong, Yogyakarta: Balai Pelatihan Teknik Traksi Darman Prasetyo, 2018.