

Analisis Luaran Hasil Pengukuran *Back Gauge* pada Kereta Ringan Berbasis Sensor Laser

Reza Diharja¹, Rizki Rivaldy Laday², Mardiono³
Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya
Jl Raya Bogor km 28,8 Cimanggis, Kota Depok
Telp (021) 8714823
E-mail: reza.diharja@jayabaya.ac.id

ABSTRAK

Kereta merupakan transportasi umum yang paling diminati masyarakat karena ketepatan waktu dan daya angkut yang banyak. Oleh karena itu, kereta harus dijaga performanya dengan cara melakukan perawatan dan pemeliharaan secara berkala yang mana salah satunya adalah mengukur *back gauge* dari masing – masing axle (penghubung roda kanan dan roda kiri). Tujuannya adalah untuk menghindari terjadinya kereta anjlok saat dioperasikan akibat jarak *back gauge* yang tidak sesuai dengan semestinya. Saat ini, yang pengukuran masih dilakukan secara konvensional dengan menggunakan alat ukur manual sehingga tingkat akurasi dan presisi sangat bergantung pada personil yang melakukan pengukuran. Oleh karena itu, ini menjadi dasar dibuatnya sistem berbasis sensor VL53L0X yang mana tujuan awalnya agar memudahkan teknisi dalam melakukan pengukuran *back gauge* pada kereta. Otak dari sistem pengukuran *back gauge* pada kereta adalah mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang bertugas menerima dan mengolah data hasil pengukuran dari sensor jarak. Hasilnya ditampilkan pada LCD, keypad sebagai komponen untuk memasukkan nomor kereta beserta nomor axle dan disimpan dalam bentuk file excel berformat .xlsx. Setelah dilakukan pengujian pada alat, didapatkan kesimpulan bahwa alat yang telah dibuat masih harus dilakukan perbaikan. Oleh karena setelah pengolahan data, didapatkan informasi berupa nilai eror relatif dan standar deviasi yang menjauhi nol.

Kata Kunci: Arduino Mega 2560, *back gauge*, excel, kereta, sensor VL53L0X

1. PENDAHULUAN

Kereta menjadi salah satu transportasi massal milik pemerintah yang sangat diminati oleh masyarakat. merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang penyelenggaraan perkeretaapian dan perubahannya melalui Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 2017, disebutkan bahwa Penyelenggara prasarana perkeretaapian wajib melakukan pemeriksaan untuk menjamin kelainan prasarana perkeretaapian. Cakupan pemeriksaan tersebut antara lain berupa pemeriksaan kondisi dan fungsi prasarana perkeretaapian [1]. Oleh karena itu, kereta harus selalu dalam perawatan dan pemeliharaan agar kereta tetap dalam kondisi baik saat dioperasikan.

Perawatan merupakan suatu bentuk kegiatan yang bersifat memelihara atau menjaga peralatan / fasilitas dan kemudian mengadakan perbaikan ataupun penggantian jika komponen atau alat tersebut sudah dalam kategori layak diganti. Tujuannya agar tercapai suatu keadaan operasi yang memuaskan khususnya bagi penumpang. Jika masih dibiarkan, kinerja operasional pada transportasi umum seperti kereta dapat terganggu sehingga dapat menyebabkan kerugian, baik dari segi waktu, material, bahkan mengancam keselamatan penumpang [2]

Perawatan dan pemeliharaan kereta dilakukan berdasarkan waktu yang telah ditetapkan, yaitu

perawatan harian, perawatan bulanan (per 1 bulan), perawatan per 6 bulan, perawatan per 12 bulan, perawatan per 48 bulan, serta perawatan per 96 bulan (overhaul). Pada perawatan bulanan, setiap as roda kereta atau axle kereta diukur jarak antar sisi dalamnya atau *back gauge* dengan tujuan untuk monitor agar jaraknya tidak melebihi batas yang telah ditentukan.

Back gauge adalah jarak antara permukaan dalam dari sepasang roda. Penting untuk mempertahankan panjang *back gauge* untuk mencegah permukaan atas flensa mengalami kerusakan saat kereta melintasi persimpangan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur saat pemeriksaan pada bagian *wheelset* atau saat proses *fitting press* atau semacamnya. Mengukur panjang dengan menghindari permukaan dalam alur dan menggunakan nilai rata-rata dari tiga titik atau lebih pada garis keliling.

Perlu ditelaah dan melakukan banyak hal supaya menjadi bagian dari referensi yang nantinya dapat digunakan oleh orang lain terlebih pada masalah *back gauge* kereta. Pembahasan mengenai *back gauge* roda kereta tidak melulu harus menggunakan acuan *back gauge* roda kereta yang umum dipakai di Indonesia, namun juga perlu mencakup *back gauge* roda kereta yang digunakan pada kereta ringan (LRT) dan kereta moda raya terpadu (MRT)

Pengukuran jarak *back gauge* roda kereta pada kereta moda raya terpadu saat ini masih menggunakan alat ukur manual yang dinamakan dengan *track/back gauge meter* dengan nilai referensi *back gauge* yang telah ditetapkan adalah 990mm \pm 1mm. Idealnya, *back gauge* kereta tersebut tidak boleh melewati batas atas dan batas bawah sehingga mengalami pembuatan alat yang digunakan sebagai substitusi *back gauge meter* berbasis sensor laser VL53L0X.

2. LANDASAN TEORI

Ide awal adalah membuat suatu alat ukur *back gauge* berbasis elektronik yang mana dapat menggantikan peran alat ukur manual. Diharapkan pengukuran *back gauge* kereta moda raya terpadu menjadi lebih modern dan tetap mengedepankan fungsionalitasnya sehingga memudahkan pengguna mengetahui jarak dan nantinya terdapat sistem yang mampu melakukan penyimpanan secara otomatis dalam bentuk file berformat .csv atau .xlsx setelah pengguna melakukan input nomor (gerbong) kereta dan juga nomor *axle*.

Konsep penelitian yang dikedepankan pada sistem yang akan dibuat yaitu menggunakan sensor berbasis laser VL53L0X sebagai pengubah besaran fisik jarak menjadi besaran listrik yang diolah menggunakan mikrokontroler untuk tujuan mendapatkan nilai jarak *back gauge*. Sedangkan LCD sebagai tambahan antar muka bertujuan untuk melihat hasil pengukuran dan keypad untuk memasukan informasi berupa nomor gerbong kereta dan nomor *axle*. Kemudian, nantinya data yang di-input maupun hasil dapat disimpan sementara di kartu memori dan selanjutnya dapat diunduh dalam bentuk file .csv atau .xlsx.

Berbagai macam literatur dijadikan sebagai rujukan khususnya penerapan sensor VL53L0X di berbagai macam aplikasi. Penelitian penerapan sensor VL53L0X dalam bentuk analisis mengenai derau cahaya pada sensor tersebut, menjadikan referensi bahwa sensor ini perlu perlakuan khusus karena interferensi cahaya sangatlah mengganggu [3] Penelitian yang mengangkat penerapan sensor VL53L0X pada robot pendeteksi lingkungan yang mana digunakan untuk tujuan *object recognition* dan *odometry* [4]. Hal inilah yang menjadikan dasar bahwa peluang untuk menggunakan sensor VL53L0X itu masih sangat besar bila diterapkan untuk mengukur *back gauge* pada kereta.

2.1 Arduino Mega 2560

Arduino adalah salah satu pembuat kit mikrokontroler yang berbasis mikroprosesor ATmega28. Salah satu variannya adalah Arduino Mega di samping banyak varian lainnya seperti Arduino Nano, Arduino Pro Mini, Arduino Uno, Arduino Yun, dll. *Board* Arduino Mega 2560 adalah sebuah *Board* Arduino yang menggunakan IC Mikroporsessor ATmega 2560. *Board* ini memiliki

Pin I/O yang relatif banyak jika dibandingkan dengan Arduino Uno, yakni 54 digital I/O, 15 pin diantaranya dapat digunakan sebagai luaran PWM, 16 pin input analog, 4 UART. Sumber daya yang digunakan berupa arus searah DC dengan rentang tegangan 7-12 V.



Gambar 1. Arduino mega 2560 rev3 [5]

2.2 Sensor VL53L0X

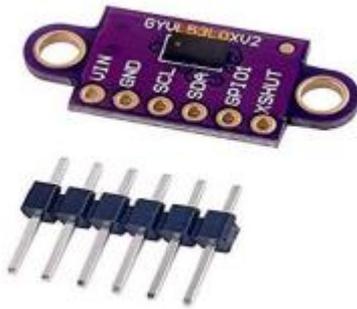
Sensor jarak atau sensor *proximity* disebut juga *Sensor For Displacement, Distance and Position* adalah sensor yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan benda tanpa kontak fisik. Sensor Jarak mempunyai pancaran elektromagnetik berkas radiasi elektromagnetik seperti sinar inframerah. Sensor jarak adalah perangkat yang dapat mengubah informasi tentang gerakan atau keberadaan objek menjadi sinyal listrik. Sensor jarak sangat berguna apabila digunakan di tempat yang berbahaya. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, sensor jarak ini telah banyak digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia.

Sensor VL53L0X merupakan sensor jarak berbasis laser yang memiliki ketelitian sampai dengan 2 meter dengan frekuensi 50 Hz. Walaupun berdasarkan *datasheet* bisa melakukan pengukuran sampai sejauh 2m, pengukuran terbaik terjadi pada jarak di bawah 100cm. Pengukuran dilakukan dengan cara lama waktu yang diperlukan saat sinyal inframerah mulai dipancarkan dan kembali diterima oleh penerima.

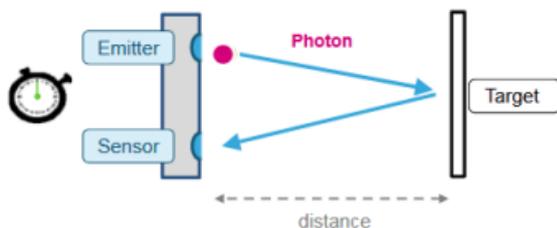
VL53L0X seperti pada gambar 2 adalah berbentuk modul sensor berbasis teknologi laser teknologi. Sinar laser inframerah yang digunakan adalah rentang panjang gelombang 940 nm dan dibekali dengan sistem mikrokontroler tertanam canggih, tanpa perangkat optik tambahan yang diperlukan untuk operasi. Modul sensor VL53L0X memungkinkan integrasi dengan perangkat lain menggunakan antarmuka I2C untuk kontrol perangkat dan transfer data. VL53L0X

Tidak seperti sonar yang memantulkan gelombang ultrasonik, daerah FoV (*Field of View*) penginderaan rentang berdaerah sempit (bidang pandang 25°). Sensor seperti mendeteksi objek didepannya tanpa mendeteksi pantulan balik dari objek disekitarnya terlihat seperti pada gambar 3. VL53L0X jauh lebih presisi dan tidak memiliki linearitas masalah atau 'pencitraan ganda' di mana

pengguna tidak dapat mengetahui apakah suatu objek sangat jauh atau sangat dekat [4].



Gambar 2. Modul sensor VL53L0X [4]



Gambar 3. Simulasi pendeteksian jarak dengan sensor berbasis sinar inframerah [4]

2.3 Standar Deviasi

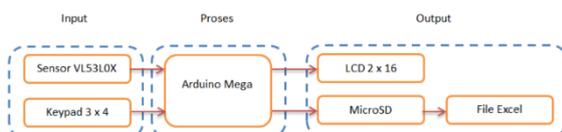
Standar deviasi atau simpangan baku merupakan perubahan pada nilai standar (angka baku) yang digunakan untuk membandingkan dua macam keadaan atau lebih. Dasar perhitungan standar deviasi adalah keingintahuan untuk mengetahui ragam dari suatu kelompok data. Cara yang digunakan adalah mengurangi setiap nilai data dengan rata-rata kelompok data tersebut dan kemudian hasilnya dijumlahkan [6].

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Blok Diagram Sistem

Rekayasa teknik dalam bentuk sistem guna merealisasikan alat menggunakan acuan blok diagram pada gambar 4 dengan langkah- langkah dilaksanakan sesuai dengan alur sbb:.



Gambar 4. Blok diagram penelitian

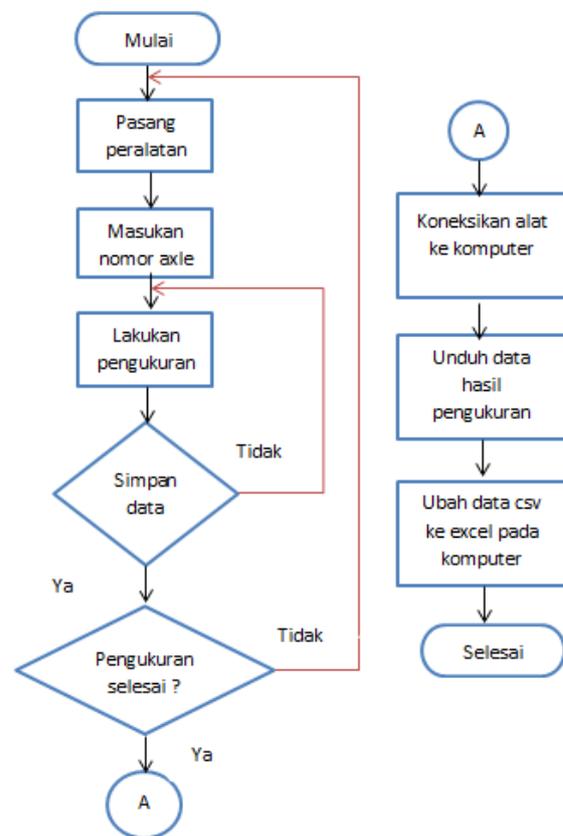
Gambar 4 dijelaskan sebagai berikut:

- Sensor VL53L0X berfungsi sebagai pengukur jarak *back gauge* kereta

- Keypad 3x4 berfungsi untuk memasukkan data berupa nomor *axle* kereta yang akan diukur menggunakan sistem yang akan dibuat
- Arduino Mega berfungsi sebagai mikrokontroler
- LCD 2x16 berfungsi sebagai HMI
- Kartu memori berupa MicroSD berfungsi untuk menyimpan data hasil pengukuran dari Arduino
- File berformat .xlsx adalah data hasil pengukuran

3.2 Diagram Alir Sistem

Sistem alat pengukuran ini bertujuan untuk mengukur *back gauge* kereta yang biasanya dilakukan pengukuran secara manual. Pada sistem ini akan dilakukan pengukuran berbasis mikrokontroler menggunakan sensor jarak. Berikut adalah flowchart sistem yang digambarkan.



Gambar 5. Diagram alir sistem

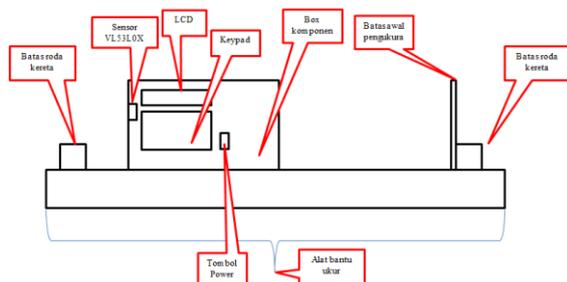
Cara kerja alat ini adalah untuk melakukan pengukuran terhadap *back gauge* roda kereta menggunakan mikrokontroler arduino. Pengukuran *back gauge* roda kereta menggunakan sensor jarak VL53L0X yang menurut literatur memiliki nilai toleransi yang kecil untuk rentang pengukuran hingga ±100mm. Ketentuan yang telah ditetapkan oleh produsen pembuat kereta yaitu jarak *back gauge* berkisar 990mm ±1mm.

Oleh karena itu, alat yang dirancang dilengkapi dengan alat bantu pengukur berupa tongkat sepanjang ±1200mm sementara pengukuran dimulai dari jarak

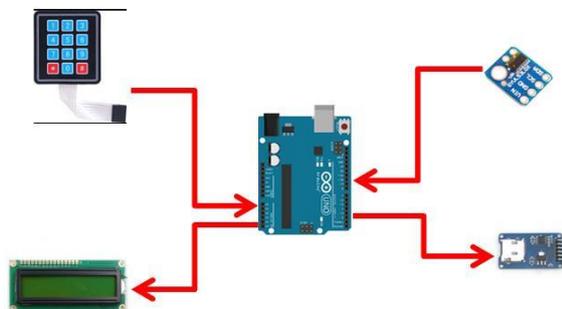
900mm. Pada satu rangkaian kereta, jumlah *back gauge* yang diukur pada saat perawatan bulanan totalnya berjumlah 24 buah. *Keypad* pada alat ini yaitu untuk memasukkan masing - masing nomor *axle* pada rangkaian kereta, dilakukan secara *sampling* dan hasilnya ditampilkan oleh LCD. Setelah selesai melakukan pengukuran, didapatkan data yang disimpan dapat disimpan di kartu memori dalam bentuk file .xlsx.

3.3 Desain Alat

Desain sistem dalam bentuk perangkat keras dapat dilihat pada gambar 6 sedangkan gambar 7 adalah visualisasi penerapan komponen-komponen penyusun sistem yang akan dibuat.



Gambar 6. Desain perangkat keras sistem yang akan dibuat



Gambar 7. Visualisasi tampilan hubungan antar komponen

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui jarak sisi bagian dalam antar roda kanan dan roda kiri pada tiap-tiap *axle*. Mekanisme pengukuran baik dengan menggunakan alat manual dan alat yang dibuat dilakukan dengan cara menempelkan bagian batas roda atau bagian bawah pada masing – masing roda kanan dan kiri. Selanjutnya menempatkan alat di sisi dalam roda kiri dan memastikan batas awal pengukuran telah menempel pada bagian roda sebelah kanan sehingga diharapkan mendapatkan jarak ukur yang sesuai dengan kondisi yang benar.

Gambar 8 dan 9 menjelaskan penempatan alat dan proses yang dilakukan pada saat melakukan pengukuran *back gauge*. Terlihat bahwa sisi dalam dari masing-masing roda kereta harus ditempatkan

sebaik mungkin untuk mendapatkan hasil pengukuran yang optimal.



Gambar 8. Menempatkan alat saat pengukuran pada *axle* kereta



Gambar 9. Proses pengukuran jarak menggunakan alat yang dibuat pada *axle* kereta

Metode pengujian pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada 6 *axle* yang berbeda, hal ini dilakukan untuk mengetahui keandalan alat dan kemudian dilakukan perhitungan mencari nilai rata – rata dari jarak tiap-tiap *axle*. Sebagai perbandingan, pengukuran dengan menggunakan alat manual juga dilakukan. Hasil dari pengujian pengukuran dapat dilihat pada tabel 1. Pada pelaksanaannya, sampel yang digunakan adalah gerbong kereta dengan nomor 12. Tabel 1 merupakan data hasil pengukuran jarak rata-rata *axle* pada kereta no 12 untuk tiap-tiap no *axle* yang berbeda menggunakan cara ukur manual dan alat elektronik berbasis sensor VL53L0X.

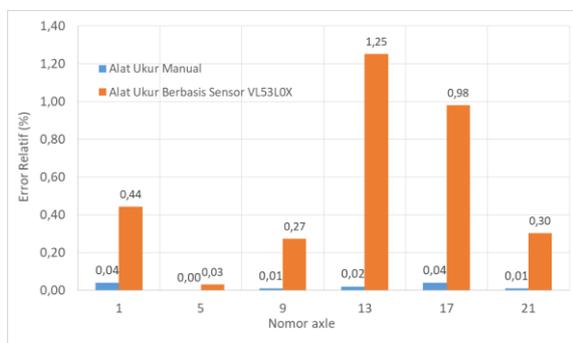
Tabel 1. Data hasil pengukuran jarak rata-rata *axle* menggunakan 2 alat yang berbeda

No Axle	Hasil pengukuran dengan alat elektronik (mm)	Hasil pengukuran dengan alat manual (mm)
1	994	990,4
5	990	990
9	993	990,1
13	978	989,8

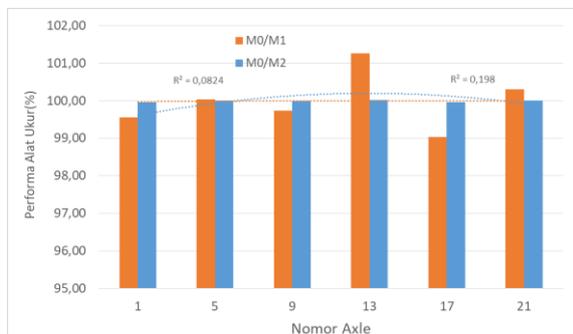
17	1000	990,4
21	987	989,9

Olah data yang dilakukan menghasilkan representasi data gambar seperti terlihat pada gambar 10 dan gambar 11. Referensi ukuran *back gauge* yang digunakan adalah $990\text{mm} \pm 1\text{mm}$. Ketika merujuk pada gambar 10, memperlihatkan eror relatif hasil pengukuran menggunakan alat manual dan elektronik, yang mana eror relatif cenderung stabil mendekati nol ditunjukkan oleh alat ukur manual. Sebaliknya alat ukur berbasis sensor VL53L0X menunjukkan fluktuasi yang perbedaannya cukup tinggi untuk tiap pengukuran jarak di tiap-tiap *axle*.

Nilai eror relatif yang mendekati nol memiliki arti bahwa hasil pengukuran sudah mendekati nilai yang seharusnya atau referensi. Hasil pengukuran dengan menggunakan alat berbasis sensor VL53L0X masih perlu dilakukan perbaikan karena variansi data yang dihasilkan sangat fluktuatif. Perbaikan bisa dilakukan dengan berbagai cara antara lain kalibrasi alat dengan menggunakan kalibrator yang sudah tersertifikasi. Dilanjutkan dengan melakukan optimalisasi pada desain sehingga desain kokoh dan tidak mudah terganggu akibat adanya gangguan dari luar seperti gerakan, getaran, perubahan posisi dan interferensi cahaya.



Gambar 10. Perbandingan eror relatif dari kedua alat



Gambar 11. Perbandingan performa dari kedua alat

Gambar 11 menunjukkan performa dari masing-masing alat ukur manual dan berbasis sensor VL53L0X. Legenda berupa informasi M0/M1 dan M0/M2 masing-masing adalah rasio nilai referensi (M0) terhadap hasil ukur rata-rata dari alat ukur sensor VL53L0X (M1) dan alat ukur manual (M2). Dari data tersebut, dapat diekstrak informasi berupa nilai standar deviasi yang mana menjadi acuan *sample* untuk masing-masing pengukuran dengan alat manual dan alat elektronik yang dibuat.

Nilai standar deviasi adalah 0,026 untuk pengukuran dengan alat elektronik dan 0,76 dengan alat manual. Nilai standar deviasi pengukuran dengan alat elektronik masih jauh dari nilai ideal dan ini membuktikan bahwa perlu perlakuan khusus pada alat yang telah dibuat. Dalam kasus ini, tidak diperlukan linearitas namun hasil yang penting untuk didapatkan adalah keseragaman atau variansinya kecil sehingga data lebih dapat diyakini lebih kokoh dan *reliable*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian alat, didapatkan bahwa alat masih harus dilakukan penyempurnaan. Oleh karena berdasarkan hasil pengolahan data, nilai standar deviasi alat masih tergolong tinggi ditambah lagi dengan eror relatif yang besar jika dibandingkan dengan referensi dan pengukuran secara manual.

6. PUSTAKA

- [1] W. T. Adi dan D. S. Atmaja, "PERBANDINGAN PENGUKURAN RADIUS LENGKUNG DENGAN MENGGUNAKAN BENANG, TOTAL STATION DAN MESSREG CLS," *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, pp. 45-54, 2019.
- [2] T. Rahayu dan A. A. , "SISTEM PEMELIHARAAN REL KERETA API KORIDOR PALANG PARAMAMIA - JEMBATAN SEI PIRING," *JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN, INDUSTRI, ELEKTRO DAN SIPIL*, vol. 2, no. 1, pp. 100-104, 2021.
- [3] E. M. Fauzi, M. B. Zaenal Asyikin dan I. Yuda Prasetya, "Analisa dan solusi noise sensor VL53L0X pada berbagai kondisi cahaya," dalam *9th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2020.
- [4] N. Lakovic, M. Brkic, B. Batinic, J. Bajic, V. Rajs dan N. Kulundzic, "Application of Low-cost VL53L0X ToF Sensor for Robot Environment Detection," dalam *18th International Symposium INFOTEH*, Jahorina, 2019.
- [5] A. Team, "Arduino Mega 2560 Rev3," Arduino , 2021. [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3>. [Diakses 11 10 2021].
- [6] N. Nafi'iyah, "PERBANDINGAN MODUS, MEDIAN, K-STANDAR DEVIASI, ITERATIVE, MEAN DAN OTSU DALAM THRESHOLDING," *Jurnal SPIRIT*, vol. 8, no. 2, pp. 31-36, 2016.

Halaman ini sengaja dikosongkan