

# Implementasi Alat Ukur Ketebalan *Brake pad* Berbasis Mikrokontroler dengan Sensor VL53L0X

Mukhamad Zainul Wildan<sup>1</sup>, Nike Nur Farida<sup>2\*</sup>, Muhammad Akhlis Rizza<sup>3</sup>, Septyana Riskitasari<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Politeknik Negeri Malang, Malang

\*Penulis Korespondensi, Email: [nikenfarida@polinema.ac.id](mailto:nikenfarida@polinema.ac.id)

Received: 23/07/2025

Revised: 30/07/2025

Accepted: 02/08/2025

**Abstract.** *Brake pad thickness inspection is one of the essential aspects of vehicle brake system maintenance. However, in practice, it is still often performed visually and relies heavily on the technician's experience, leading to potential estimation errors. This study aims to develop a digital measuring device based on the ESP32 microcontroller, equipped with a VL53L0X sensor and OLED display, as well as a 3D-printed base to ensure accurate brake pad positioning during measurement. The device is designed to detect brake pad thickness in various conditions, ranging from thick to very thin. The method used is quantitative experimentation by comparing the sensor readings with those from a vernier caliper. The test results show that the sensor performs well under medium and thin conditions, with average errors of 0.37% and 2.15%, respectively. Under thick conditions, the error is 2.38%, while the greatest deviation occurs in very thin conditions, reaching an error of 9.82%. Overall, the device recorded an average measurement deviation of 0.13 mm with a total percentage error of 3.18%. The test graph illustrates consistent sensor readings under medium and thin conditions, but significant fluctuations appear in very thin conditions. With program modifications, the VL53L0X sensor, which has a resolution of 1 mm, can still be effectively utilized in brake pad thickness measurement applications.*

**Keywords:** *Brake pad thickness, VL53L0X, Microcontroller, Maintenance*

**Abstrak.** Pemeriksaan ketebalan *brake pad* merupakan salah satu aspek penting dalam perawatan sistem pengereman kendaraan. Namun, di lapangan masih banyak dilakukan secara visual dan bergantung pada pengalaman teknisi, sehingga menimbulkan risiko kesalahan estimasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat ukur digital berbasis mikrokontroler ESP32 dengan sensor VL53L0X dan tampilan OLED, serta dilengkapi denganudukan hasil cetak 3D untuk memastikan ketepatan posisi pengukuran *brake pad*. Alat ini dirancang untuk mendeteksi ketebalan *brake pad* pada berbagai kondisi, mulai dari tebal hingga sangat tipis. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan membandingkan hasil pengukuran sensor terhadap *vernier caliper*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik pada kondisi sedang dan tipis dengan rata-rata error masing-masing sebesar 0,37% dan 2,15%. Pada kondisi tebal, error sebesar 2,38%, sementara pada kondisi sangat tipis ditemukan deviasi terbesar dengan error mencapai 9,82%. Secara keseluruhan, alat mencatat rata-rata selisih pengukuran sebesar 0,13 mm dengan persentase error total 3,18%. Grafik pengujian menunjukkan kestabilan pembacaan sensor pada kondisi sedang dan tipis, namun terdapat fluktuasi signifikan pada kondisi sangat tipis. Dengan modifikasi program, sensor VL53L0X yang memiliki resolusi 1 mm tetap dapat dimanfaatkan dalam aplikasi pengukur ketebalan *brake pad*.

**Kata Kunci:** Ketebalan *brake pad*, VL53L0X, Mikrokontroler, Perawatan

## I. PENDAHULUAN

Servis kendaraan atau yang umum dikenal sebagai *tune-up* merupakan suatu proses pemeliharaan kendaraan yang bertujuan mengembalikan performa mesin dan sistem pendukung kendaraan ke kondisi optimal [1]. *Tune-up* meliputi berbagai tahapan seperti pemeriksaan, penyetelan, dan pembersihan komponen-komponen

penting kendaraan agar tetap berfungsi secara efisien dan aman [2]. Salah satu komponen krusial dalam sistem kendaraan yang perlu mendapatkan perhatian khusus selama servis adalah sistem pengereman, terutama bagian *brake pad* atau kampas rem.

*Brake pad* berfungsi sebagai komponen gesek yang membantu memperlambat atau menghentikan

kendaraan saat pedal rem diinjak. Seiring pemakaian, ketebalan *brake pad* akan menipis. Oleh karena itu, pengecekan ketebalan *brake pad* merupakan indikator utama untuk menentukan kelayakan pakai dan waktu penggantian [3]. Penggunaan *brake pad* yang sudah melebihi batas keausan dapat berpotensi menimbulkan bahaya, seperti menurunnya kemampuan pengereman, kerusakan pada piringan cakram (*disc brake*), dan risiko kecelakaan [4]. Maka dari itu, inspeksi ketebalan *brake pad* secara rutin sangat penting untuk menjaga keselamatan pengemudi dan penumpang [5].

Meskipun telah tersedia berbagai metode dan alat untuk mengukur ketebalan komponen kendaraan, penelitian dan pengembangan alat terdahulu masih berfokus pada sepeda motor dan tidak digunakan dalam kegiatan servis. Selain itu, sebagian besar perangkat pengukur ketebalan yang presisi di bengkel umumnya hanya menggunakan peralatan manual seperti *vernier caliper*, yang memerlukan keterampilan teknis serta belum terintegrasi dengan sistem digital yang dapat ditambahkan dengan keterangan kondisi *brake pad* beserta estimasi jarak penggunaannya.

Di banyak bengkel otomotif khususnya mobil, pengecekan ketebalan *brake pad* masih dilakukan secara visual atau berdasarkan pengalaman teknis, tanpa menggunakan alat ukur presisi seperti *vernier caliper*. Metode ini bersifat subjektif dan dapat mengakibatkan kesalahan dalam estimasi ketebalan yang berdampak pada keputusan teknis yang kurang akurat. Hal ini menunjukkan perlunya solusi teknologi yang dapat membantu proses pemeriksaan *brake pad* secara lebih akurat, efisien, dan mudah digunakan oleh teknis di lapangan.

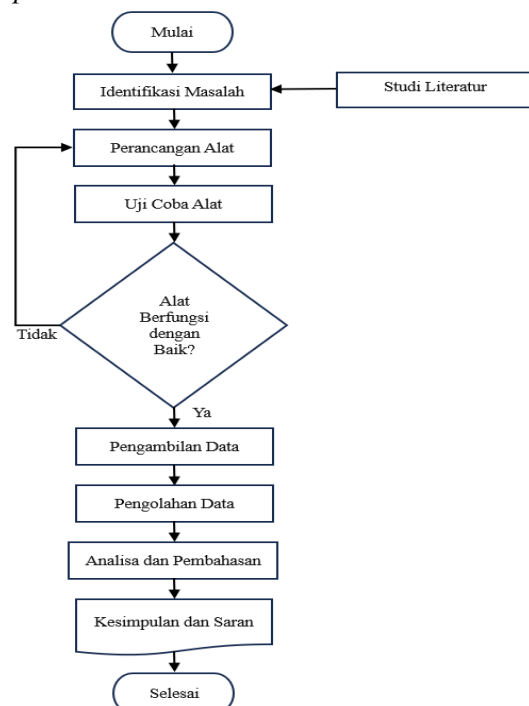
Seiring berkembangnya zaman, teknologi di bidang otomotif mengalami kemajuan pesat untuk mendukung kegiatan manusia, khususnya dalam penerapan mikrokontroler dan sensor. Mikrokontroler kini banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi seperti sistem kendali otomatis, pengukuran berbasis sensor, sistem monitoring, hingga perangkat *Internet of Things (IoT)* [6]. Salah satu sensor yang relevan untuk pengukuran jarak dan ketebalan adalah sensor berbasis laser *Time-of-*

*Flight (ToF)*, seperti VL53L0X, yang mampu mengukur jarak secara akurat dan cepat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah alat berbasis mikrokontroler dengan integrasi sensor laser VL53L0X untuk mengukur ketebalan *brake pad* kendaraan pada berbagai kondisi, yaitu *brake* tebal, sedang, tipis, ganti. Alat ini dirancang dengan menambahkan fitur tampilan hasil pengukuran menggunakan layar OLED, serta dilengkapi dengan *base* hasil pencetakan 3D (*3D printing*) yang berfungsi untuk memastikan posisi *brake pad* tetap dan hasil pengukuran hanya fokus pada bagian kampas, tanpa terkena bagian logam. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan aktuator berupa servo untuk mengatur posisi ketinggian sensor secara otomatis agar sesuai dengan titik ukur.

## II. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode eksperimen dengan perancangan *hardware*, serta pengujian alat dengan pendekatan kuantitatif yang berfokus pada pengumpulan data berupa angka perbandingan pembacaan nilai sensor VL53L0X dengan pembacaan alat ukur *vernier caliper*.



Gambar 1. Flow chart metodologi penelitian

Metodologi penelitian pada alat pengukur ketebalan *brake pad* berbasis mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 1. Proses penelitian dilakukan melalui tahapan-tahapan yang terstruktur, diawali dengan identifikasi permasalahan di lapangan, yaitu praktik pemeriksaan ketebalan *brake pad* yang masih mengandalkan pengamatan visual. Tahapan berikutnya adalah studi literatur untuk menggali informasi mengenai teknologi sensor dan mikrokontroler yang sesuai, kemudian dilanjutkan dengan perancangan alat menggunakan ESP32 dan sensor VL53L0X, yang dikombinasikan dengan tampilan OLED dan dudukan hasil cetak 3D. Setelah alat selesai dirakit, dilakukan pengujian fungsional untuk memastikan alat bekerja dengan baik. Apabila ditemukan kendala, dilakukan perbaikan hingga alat siap digunakan dalam proses pengambilan data.

Setelah alat berfungsi secara optimal, dilakukan pengambilan data dari sampel *brake pad* dengan ketebalan berbeda. Data hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan *vernier caliper*, lalu diolah untuk menghitung selisih nilai serta persentase kesalahan. Seluruh data dianalisis untuk mengevaluasi performa alat, dan hasil akhir disajikan dalam bentuk pembahasan, kesimpulan, serta rekomendasi pengembangan alat guna mendukung praktik pemeriksaan *brake pad* secara digital di lingkungan bengkel otomotif.

#### A. Brake pad

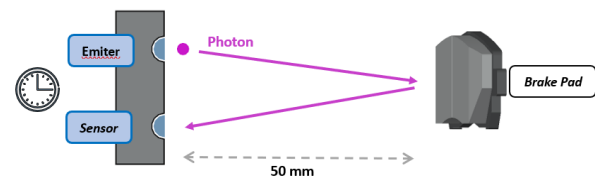
*Brake pad* adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat dan menghentikan laju kendaraan [7]. Komponen ini menanggung beban tinggi, yaitu hingga 90% dibandingkan komponen lainnya dalam kendaraan [8]. Penanda *brake pad* yang mulai tipis dapat dirasakan oleh pengemudi, pada saat melakukan pengereman pedal rem terasa lebih dalam serta jarak pengereman yang semakin jauh. Ausnya *brake pad* adalah hal yang wajar, sebab *brake pad* merupakan komponen *fast moving* atau *spareparts* yang cepat diganti [9].

#### B. ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* sebagai penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini sudah dilengkapi dengan modul WiFi terintegrasi dalam chip. Dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, ESP32 memiliki beberapa keunggulan, seperti jumlah pin I/O yang lebih banyak, lebih banyak pin analog, kapasitas memori yang lebih besar, serta dukungan *Bluetooth 4.0 Low Energy* (BLE) [10].

#### C. Sensor laser VL53L0X

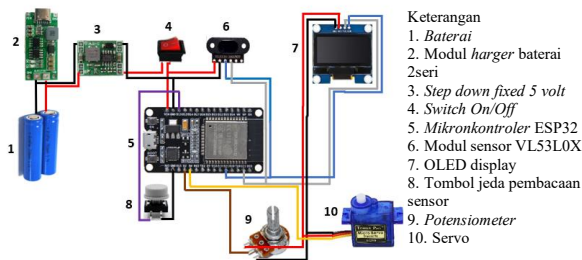
Modul sensor VL53L0X, yang juga dikenal sebagai sensor jarak atau *proximity* sensor, merupakan perangkat yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan objek tanpa kontak fisik. Sensor jarak bekerja dengan memancarkan radiasi elektromagnetik, untuk mengukur gerakan atau keberadaan objek dan mengonversinya menjadi sinyal listrik. VL53L0X adalah sensor jarak berbasis laser dengan tingkat akurasi hingga 2 meter dan frekuensi pengukuran 50 Hz dan hasil terbaik diperoleh pada jarak di bawah 100 cm [11].



Gambar 2. Prinsip kerja sensor [12]

Sensor VL53L0X bekerja dengan memanfaatkan teknologi *time-of-flight* untuk mengukur jarak ke suatu objek yang dapat mengukur hingga jarak 2 meter [13]. Prosesnya dimulai saat laser memancarkan cahaya berupa foton ke arah objek, lalu sebagian cahaya tersebut dipantulkan kembali oleh permukaan objek. Sensor kemudian mendeteksi waktu kedatangan foton yang kembali tersebut, dan dari selisih waktunya dihitung jarak ke objek. Sensor ini memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik hingga 1 mm, yang setara dengan kemampuan membedakan waktu hingga 6,6 pikodetik yang biasanya digunakan pada robot [12][14].

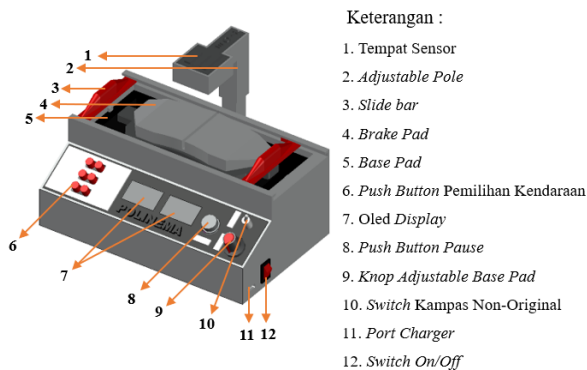
#### D. Rangkaian sistem



Gambar 3. Rangkaian sistem

Sistem Alat dirancang dengan menggunakan 2 baterai tipe 18650 yang dirangkai seri dengan total tegangan 7,4V yang dihubungkan ke modul *stepdown* MP1584 untuk menurunkan tegangan menjadi 5V, mencukupi kebutuhan daya untuk ESP32, servo SG90, sensor laser VL53L0X, serta dua unit *display* OLED dan komponen pendukung. Saat *brake pad* diletakkan pada *base pad* yang dapat diatur posisi ketinggian yang tepat hingga pada titik 0 pengukuran.

#### E. Setting peralatan penelitian



Gambar 4. Setting peralatan

Penempatan sensor VL53L0X dari base pad adalah 50mm. Posisi *brake pad* diatur sedemikian rupa sehingga bagian pelat logam menempel pada *slide bar*, sehingga hanya bagian kampas rem yang terukur. Setelah *brake pad* berada pada posisi awal (titik 0) dan nilai ketebalan muncul pada layar OLED, proses pengukuran dilanjutkan dengan menunggu selama 10 detik, kemudian menekan tombol pause untuk menghentikan pembacaan.

$$t_{brake\ pad} = h_{sensor} - d_{terukur} \quad (1)$$

Keterangan :

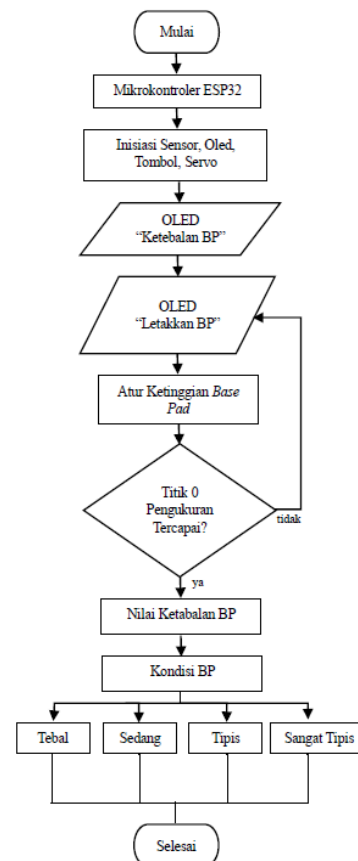
$t_{brake\ pad}$  : Ketebalan *brake pad* (mm)

$h_{sensor}$  : Ketinggian sensor (mm)

$d_{terukur}$  : Jarak terukur sensor (mm)

Dengan menggunakan rumus 1, alat dapat secara otomatis menghitung ketebalan pada bagian kampasnya saja. Nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran sensor VL53L0X akan dikurangi dari tinggi tetap sensor (dalam hal ini 50 mm), sehingga didapatkan ketebalan kampas. Setelah itu, data ketebalan tersebut digunakan sebagai input untuk menampilkan nilai Ketebalan kampas rem secara visual di layar OLED.

#### F. Alur kerja pengukuran brake pad dengan alat berbasis mikrokontroler



Gambar 5. Flow chart kerja alat

Proses dimulai dari inisialisasi mikrokontroler, kemudian sistem mengaktifkan sensor, layar OLED, tombol, dan servo. Layar OLED

menampilkan informasi Ketebalan *brake pad*, kemudian dilanjutkan dengan instruksi “Letakkan *Brake pad*” sebagai perintah untuk menempatkan *brake pad* pada *base pad*. Setelah itu, mengatur ketinggian *base pad* menggunakan servo untuk mencapai titik 0 pengukuran. Jika titik 0 belum tercapai, Layar OLED akan kembali menampilkan teks “Letakkan *Brake pad*”. Jika titik 0 berhasil dicapai, sistem akan mengukur dan menampilkan nilai ketebalan serta menentukan kondisi *brake pad* berdasarkan ketebalan yang terdeteksi.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat ukur ketebalan *brake pad* dilakukan dengan memanfaatkan sampel *brake pad* hasil cetak 3D sebagai simulasi kampas rem yang telah dilepas dari kendaraan, kemudian diletakkan pada *base pad*. Sensor VL53L0X digunakan untuk mengukur ketebalan *brake pad* pada empat kondisi berbeda, yaitu tebal, sedang, tipis, dan sangat tipis, yang memiliki variasi ketebalan berbeda.

Beberapa penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan alat ukur ketebalan kampas rem, namun pendekatannya memiliki keterbatasan tertentu. Misalnya, sistem deteksi kampas rem pada sepeda motor berbasis *IoT* [3], penelitian hanya memberikan peringatan keausan tanpa mengukur nilai aktual ketebalan kampas serta penggunaanya pada sepeda motor dan tidak digunakan dalam kegiatan servis. Berbeda dari penelitian tersebut yang menggunakan potensio geser, alat ini menggunakan sensor VL53L0X yang bekerja dengan prinsip laser *Time-of-Flight* yang memiliki kemampuan pengukuran lebih baik.

#### A. Pengukuran *brake pad* kondisi tebal



Gambar 6. *Brake pad* tebal

Tabel 1. Hasil pengukuran *brake pad* kondisi tebal

| Percobaan Ke- | Vernier caliper (mm) | VL53L0X (mm) | Selisih (mm) |
|---------------|----------------------|--------------|--------------|
| 1             | 9,00                 | 10,04        | 1,04         |
| 2             | 9,02                 | 9,02         | 0            |
| 3             | 9,02                 | 8,97         | -0,05        |
| 4             | 9,00                 | 9,00         | 0            |
| 5             | 8,97                 | 9,05         | 0,08         |
| Rata-rata     | 9,00                 | 9,21         | 0,21         |

Hasil menunjukkan bahwa *vernier caliper* mencatat ketebalan rata-rata sebesar 9,002 mm, sementara sensor VL53L0X mencatat rata-rata 9,216 mm. Selisih pengukuran berkisar antara -0,05 mm hingga 1,04 mm, dengan rata-rata selisih sebesar 0,214 mm.

#### B. Pengukuran *brake pad* kondisi sedang



Gambar 7. *Brake pad* sedang

**Tabel 2.** Hasil pengukuran *brake pad* kondisi sedang

| Percobaan Ke- | Vernier caliper (mm) | VL53L0X (mm) | Selisih (mm) |
|---------------|----------------------|--------------|--------------|
| 1             | 5,97                 | 6,04         | 0,07         |
| 2             | 5,97                 | 5,97         | 0            |
| 3             | 6,00                 | 5,96         | -0,04        |
| 4             | 5,97                 | 6,03         | 0,06         |
| 5             | 5,97                 | 5,99         | 0,02         |
| Rata-rata     | 5,97                 | 5,99         | 0,02         |

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa rata-rata nilai dari *vernier caliper* adalah 5,976 mm, sedangkan VL53L0X mencatat rata-rata 5,998 mm. Selisih antara kedua alat berkisar antara -0,04 mm hingga 0,07 mm, dengan rata-rata selisih sebesar 0,022 mm.

#### C. Pengukuran *brake pad* kondisi tipis



**Gambar 8.** *Brake pad* tipis

**Tabel 3.** Hasil pengukuran *brake pad* kondisi tipis

| Percobaan Ke- | Vernier caliper (mm) | VL53L0X (mm) | Selisih (mm) |
|---------------|----------------------|--------------|--------------|
| 1             | 4,18                 | 3,98         | 0,20         |
| 2             | 4,00                 | 4,04         | 0,04         |
| 3             | 4,18                 | 3,99         | 0,19         |
| 4             | 4,05                 | 4,04         | 0,01         |
| 5             | 4,05                 | 3,97         | 0,08         |
| Rata-rata     | 4,09                 | 4,00         | 0,10         |

Hasil menunjukkan bahwa *Vernier caliper* mencatat ketebalan rata-rata sebesar 4,092 mm, sementara sensor VL53L0X mencatat rata-rata sebesar 4,004 mm. Selisih pengukuran berkisar antara 0,01 mm hingga 0,20 mm, dengan rata-rata selisih sebesar 0,104 mm.

#### D. Pengukuran *brake pad* kondisi sangat tipis



**Gambar 9.** *Brake pad* sangat tipis

**Tabel 4.** Hasil pengukuran *brake pad* kondisi sangat tipis

| Percobaan Ke- | Vernier caliper (mm) | VL53L0X (mm) | Selisih (mm) |
|---------------|----------------------|--------------|--------------|
| 1             | 1,98                 | 1,97         | 0,01         |
| 2             | 2,00                 | 2,01         | 0,01         |
| 3             | 2,00                 | 0,99         | 1,01         |
| 4             | 2,00                 | 2,00         | 0,00         |
| 5             | 2,00                 | 2,03         | 0,03         |
| Rata-rata     | 1,99                 | 1,8          | 0,21         |

Hasil menunjukkan bahwa *Vernier caliper* mencatat ketebalan rata-rata sebesar 1,996 mm, sementara sensor VL53L0X mencatat rata-rata sebesar 1,800 mm. Selisih pengukuran berkisar antara 0,00 mm hingga 1,01 mm, dengan rata-rata selisih sebesar 0,212 mm.

#### E. Analisis kinerja sensor VL53L0X

Pembacaan pengukuran menggunakan *vernier caliper* dan sensor VL53L0X terdapat perbedaan hasil. Perbedaan hasil pembacaan ini dapat menghasilkan persentase kesalahan [15].

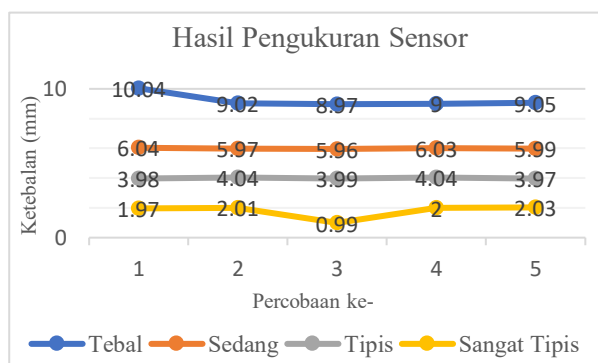
$$error = \frac{Hasil VC - Hasil Sensor}{Hasil VC} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan menggunakan rumus 2, persentase dihitung dari hasil rata-rata pembacaan alat ukur *vernier caliper* dan hasil rata-rata pengukuran menggunakan sensor VL53L0X pada setiap kondisi *brake pad*.

**Tabel 5.** Perbandingan hasil pengukuran *vernier caliper* dan sensor VL53L0X

| Kondisi <i>Brake pad</i> | <i>Vernier caliper</i> (mm) | VL53L0X (mm) | Selisih (mm) | Error (%) |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|
| Tebal                    | 9,00                        | 9,21         | 0,21         | 2,38      |
| Sedang                   | 5,97                        | 5,99         | 0,02         | 0,37      |
| Tipis                    | 4,09                        | 4,00         | 0,10         | 2,15      |
| Sangat Tipis             | 1,99                        | 1,8          | 0,21         | 9,82      |
| Rata-rata                | 5,76                        | 5,75         | 0,13         | 3,18      |

Berdasarkan pada Tabel 5, analisis data menunjukkan adanya perbedaan hasil pengukuran antara sensor VL53L0X dan *vernier caliper* pada berbagai tingkat ketebalan *brake pad*. Perbedaan terkecil ditemukan pada kondisi ketebalan sedang, dengan nilai selisih sebesar 0,02 mm dan persentase error 0,37%. Sementara itu, nilai error tertinggi muncul pada kondisi sangat tipis, dengan selisih 0,21 mm dan persentase kesalahan mencapai 9,82%, yang kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan sensor dalam mendeteksi objek berukuran sangat kecil. Untuk kondisi tebal dan tipis, nilai error masing-masing tercatat sebesar 2,38% dan 2,15%. Jika dirata-rata dari seluruh kondisi, selisih pengukuran sebesar 0,13 mm dan persentase error berada pada angka 3,18%.



**Bagan 1.** Hasil pengukuran sensor

Pada bagan 1 menunjukkan data pembacaan sensor terhadap empat kondisi ketebalan *brake pad*, yaitu tebal, sedang, tipis, dan sangat tipis, selama lima kali percobaan. Pengukuran pada kondisi tebal

menunjukkan fluktuasi kecil dengan nilai tertinggi 10,04 mm dan terendah 8,97 mm. Pada kondisi sedang dan tipis, grafik memperlihatkan kestabilan nilai pembacaan, masing-masing berkisar antara 5,96–6,04 mm dan 3,97–4,04 mm. Sementara itu, kondisi sangat tipis menunjukkan variasi paling mencolok, terutama pada percobaan ke-3 yang hanya terbaca 0,99 mm, jauh di bawah hasil lainnya yang berada di sekitar 2 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor cenderung mengalami ketidakstabilan atau error lebih tinggi saat mengukur ketebalan yang sangat rendah.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Perangkat ini mampu melakukan pengukuran ketebalan *brake pad* dalam berbagai kondisi, mulai dari yang sangat tebal hingga sangat tipis. Berdasarkan hasil pengujian, sensor menunjukkan performa yang cukup akurat pada kondisi ketebalan sedang dan tipis, dengan rata-rata kesalahan masing-masing sebesar 0,37% dan 2,15%. Sementara pada kondisi tebal, nilai error masih dalam batas wajar sebesar 2,38%, namun terjadi penurunan akurasi yang signifikan pada kondisi sangat tipis dengan tingkat kesalahan mencapai 9,82%.

Secara umum, selisih rata-rata antara hasil pembacaan sensor dan *vernier caliper* tercatat sebesar 0,13 mm dengan total rata-rata error sebesar 3,18%. Hasil grafik dari lima kali pengujian pada tiap kondisi menunjukkan kestabilan pembacaan sensor untuk ketebalan sedang dan tipis, namun terdapat ketidakkonsistenan pembacaan pada kondisi sangat tipis. Oleh karena itu, alat ini berpotensi menjadi perangkat bantu yang praktis dan presisi dalam proses pemeriksaan ketebalan *brake pad* secara digital di lingkungan bengkel otomotif.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, meskipun sensor VL53L0X memiliki tingkat ketelitian 1 mm, namun dengan penyesuaian dan modifikasi pada program, sensor ini masih dapat dimanfaatkan untuk mengukur ketebalan *brake pad*. Secara praktis, alat ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di dunia kerja, khususnya di bengkel kendaraan mobil, baik umum maupun resmi.

Penggunaan alat ini dapat membantu teknisi melakukan pemeriksaan *brake pad* secara lebih cepat, objektif, dan konsisten dibandingkan metode visual. Selain itu, alat ini juga dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran praktis bagi siswa SMK yang sedang melaksanakan praktik kerja lapangan di bengkel, sehingga mereka dapat memahami langsung penerapan teknologi sensor dan mikrokontroler dalam dunia otomotif modern. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan sensor dengan spesifikasi level industri yang memiliki akurasi dan stabilitas yang lebih tinggi, guna meningkatkan keandalan alat terutama pada pengukuran dimensi yang sangat kecil seperti kondisi *brake pad* sangat tipis. Selain itu, pengembangan alat sejenis untuk mengukur ketebalan *brake shoe* atau sistem rem tromol juga menjadi salah satu saran yang dapat dikaji, mengingat jenis rem tersebut masih banyak digunakan pada roda belakang kendaraan dan juga memerlukan inspeksi rutin terkait keausan kampasnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada lab Jurusan Mesin Politeknik Negeri Malang yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian, serta kepada dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan yang sangat berarti. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan artikel ini.

#### REFERENSI

- [1] F. Pambudi *et al.*, “Pengaruh Tune Up Pada Kinerja Mobil Kijang Innova 2.0 G,” *Semin. Nas. Kependidikan Fkip Ust*, vol. 1, no. 1, pp. 23–32, 2022.
- [2] Suyitno, A. Primartadi, and D. Jatmoko, “Pelatihan Service Sepeda Motor pada Masa Pandemi Covid-19,” *Abdimas Dewantara*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/abdimas-dewantara/article/view/8430>
- [3] U. Sunarya and A. Novianti, “SISTEM PENDETEKSI KAMPAS SEPEDA MOTOR BERBASIS *IoT* ( SYSTEM DETECTION of CANVAS MOTORCYCLE BASED on *IoT*),” vol. 5, no. 1, pp. 409–420, 2019.
- [4] Z. Xu, “Talking about the Automobile Braking System,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 274, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/274/1/012141.
- [5] M. Attubel and D. Siswanto, “Sistem Pemantauan Dan Peningkat Waktu Perawatan Kendaraan Berbasis Internet of Things (*IoT*),” *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 1, no. 01, pp. 51–65, 2020, doi: 10.31328/jasee.v1i01.6.
- [6] D. I. Gota, A. Puscasiu, A. Fanca, L. Miclea, and H. Valean, “Smart home automation system using Arduino microcontrollers,” *2020 22nd IEEE Int. Conf. Autom. Qual. Testing, Robot. - THETA, AQTR 2020 - Proc.*, 2020, doi: 10.1109/AQTR49680.2020.9129989.
- [7] A. P. Irawan *et al.*, “Overview of the Important Factors Influencing the Performance of Eco-Friendly *Brake pads*,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 6, pp. 1–22, 2022, doi: 10.3390/polym14061180.
- [8] D. Videršćak *et al.*, “Influence of *Brake pad* Properties To Braking Characteristics,” *Promet - Traffic Transp.*, vol. 34, no. 1, pp. 91–102, 2022, doi: 10.7307/ptt.v34i1.3846.
- [9] P. T. A. Motor, *Buku Pedoman Pemilik Toyota Avanza*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor, 2020.
- [10] A. Imran and M. Rasul, “Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32,” *J. Media Elektr.*, vol. 17, no. 2, pp. 2721–9100, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/mediaelektrik/article/view/14193>
- [11] R. Diharja, R. R. Laday, and M. Mardiono, “Analisis Luaran Hasil Pengukuran Back Gauge pada Kereta Ringan Berbasis Sensor Laser,” *El Sains J. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 2–7, 2021, doi: 10.30996/elsains.v3i2.5778.
- [12] N. Laković, M. Brkić, B. Batinić, J. Bajić, V. Rajs, and N. Kulundžić, “Application of low-cost VL53L0X ToF sensor for robot

environment detection,” *2019 18th Int. Symp. INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2019 - Proc.*, no. March, pp. 20–22, 2019, doi: 10.1109/INFOTEH.2019.8717779.

- [13] J. Riyanto and A. Wasid, “Perancangan Alat Bantu Parkir Mobil Berbasis Esp32-Cam Dan Sensor Jarak VL53L0X Menggunakan Vlc,” *J. Inform. dan Komputasi Media Bahasan, Anal. dan Apl.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: 10.56956/jiki.v17i1.173.
- [14] M. Bilal and Z. Asyikin, “Analisa dan Solusi Noise Sensor VL53L0X pada Berbagai Kondisi Cahaya,” *ResearchGate*, no. October, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.20123.90405.
- [15] S. H. Maharani and N. Kholis, “Studi Literatur: Pengaruh Penggunaan Sensor Gas Terhadap Presentase Nilai Error Karbonmonoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) Pada Prototipe Vehicle Gas Detector (VGD),” *J. Tek. Elektro*, vol. 09, no. x, pp. 569–578, 2020.