

**OPTIMALISASI KUALITAS PENGUKURAN DIMENSI COORDINATE
MEASURING MACHINE MITUTOYO CRYSTA-APEX V 7106 DI PT. TOYODA
GOSEI INDONESIA”**

Sahrul Gunawan¹, Komarudin²

^{1,2}Universitas Dian Nusantara

Email: 511211056@mahasiswa.undira.ac.id¹, komarudin@undira.ac.id²

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kualitas pengukuran dimensi dengan membandingkan kinerja *Coordinate Measuring Machine* (CMM) Mitutoyo Crysta-Apex V 7106 dan Caliper di PT. Toyota Gosei Indonesia. Latar belakang masalah adalah sering terjadinya perbedaan hasil ukur pada produk seperti *steering wheel*, *airbag*, dan *interior-exterior* yang disebabkan oleh akurasi alat ukur yang kurang. Perbandingan meliputi kestabilan, efisiensi waktu dan kualitas, akurasi, kepresisian, serta tingkat error atau penyimpangan (deviasi) dari hasil ukur master block kalibrasi. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengaplikasikan *Gauge Repeatability and Reproducibility* (GR&R). Pengambilan data dilakukan dalam dua tahap: pertama, pengukuran 1 sampel master block kalibrasi oleh 1 operator sebanyak 20 kali (berulang) menggunakan Caliper dan CMM; kedua, pengukuran 20 sampel master block kalibrasi oleh 2 operator (berurutan) sesuai nomor sampel menggunakan Caliper dan CMM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CMM memiliki efisiensi waktu 95% dibandingkan Caliper 51%. Efisiensi kualitas, akurasi, dan presisi CMM konsisten sempurna 100% (1.00), sementara Caliper berkisar antara 85-95% (0.85-0.95). Deviasi rata-rata CMM adalah 0.008 mm, sedangkan Caliper 0.042-0.046 mm. Disimpulkan bahwa CMM Mitutoyo Crysta-Apex V 7106 unggul dalam efisiensi waktu, akurasi, presisi, deviasi, dan kualitas pengukuran karena kemampuannya yang otomatis dan stabil dalam touching terhadap benda kerja.

Kata Kunci: CMM, Caliper, GR&R, Efisiensi, Akurasi, Presisi, Deviasi, Optimalisasi.

Abstract: This research aims to optimize the quality of dimensional measurements by comparing the performance of the Mitutoyo Crysta-Apex V 7106 Coordinate Measuring Machine (CMM) and Caliper at PT. Toyota Gosei Indonesia. The background of the problem is the frequent occurrence of measurement differences in products such as steering wheels, airbags, and interior-exterior parts, which are caused by a lack of accuracy in the measuring tools. The comparison includes stability, time and quality efficiency, accuracy, precision, and the level of error or deviation from the master calibration block measurement results. The research method uses a quantitative approach by applying Gauge Repeatability and Reproducibility (GR&R). Data collection was carried out in two stages: first, measuring 1 master calibration block sample by 1 operator 20 times (repeatedly) using both Caliper and CMM; second, measuring 20 master calibration block samples by 2 operators (sequentially) according to the sample number using both Caliper and CMM. The results show that the CMM has a time efficiency of 95% compared to the Caliper's 51%. The quality, accuracy, and precision efficiency of the CMM are consistently perfect at 100% (1.00), while the Caliper ranges from

85-95% (0.85-0.95). The average deviation of the CMM is 0.008 mm, while the Caliper is 0.042-0.046 mm. It is concluded that the Mitutoyo Crysta-Apex V 7106 CMM is superior in time efficiency, accuracy, precision, deviation, and measurement quality due to its automated and stable ability to touch the workpiece.

Keywords: CMM, Caliper, GR&R, Efficiency, Accuracy, Precision, Deviation, Optimization.

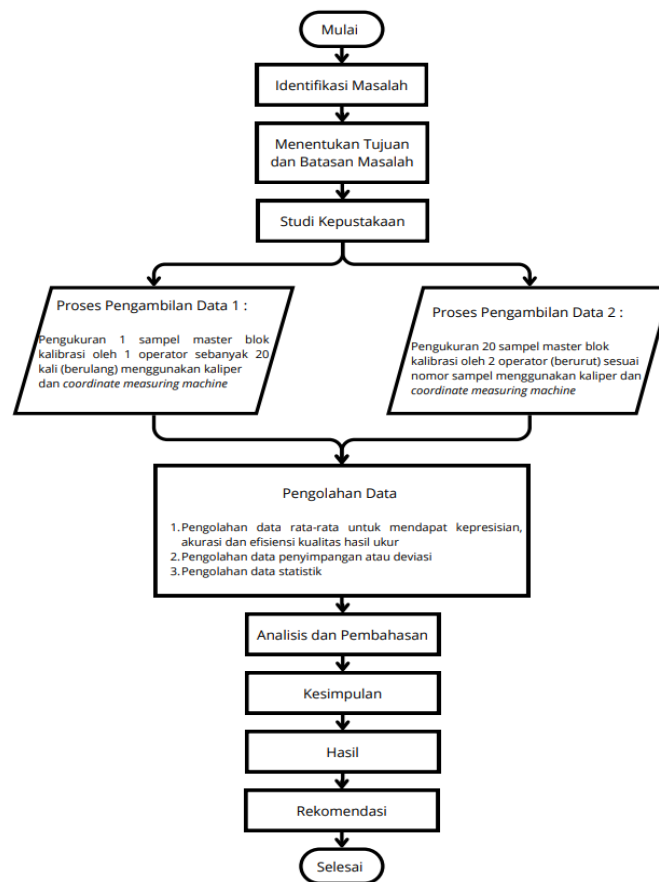
PENDAHULUAN

Kualitas dimensi merupakan aspek krusial dalam industri manufaktur, terutama pada komponen presisi seperti yang diproduksi di PT. Toyota Gosei Indonesia. Variasi hasil pengukuran pada produk seperti *steering wheel*, *airbag*, dan *interior-exterior* seringkali terjadi, mengindikasikan adanya isu akurasi pada alat ukur yang digunakan. Fenomena ini dapat menyebabkan ketidaksesuaian fungsional, kerugian material, hingga penurunan kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, kebutuhan akan teknologi pengukuran yang akurat dan konsisten menjadi sangat mendesak.

Coordinate Measuring Machine (CMM) telah menjadi instrumen vital dalam pengukuran presisi di berbagai industri manufaktur. CMM menawarkan kemampuan pengukuran tiga dimensi (X, Y, Z) dengan akurasi dan kecepatan tinggi, menjadikannya relevan untuk pengukuran komponen mesin yang kompleks. Model Mitutoyo Crysta-Apex V 7106, khususnya, dikenal dengan kecepatan dan keandalannya. Meskipun demikian, optimalisasi penggunaan CMM masih menghadapi tantangan, baik dari aspek teknik pengukuran, kalibrasi, maupun integrasi sistem produksi.

Penelitian ini berfokus pada perbandingan kinerja antara CMM Mitutoyo Crysta-Apex V 7106 dan Caliper. Perbandingan ini mencakup aspek kestabilan, efisiensi waktu dan kualitas, akurasi, kepresisian, serta tingkat penyimpangan (deviasi) hasil ukur. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang mendalam mengenai optimalisasi penggunaan CMM untuk peningkatan kualitas dimensi produk dan efisiensi produksi di industri manufaktur.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir

1) Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan ini menekankan pada hipotesis, spesifik, berupa angka, analisis statistik, fokus pada hasil, dan deduktif, sesuai dengan pendapat Marinu Waruwu (2023:2907). Data analisis berupa angka dan statistik akan disajikan untuk mendukung temuan.

2) Prosedur Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan metode Gauge Repeatability & Reproducibility (GR&R) untuk mengevaluasi kualitas sistem pengukuran (Sigit Budiantono et al., 2016). Prosedur pengambilan data dilakukan dalam dua tahap:

1. Pengukuran 1 sampel *master block kalibrasi* oleh 1 operator sebanyak 20 kali (berulang) menggunakan Caliper dan CMM.
2. Pengukuran 20 sampel *master block kalibrasi* oleh 2 operator (berurutan) sesuai nomor

sampel menggunakan Caliper dan CMM.

3. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian adalah dua manpower Quality Engineering Measuring PT. Toyoda Gosei Indonesia, yaitu Endang dan Aris, yang berperan langsung dalam menjaga kualitas dimensi produk. Objek penelitian adalah kepresisian, akurasi, dan deviasi hasil pengukuran dimensi master block kalibrasi menggunakan CMM dibandingkan dengan Caliper.

4. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Lab 3D Measuring Room PT. Toyoda Gosei Indonesia, Kawasan Industri KIIC, Jl. Industri Raya Lot MM-25, Margamulya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 4136. Lokasi ini dipilih karena memiliki fasilitas yang memadai. Waktu penelitian direncanakan berlangsung dari September 2024 hingga Agustus 2025.

5. Instrumen Penelitian

Instrumen utama yang digunakan adalah:

- CMM Mitutoyo Crysta-Apex V 7106: Rentang 0-500 mm, resolusi 0.001 mm, perangkat lunak MCOSMOS-1 v4.3, terkalibrasi.
- Digimatic Caliper Mitutoyo CD-15AX/B19265272: Rentang 0-150 mm, resolusi 0.01 mm, terkalibrasi.
- 20 *master block kalibrasi* Mitutoyo (S/N 2510020): Rentang 8-134 mm, material *Cr-Ni Steel*, terkalibrasi.
- *Stopwatch* (pada komputer) untuk mengukur waktu.

6. Spesifikasi Data dan Analisis

Jenis data yang digunakan adalah kuantitatif, diperoleh melalui pengujian alat ukur CMM dan Caliper dengan metode MSA (GR&R). Teknik analisis data adalah membandingkan hasil ukur kedua alat berdasarkan kepresisian, akurasi, deviasi, serta efisiensi waktu dan kualitas. Penyajian data menggunakan tabel, diagram, dan Control Chart untuk menganalisis kestabilan hasil ukur. Toleransi yang diterapkan berlandaskan pada general toleransi umum untuk ukuran linier sesuai ISO 2768.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengolahan Data Penelitian

Pengambilan data dilakukan sesuai prosedur yang ditetapkan. Data penelitian I melibatkan pengukuran 1 master kalibrasi oleh 1 operator (Endang) sebanyak 20 kali

menggunakan CMM dan Caliper. Data penelitian II melibatkan pengukuran 20 sampel master kalibrasi oleh 2 operator (Endang dan Aris) secara berurutan menggunakan CMM dan Caliper. Parameter pengukuran meliputi standar waktu (40 detik per master kalibrasi), penggunaan program otomatis CMM, kecepatan CMM (46 mm/s), dan parameter koordinat sistem CMM yang seragam.

2. Efisiensi Waktu dan Kualitas Hasil Pengukuran

- Efisiensi Waktu: CMM menunjukkan efisiensi waktu 95% ($40/42 \times 100\%$), sedangkan Caliper 51% ($40/78 \times 100\%$). Terdapat selisih 44% yang mengindikasikan CMM jauh lebih efisien dalam hal waktu pengukuran.
- Efisiensi Kualitas:
 - Data Penelitian I: CMM 100% (20 berhasil dari 20 pengukuran), Caliper 85% (17 berhasil dari 20 pengukuran).
 - Data Penelitian II: CMM oleh Endang dan Aris sama-sama 100%. Caliper oleh Endang 85% dan oleh Aris 95%. Ini menunjukkan CMM memberikan konsistensi kualitas yang sempurna.

3. Akurasi Hasil Pengukuran

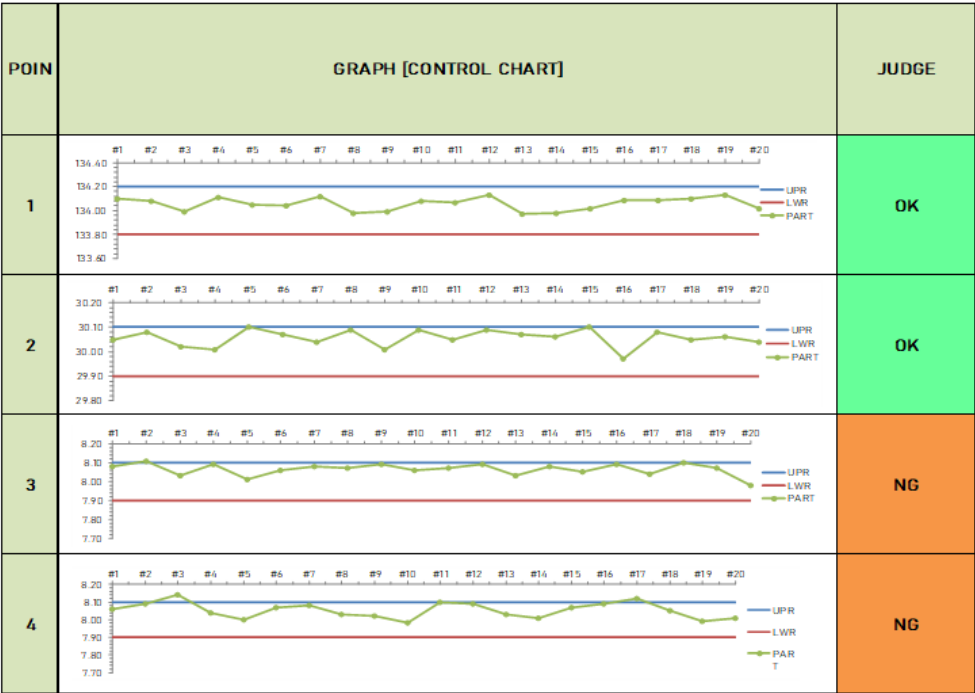
- Akurasi Data Penelitian I: CMM 100% (20 benar dari 20 percobaan), Caliper 85% (17 benar dari 20 percobaan).
- Akurasi Data Penelitian II: CMM oleh Endang dan Aris sama-sama 100%. Caliper oleh Endang 85% dan oleh Aris 95%. CMM secara konsisten menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dan stabil.

4. Kepresisian Hasil Pengukuran

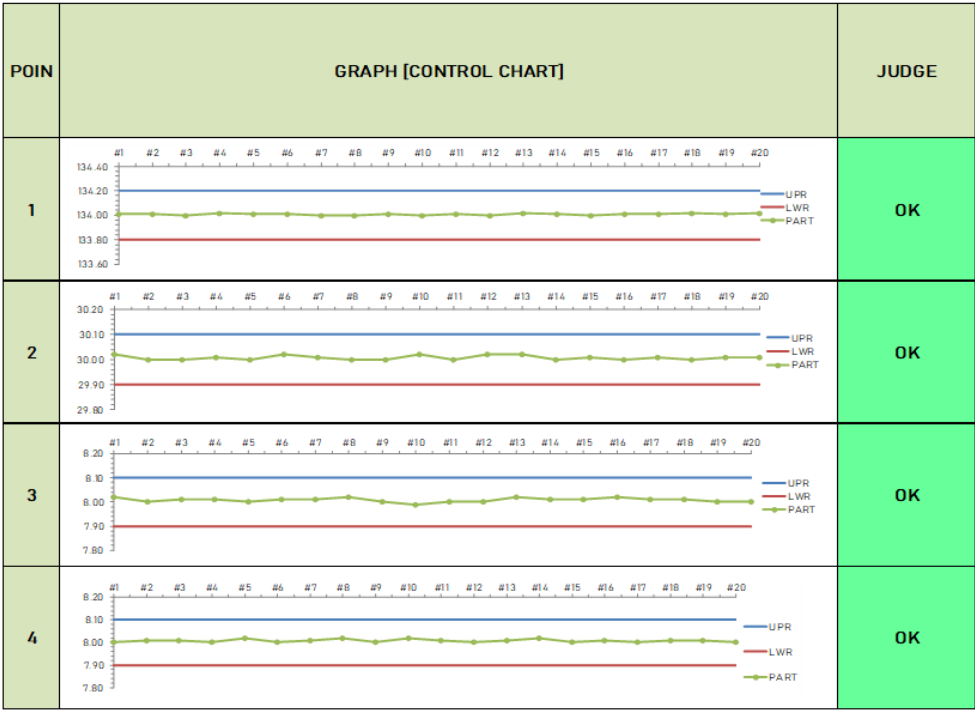
- Presisi Data Penelitian I: CMM 1.00 ($20/(20+0)$), Caliper 0.85 ($17/(17+3)$).
- Presisi Data Penelitian II: CMM oleh Endang dan Aris sama-sama 1.00. Caliper oleh Endang 0.85 dan oleh Aris 0.95. CMM menunjukkan tingkat kepresisian yang sempurna dan stabil, berbeda dengan Caliper yang menunjukkan variasi.

5. Deviasi dan Kestabilan Hasil Pengukuran

Analisis deviasi menggunakan rumus Excel ($=IFERROR(STDEV(SEL1:SEL2);"")$) dan grafik kestabilan (Control Chart).



Gambar 2. Grafik kestabilan hasil ukur Caliper



Gambar 3. Grafik kestabilan hasil ukur CMM

Pada kedua grafik terdapat keterangan sampel ukur percobaan sebanyak 20, batas upper dan lower limit, garis aktual hasil ukur serta keterangan OK atau NG. Dapat dilihat pada grafik hasil ukur menggunakan CMM lebih stabil dibandingkan hasil ukur Caliper.

$$\bar{x} \text{ Deviasi Caliper I} = \frac{\text{Total Data}}{\text{Jumlah Data}}$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi Caliper I} = \frac{0.054 + 0.034 + 0.033 + 0.045}{4} = 0.041$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi CMM I} = \frac{\text{Total Data}}{\text{Jumlah Data}}$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi CMM I} = \frac{0.007 + 0.008 + 0.009 + 0.008}{4} = 0.008$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi Caliper II Oleh Endang} = \frac{\text{Total Data}}{\text{Jumlah Data}}$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi Caliper II Oleh Endang} = \frac{0.045 + 0.044 + 0.039 + 0.041}{4} = 0.042$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi CMM II Oleh Endang} = \frac{\text{Total Data}}{\text{Jumlah Data}}$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi CMM II Oleh Endang} = \frac{0.008 + 0.009 + 0.008 + 0.008}{4} = 0.008$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi Caliper II Oleh Aris} = \frac{\text{Total Data}}{\text{Jumlah Data}}$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi Caliper II Oleh Aris} = \frac{0.050 + 0.045 + 0.044 + 0.045}{4} = 0.046$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi CMM II Oleh Aris} = \frac{\text{Total Data}}{\text{Jumlah Data}}$$

$$\bar{x} \text{ Deviasi CMM II Oleh Aris} = \frac{0.007 + 0.008 + 0.008 + 0.009}{4} = 0.008$$

- Deviasi Data Penelitian I: Rata-rata deviasi CMM adalah 0.008 mm, sedangkan Caliper 0.041 mm.
- Deviasi Data Penelitian II: Rata-rata deviasi CMM oleh Endang dan Aris sama-sama 0.008 mm. Rata-rata deviasi Caliper oleh Endang 0.042 mm dan oleh Aris 0.046 mm.

Hasil ini menunjukkan bahwa CMM memiliki tingkat penyimpangan yang sangat kecil, mendekati nol, dan sangat stabil. Grafik kestabilan juga memperkuat bahwa CMM memiliki data hasil ukur yang jauh lebih konsisten dan berada dalam batas kontrol yang sempit dibandingkan Caliper. Hal ini disebabkan mekanisme CMM yang menyentuh benda kerja dengan sensor *probe* secara otomatis dan stabil, menghasilkan titik sentuh yang tepat. Berbeda dengan Caliper yang dioperasikan manual, kekuatan otot tangan dan *feeling* operator yang berbeda-beda dapat menyebabkan hasil ukur tidak stabil dan kurang presisi.

Tabel 1. Ringkasan Data

Ringkasan Data Penelitian		
Kriteria Pengukuran	CMM	Caliper
Efisiensi Waktu	95%	51%
Efisiensi Kualitas	100% (1,00)	85-95% (0,85-0,95)
Akurasi	100%	85-95%
Presisi	1,00	0,85-0,95
Deviasi	0.008	0.042-0.046

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Tingkat efisiensi waktu pengukuran CMM jauh lebih baik dibandingkan Caliper. CMM mampu mengukur secara otomatis dengan program yang dapat disesuaikan, menjadikannya sangat efisien untuk pengukuran skala besar.
2. Akurasi, presisi, deviasi, dan efisiensi kualitas pengukuran CMM secara signifikan lebih unggul daripada Caliper. CMM mengukur dengan sentuhan halus sensor *probe* secara otomatis, memastikan titik sentuh yang stabil dan tepat. Sebaliknya, Caliper yang dioperasikan secara manual rentan terhadap variasi akibat perbedaan kekuatan otot tangan dan *feeling* operator, menghasilkan hasil ukur yang kurang stabil dan presisi. Dengan demikian, CMM terbukti lebih unggul dalam menjaga akurasi, presisi, deviasi, dan kestabilan hasil ukur untuk berbagai material padat.

Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, beberapa saran dapat diberikan:

1. Bagi perusahaan di industri manufaktur, disarankan untuk mengadopsi atau mengoptimalkan penggunaan CMM untuk menjaga kualitas dimensi produk. Tingkat akurasi dan presisi CMM yang tinggi menjadikannya aset utama dalam persaingan kualitas produk.
2. Perusahaan yang menekankan efisiensi waktu pengukuran sebaiknya memanfaatkan CMM. Fitur program otomatis CMM memungkinkan pengukuran skala besar secara efisien, sehingga meningkatkan produktivitas.
3. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan, disarankan bagi mahasiswa dan praktisi untuk mengikuti pelatihan atau pembelajaran mengenai pengoperasian CMM.

Kemampuan mengoperasikan CMM yang membutuhkan keahlian khusus dapat menjadi keunggulan kompetitif di dunia kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A. (2017). Analisis Efisiensi Waktu Pengukuran. Dimensi Menggunakan Mesin CMM Crysta Apex-S 9106 (Studi Kasus Di PT.ABT). Jurnal, Universitas Bakrie, Jakarta.
- Barbato, G., Vicario, G., & Levi, R. (2008). Measurement System Analysis. Statistical Practice in Business and Industry, 5(2), 239-305.
- Budiantono, S., dkk. (2016). Measurement System Analysis Repeatability dan Reproducibility (Gauge R&R) Pada alat Vickers Hardness Di PT. Files Indonesia. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Febriani, S. (2022). Analisis Deskriptif Standar Deviasi. Jurnal, Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, Riau.
- Huda, H., & Islahudin, N. (2021). Measurement System Analysis Pada Operator Pengecekan Visual Menggunakan Metode Attribute Agreement System Di Industri Manufaktur. Jurnal, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.
- Pratiwi, N. G., dkk. (2023). Aplikasi Analisis Sistem Pengukuran Pada Kalibrasi Internal Suhu. Jurnal, Pusat Riset Teknologi Pengujian dan Standar-BRIN, Tangerang Selatan.
- Ratlalan, R. M., & Valentie. (2024). Simulasi Hasil Pengukuran Dimensi Gauge Blocks Menggunakan Koordinat Measuring Machine Type Cryta-Apex S. Jurnal, Akademik Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Sulawesi Selatan.
- Santoso, D. R. (2017). Pengukuran Stress Mekanik Berbasis Sensor Piezoelektrik: Prinsip Desain dan Implementasi. Malang: <https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Akurasi>.
- Supriati. (2012). Metodologi Penelitian Komputerisasi Akuntansi. Bandung: LABKAT.
- Waruwu, M. (2023). Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method). Jurnal, Universitas Kristen Satya Wacana, Jawa Tengah.