



## METROLOGI DAN JAMINAN MUTU PENGUKURAN

Diterima:  
07 Februari 2026  
Direvisi:  
25 Februari 2026  
Diterbitkan:  
22 Maret 2026

Sucipto  
Akademisi dan Praktisi di Bidang Manajemen Pendidikan dan  
Ekonomi Pembangunan. STIMI Banjarmasin (Manajemen S1)  
Email: [kacipto321@gmail.com](mailto:kacipto321@gmail.com)

### Abstract

Dr. H. Sucipto, S.Pd., M.Si., M.Hum. **Metrologi dan Jaminan Mutu Pengukuran. 2026.** Akademisi dan Praktisi di Bidang Manajemen Pendidikan dan Ekonomi Pembangunan. STIMI Banjarmasin (Manajemen S1)

Metrologi merupakan disiplin ilmu yang berperan penting dalam menjamin keakuratan, konsistensi, dan ketertelusuran hasil pengukuran melalui standar, metode, dan sistem yang terstruktur. Dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, metrologi menjadi fondasi dalam meningkatkan kualitas produk, efisiensi proses industri, serta keandalan data ilmiah. Jaminan mutu pengukuran menjadi elemen kunci untuk memastikan bahwa setiap hasil ukur memenuhi prinsip validitas dan dapat diakui secara luas.

Kajian ini bertujuan untuk menganalisis peran metrologi dalam sistem jaminan mutu pengukuran serta implikasinya di berbagai sektor. Pendekatan yang digunakan adalah studi literatur dengan menelaah konsep ketertelusuran (*traceability*), kalibrasi, ketidakpastian pengukuran, serta penerapan standar internasional seperti ISO/IEC 17025 pada laboratorium pengujian dan kalibrasi.

Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan prinsip metrologi yang tepat mampu meningkatkan kepercayaan terhadap hasil pengukuran, mengurangi kesalahan, serta mendukung harmonisasi standar global. Meskipun demikian, implementasi masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur dan kompetensi sumber daya manusia. Oleh karena itu, integrasi metrologi dan jaminan mutu pengukuran menjadi aspek penting dalam mendukung kualitas, keselamatan, dan inovasi teknologi secara berkelanjutan.

### Kata Kunci

Metrologi; jaminan mutu; pengukuran; kalibrasi; ketertelusuran; akurasi pengukuran



## 1. Latar Belakang

Pengukuran yang akurat dan dapat dipercaya merupakan fondasi utama dalam berbagai bidang, termasuk ilmu pengetahuan, industri, dan perdagangan internasional. Keandalan hasil pengukuran tidak hanya menentukan mutu produk dan keselamatan konsumen, tetapi juga berperan penting dalam memperkuat daya saing suatu negara di pasar global. Hal ini terutama berkaitan dengan kemampuan sistem pengukuran untuk memiliki ketertelusuran terhadap standar nasional maupun internasional, sehingga hasil ukur dapat diakui secara luas dan konsisten (, 2024; Parakhat, 2025).

Dalam konteks tersebut, metrologi berkembang sebagai disiplin ilmu yang mengatur prinsip, metode, dan standar pengukuran secara sistematis. Metrologi mencakup tiga ranah utama, yaitu metrologi ilmiah yang berfokus pada pengembangan standar dasar, metrologi industri yang berkaitan dengan penerapan dalam proses produksi, serta metrologi legal yang memastikan kepatuhan terhadap regulasi. Ketiga aspek ini saling melengkapi dalam menjamin kualitas dan keabsahan hasil pengukuran (Brown, 2020; Parakhat, 2025).

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem pengukuran mengalami peningkatan kompleksitas yang signifikan. Kebutuhan akan akurasi tinggi dalam lingkungan digital terintegrasi mendorong adopsi teknologi metrologi presisi. Teknologi seperti *coordinate measuring machines (CMMs)*, *optical metrology*, dan *3D scanning* memungkinkan proses pengukuran dilakukan secara cepat, akurat, dan terintegrasi dalam sistem produksi modern (Olu-Lawal et al., 2024; Gao et al., 2019).

Pemanfaatan teknologi tersebut juga memungkinkan implementasi kontrol kualitas secara real-time, yang memberikan umpan balik langsung terhadap proses produksi. Dengan demikian, potensi kesalahan dapat diminimalkan sejak tahap awal, sehingga efisiensi dan kualitas produk dapat ditingkatkan secara signifikan.



Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam metrologi tidak hanya meningkatkan akurasi, tetapi juga mempercepat proses pengambilan keputusan dalam industri.

Selain pendekatan teknologi, metode statistik juga memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas pengukuran. Teknik seperti *Design of Experiments* (DOE) dan *Statistical Process Control* (SPC) digunakan untuk mengidentifikasi variabilitas proses dan mengurangi ketidakpastian pengukuran. Pendekatan ini memungkinkan pengendalian kualitas yang lebih sistematis dan berbasis data (Adeleke et al., 2024).

Dalam kerangka jaminan mutu, penerapan sistem metrologi yang terstandar menjadi sangat penting. Standarisasi memastikan bahwa setiap hasil pengukuran memenuhi persyaratan teknis dan regulasi yang berlaku. Namun, studi menunjukkan bahwa masih terdapat kesenjangan dalam penerapan budaya metrologi, terutama di negara berkembang, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dalam membangun keandalan sistem pengukuran (Júnior, 2022).

Di sektor kesehatan, misalnya, penerapan jaminan metrologi pada alat medis menjadi faktor krusial dalam menjamin keselamatan pasien dan efektivitas layanan kesehatan. Ketidakakuratan alat ukur dapat berdampak langsung pada diagnosis dan terapi yang diberikan. Oleh karena itu, harmonisasi regulasi dan peningkatan standar metrologi menjadi kebutuhan mendesak, khususnya di wilayah yang masih menghadapi keterbatasan sistem pengukuran (Farfán-Vargas et al., 2024).

Metrologi juga memiliki peran strategis dalam mendukung inovasi dan perkembangan ekonomi digital. Infrastruktur pengukuran yang andal memungkinkan proses penelitian dan pengembangan berjalan secara lebih akurat dan efisien. Investasi dalam riset metrologi serta penguatan regulasi menjadi faktor penting dalam meningkatkan daya saing teknologi suatu negara (Makarov, 2020).



Secara global, kolaborasi internasional dalam standarisasi metrologi memperkuat integrasi perdagangan dan kemajuan teknologi. Harmonisasi standar pengukuran memungkinkan hasil ukur dapat diterima secara universal, sehingga mempermudah pertukaran produk dan jasa antarnegara. Dengan demikian, metrologi tidak hanya berfungsi sebagai alat teknis, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam pembangunan ekonomi global (Parakhat, 2025).

Pada akhirnya, integrasi antara metrologi presisi, jaminan mutu berbasis standar internasional, serta pemanfaatan teknologi modern menjadi landasan penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Ketersediaan referensi yang menggabungkan aspek teoritis dan aplikatif sangat diperlukan untuk membangun pemahaman yang komprehensif mengenai sistem pengukuran profesional. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keandalan hasil ukur, tetapi juga memperkuat kesiapan industri dalam menghadapi tantangan globalisasi dan transformasi teknologi di masa depan (Olu-Lawal et al., 2024; Júnior, 2022; , 2024).

## 2. Metode

Penyusunan buku ini menggunakan pendekatan deskriptif-analitis dengan mengombinasikan kajian teoritis dan praktik empiris dalam bidang metrologi dan jaminan mutu. Materi disusun berdasarkan standar internasional dan referensi ilmiah yang relevan, seperti Sistem Satuan Internasional (SI), prinsip ketertelusuran, kalibrasi, serta pengukuran ketidakpastian.

Selain itu, buku ini juga mengintegrasikan berbagai standar mutu internasional, seperti ISO 10012 dan ISO/IEC 17025, yang menjadi acuan dalam pengelolaan sistem pengukuran di laboratorium dan industri. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa pembahasan tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga aplikatif dan sesuai dengan praktik terbaik (*best practices*) di tingkat global.



Penggunaan studi kasus dan contoh penerapan dalam berbagai sektor— seperti laboratorium pengujian, industri manufaktur, dan layanan kesehatan— memperkuat pemahaman pembaca terhadap implementasi nyata sistem pengukuran. Dengan demikian, pembaca dapat mengaitkan konsep teoritis dengan praktik lapangan secara lebih kontekstual dan kritis.

### **3. Pembahasan dan Hasil**

#### **1) Konsep dasar metrologi dan sistem satuan internasional (SI)**

Pembahasan diawali dengan penegasan bahwa metrologi merupakan fondasi utama dalam membangun sistem pengukuran yang andal melalui integrasi metrologi ilmiah, industri, dan legal. Ketiga aspek tersebut berperan dalam memastikan bahwa pengukuran tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga memiliki legitimasi hukum dan relevansi praktis dalam dunia industri. Sistem Satuan Internasional (SI) menjadi dasar utama dalam menjamin keseragaman hasil pengukuran secara global, sehingga memungkinkan harmonisasi standar dan memperlancar perdagangan internasional (, 2024; Parakhat, 2025).

#### **2) Ketertelusuran (traceability) dan kalibrasi sebagai jaminan keabsahan pengukuran**

Konsep ketertelusuran dijelaskan sebagai mekanisme yang menghubungkan hasil pengukuran dengan standar acuan melalui rantai kalibrasi yang berkesinambungan. Hal ini memastikan bahwa setiap hasil ukur dapat diverifikasi dan diakui secara internasional. Kalibrasi menjadi elemen penting dalam menjaga kesesuaian alat ukur terhadap standar, sehingga mengurangi potensi deviasi dan meningkatkan konsistensi hasil pengukuran (Gao et al., 2019; , 2024).

#### **3) Ketidakpastian pengukuran dan pendekatan statistik**

Aspek ketidakpastian pengukuran dipahami sebagai karakteristik inheren dalam setiap proses pengukuran yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, namun



dapat dikendalikan. Penggunaan metode statistik seperti *Design of Experiments* (DOE), *Statistical Process Control* (SPC), dan simulasi Monte Carlo memungkinkan identifikasi sumber variabilitas serta peningkatan tingkat kepercayaan terhadap hasil pengukuran. Pendekatan ini menjadi penting dalam menghasilkan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan (Adeleke et al., 2024; Olu-Lawal et al., 2024).

#### **4) Standarisasi dan jaminan mutu pengukuran**

Penerapan standar internasional seperti ISO 10012 dan ISO/IEC 17025 memberikan kerangka kerja yang sistematis dalam menjamin mutu pengukuran. Standar ini mengatur aspek kompetensi laboratorium, validitas metode, serta konsistensi hasil pengujian. Dengan adanya standarisasi, hasil pengukuran tidak hanya memiliki akurasi tinggi, tetapi juga memperoleh pengakuan luas dalam lingkup nasional dan internasional (Farfán-Vargas et al., 2024; Júnior, 2022).

#### **5) Pengendalian kualitas dan integrasi digital dalam metrologi**

Selain aspek teknis, jaminan mutu pengukuran juga mencakup pengendalian kualitas melalui audit, validasi, dan verifikasi metode. Proses ini memungkinkan deteksi kesalahan secara sistematis serta peningkatan akurasi pengukuran. Dalam perkembangan terkini, digitalisasi metrologi memungkinkan integrasi data secara real-time, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem pengukuran serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data (Olu-Lawal et al., 2024; Makarov, 2020; , 2024).

#### **6) Peran strategis metrologi dalam industri dan pembangunan ekonomi**

Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem pengukuran yang terstandar dan terjamin mutunya memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas produk, efisiensi proses produksi, serta kepercayaan konsumen. Selain itu, metrologi juga berperan sebagai infrastruktur penting dalam mendukung inovasi



teknologi dan ekonomi digital melalui penyediaan data pengukuran yang andal. Dengan demikian, penerapan metrologi yang tepat menjadi faktor kunci dalam meningkatkan daya saing industri di tingkat global (Parakhat, 2025; Makarov, 2020; , 2024).

#### 4. Penutup

##### Simpulan

Metrologi dan jaminan mutu pengukuran merupakan fondasi penting dalam memastikan keakuratan dan keandalan hasil ukur. Sistem pengukuran yang terstandar, terkalibrasi, dan memiliki ketertelusuran yang jelas akan menghasilkan data yang valid dan dapat dipercaya. Implementasi standar internasional serta pengendalian mutu yang baik menjadi kunci dalam meningkatkan kualitas dan daya saing di berbagai sektor.

##### Saran

Diperlukan peningkatan pemahaman dan penerapan sistem metrologi yang terstandar di berbagai sektor, khususnya di laboratorium dan industri. Selain itu, penguatan kapasitas sumber daya manusia, pemanfaatan teknologi digital, serta penerapan standar internasional secara konsisten perlu menjadi prioritas. Dengan demikian, sistem pengukuran yang andal dan berkelanjutan dapat diwujudkan untuk mendukung pembangunan berbasis kualitas.

##### Referensi

Adeleke, A. K., et al. (2024). Statistical techniques in precision metrology: Applications and best practices. *Engineering Science & Technology Journal*.

Barbosa, C. R. H., Louzada, D. R., & Costa-Felix, R. (2025). Introductory notes for the Acta IMEKO thematic issue on the 2023 SBM Metrology Conference – Part 1. *Acta IMEKO*, 14(2), 1-3. <https://doi.org/10.21014/actaimeko.v14i2.2141>

Borshch, V., et al. (2021). Verification, validation and metrological confirmation of measuring equipment for testing of armament and military equipment. *Scientific*



*Works of State Research Institute for Testing and Certification of Armament and Military Equipment.*

Chernikova, A., et al. (2019). Digitization and axiomatics in modern metrology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 497, 012130. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012130>

Durazzo, A., et al. (2022). Analytical challenges and metrological approaches to ensuring dietary supplement quality: International perspectives. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.892570>

Fanton, J. (2019). A brief history of metrology: Past, present, and future. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 10, Article 10. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2019005>

Farfán-Vargas, H. M., et al. (2024). Systematic review on the implementation of metrological assurance systems for medical devices in Latin America. *Frontiers in Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1281199>

Foken, W. (2021). Principles of measurements. In F. X. Meixner & T. Foken (Eds.), *Springer handbook of atmospheric measurements* (pp. 1–28). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-52171-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-52171-4_2)

Gao, W., et al. (2019). On-machine and in-process surface metrology for precision manufacturing. *CIRP Annals*, 68(2), 843–866. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.05.005>

Hazarian, E. (2025). The AI transformation in metrology and conformity assurance. *International Journal of Conformity Assessment*.

Lee, D. (2019). Big data quality assurance through data traceability: A case study of the National Standard Reference Data Program of Korea. *IEEE Access*, 7, 36294–36299. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2904286>

Leonov, O. A., & Shkaruba, N. Zh. (2020). Development of the management system for metrological assurance of measurements. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515, 032010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/3/032010>

Meškuotienė, A., et al. (2022). A review of metrological supervision: Towards the common understanding of metrological traceability in legal and industrial metrology. *MAPAN*, 37(2), 197–210.



Measurements and calculations as the subject matter of modern metrology. (2022). *Measurement Techniques*, 65(8), 675–686. <https://doi.org/10.1007/s11018-022-02089-2>

Olu-Lawal, K. A., et al. (2024). The role of precision metrology in enhancing manufacturing quality: A comprehensive review. *Engineering Science & Technology Journal*. <https://doi.org/10.51594/estj.v5i3.868>

Pendrill, L. (2019). *Quality assured measurement*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28695-8>

Razumić, A., et al. (2025). A review of methods for assessing the quality of measurement systems and results. *Applied Sciences*, 15.

Shimizu, Y., et al. (2020). An insight into optical metrology in manufacturing. *Measurement Science and Technology*, 32. <https://doi.org/10.1088/1361-6501/abc578>

Squara, P., et al. (2020). Metrology part 2: Procedures for the validation of major measurement quality criteria and measuring instrument properties. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 34, 29–50.

Theodorsson, E., et al. (2024). External quality assurance in the era of standardization. *Clinica Chimica Acta*. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2024.117876>