



Penguatan Kompetensi Metrologi Otomotif Siswa SMK melalui Kompetisi Praktik Pengukuran Tingkat Nasional

Windra Irdianto¹, Achmad Hamdan^{2*}, Gyantara Triesyunanda³, Nouval Akbar Ridza Ismail⁴, Louis Bezaleel Kurniawan⁵, Mario Leo Nardo⁶, Natasya Evaline J. Pratama⁷, Suci Chaerani Putri⁸

^{1,3,4,5} Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Universitas Negeri Malang, Indonesia, 65145

^{2,6,7,8} Program Studi Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Universitas Negeri Malang, Indonesia, 65145

E-mail:* achmad.hamdan.ft@um.ac.id

Doi : <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v7i3.3463>

Info Artikel:

Diterima :
2026-08-25

Diperbaiki :
2026-08-28

Disetujui :
2026-08-28

Kata Kunci: Metrologi
Otomotif; Kompetensi Siswa
SMK; Pengukuran; Kompetisi;
Pendidikan Vokasi

Abstrak: Kompetensi metrologi otomotif merupakan bagian penting dari keterampilan teknis karena berkaitan dengan ketepatan pengukuran, interpretasi hasil, dan pengambilan keputusan teknis. Kegiatan pengabdian ini bertujuan memperkuat kompetensi metrologi otomotif siswa SMK melalui kompetisi praktik pengukuran tingkat nasional. Kegiatan dilaksanakan dalam rangka VOCASPIRA Fest 2025 dengan melibatkan 88 siswa dari berbagai SMK otomotif di Indonesia. Metode kegiatan menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis kompetisi melalui orientasi teknis, praktik pengukuran, penilaian kinerja, penentuan finalis, serta evaluasi peserta. Sebanyak 88 peserta digunakan sebagai responden evaluasi dengan instrumen 10 butir skala Likert 1–5. Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata skor 4,48 dengan kategori sangat baik atau 89,6% dari skor maksimum. Aspek pengalaman praktik pengukuran memperoleh skor tertinggi sebesar 91,0%, sedangkan kemampuan menginterpretasikan hasil pengukuran mencapai 90,4%. Kegiatan memberikan pengalaman praktik yang kompetitif dan terstruktur untuk memperkuat ketelitian, presisi, interpretasi hasil pengukuran, dan kesiapan kompetensi siswa menghadapi kebutuhan industri otomotif.

Keywords: *Automotive Metrology; Vocational Students' Competence; Measurement; Competition; Vocational Education*

Abstract: *Automotive metrology competence is an important component of technical skills because it involves measurement accuracy, result interpretation, and technical decision-making. This community service activity aimed to strengthen the automotive metrology competence of vocational high school students through a national-level measurement skills competition. The activity was conducted as part of VOCASPIRA Fest 2025 and involved 88 students from automotive vocational schools across Indonesia. The activity used a competition-based learning approach consisting of technical orientation, practical measurement, performance assessment, finalist selection, and participant evaluation. A total of 88 participants were used as evaluation respondents using a 10-item questionnaire with a 1–5 Likert scale. The results showed an overall mean score of 4.48, categorized as very good, equivalent to 89.6% of the maximum score. The practical measurement experience aspect obtained the highest score of 91.0%, while participants' ability to interpret measurement results reached 90.4%. The activity provided a competitive and structured practical learning experience to strengthen students' accuracy, precision, measurement interpretation, and readiness to meet automotive industry competency requirements.*

Pendahuluan

Pengukuran merupakan bagian penting dalam inspeksi dan pengendalian kualitas pada industri otomotif karena hasil pengukuran digunakan untuk menilai kesesuaian fitur komponen, mengendalikan kesalahan ukur, dan mendukung keputusan teknis. Efektivitas pengendalian kualitas juga sangat bergantung pada kinerja sistem pengukuran, sehingga akurasi hasil ukur menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari proses inspeksi dan pengendalian mutu (Kiraci et al., 2020; Katona, 2021). Di lingkungan produksi, pengukuran dimensi seperti panjang dan diameter tetap menjadi bagian penting dalam pengambilan keputusan teknis, termasuk ketika proses pemantauan menggunakan kombinasi sistem digital dan alat ukur manual seperti *caliper* dan *height gauge* (Katona, 2021).

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kompetensi metrologi merupakan bagian penting dari kompetensi tenaga kerja otomotif. Penggunaan dan pemeliharaan alat ukur telah termasuk dalam kompetensi yang dibutuhkan pada pendidikan dan pekerjaan otomotif, sementara asesmen kompetensi juga menunjukkan adanya kesulitan peserta dalam menggunakan alat diagnostik dan menginterpretasikan kondisi mesin berbasis sensor (Nurtanto et al., 2020). Perkembangan kebutuhan industri juga menunjukkan bahwa kompetensi otomotif semakin menuntut

kemampuan teknis, diagnostik, dan penguasaan teknologi yang lebih kuat, bukan hanya keterampilan mekanis dasar (Hardiyanta et al., 2024; Rohman et al., 2026).

Kompetensi metrologi tidak terbatas pada kemampuan mengoperasikan alat ukur, tetapi mencakup pengetahuan teoritis, keterampilan praktis, ketelitian, interpretasi hasil, dan tanggung jawab terhadap keputusan yang dihasilkan dari suatu pengukuran. Kesalahan pengukuran dapat menghasilkan data yang tidak dapat diandalkan dan berujung pada keputusan teknis atau keputusan kesesuaian yang tidak tepat, bahkan ketika instrumen yang digunakan memiliki tingkat presisi tinggi (Gröschl et al., 2015; Menoncin et al., 2019; Dobilienė & Meškauskienė, 2024). Oleh karena itu, pendidikan metrologi perlu mengintegrasikan pengetahuan dasar, praktik pengukuran, evaluasi hasil, dan pemahaman terhadap ketidakpastian pengukuran.

Dalam pendidikan vokasi, penguatan kompetensi metrologi perlu diberikan melalui pengalaman belajar yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk menerapkan pengetahuan secara langsung. Pendidikan metrologi di sekolah teknik dan perguruan tinggi perlu mencakup pengetahuan dan keterampilan dasar pengukuran, sedangkan metode aktif seperti studi kasus dan pembelajaran berbasis proyek dapat memperkuat pembelajaran mengenai ketidakpastian pengukuran (Ibrahim et al., 2017; Bukrieva & Medvedovska, 2020). Asesmen berbasis kompetensi juga direkomendasikan dalam pendidikan vokasi karena memungkinkan ketercapaian hasil belajar dinilai secara lebih holistik (Yusop et al., 2022).

Pembelajaran praktik dapat diperkuat melalui pengalaman yang lebih autentik, menantang, dan terstruktur. Pengalaman praktik dan pembelajaran lapangan berkontribusi terhadap kesiapan kerja siswa SMK, sedangkan keterlibatan dalam pembelajaran praktik dapat memperkuat kompetensi belajar mendalam (Putra et al., 2025; Prianto et al., 2022). Dalam konteks tersebut, kompetisi keterampilan dapat menjadi pelengkap pembelajaran karena mendorong peserta menerapkan pengetahuan dan keterampilan pada tugas nyata, memecahkan masalah, dan bekerja berdasarkan kriteria performa tertentu (Wang et al., 2023; Liang et al., 2023). Kegiatan kompetitif juga memberikan situasi yang lebih terstruktur serta memungkinkan performa peserta dinilai berdasarkan kriteria yang selaras dengan kebutuhan kompetensi kerja (Oroh et al., 2023).

Berdasarkan kebutuhan tersebut, Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif Fakultas Vokasi Universitas Negeri Malang menyelenggarakan Kompetisi Metrologi Otomotif pada VOCASPIRA Fest 2025 dengan tema *“Vocational Skills Symphony for Sustainable Future”* pada 4 Mei 2025. Kegiatan diikuti oleh 88 peserta dari berbagai SMK otomotif di seluruh Indonesia, kemudian 20 peserta melanjutkan ke babak final.

Kompetisi menguji kemampuan peserta dalam menunjukkan akurasi, presisi, dan interpretasi hasil pengukuran, serta melibatkan juri profesional dari Balai Latihan Kerja (BLK) Singosari.

Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif Fakultas Vokasi Universitas Negeri Malang terlibat sebagai panitia pelaksana kegiatan. Keterlibatan tersebut mendukung persiapan teknis, koordinasi peserta, pengelolaan kegiatan, dan pelaksanaan kompetisi. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memperkuat kompetensi metrologi otomotif siswa SMK melalui pengalaman praktik pengukuran yang kompetitif dan terstruktur, meningkatkan ketelitian dan presisi dalam melakukan pengukuran, memperkuat kemampuan menginterpretasikan hasil pengukuran, serta mendukung kesiapan kompetensi siswa menghadapi kebutuhan dunia kerja otomotif.

Metode

Kegiatan pengabdian menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis kompetisi dan demonstrasi keterampilan. Pendekatan ini dipilih karena kompetisi keterampilan dapat memberikan pengalaman praktik yang autentik, menantang, dan berorientasi pada performa, sehingga peserta tidak hanya menerapkan pengetahuan tetapi juga menunjukkan keterampilan dalam situasi yang menyerupai tuntutan pekerjaan (Wang et al., 2023; Liang et al., 2023). Penilaian berbasis kriteria juga memungkinkan kompetensi praktik diamati secara lebih terstruktur (Oroh et al., 2023).

Kegiatan dilaksanakan pada 4 Mei 2025 dalam rangkaian VOCASPIRA Fest 2025 dan melibatkan 88 siswa SMK otomotif dari berbagai wilayah di Indonesia. Kegiatan diselenggarakan oleh Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif Fakultas Vokasi Universitas Negeri Malang dengan dukungan mahasiswa program studi sebagai panitia pelaksana. Penilaian dilakukan oleh juri yang memiliki pengalaman profesional di bidang pelatihan kerja, termasuk dari BLK Singosari.

Pelaksanaan kegiatan terdiri atas lima tahap utama, yaitu (1) registrasi dan orientasi teknis, (2) praktik pengukuran, (3) penilaian kinerja peserta, (4) penentuan finalis dan evaluasi hasil, serta (5) evaluasi kegiatan. Orientasi memberikan informasi mengenai mekanisme, aturan, waktu, alat, dan kriteria penilaian. Praktik pengukuran menjadi inti kegiatan, sedangkan penilaian kinerja dilakukan berdasarkan kemampuan peserta dalam melaksanakan prosedur, menghasilkan pengukuran yang akurat dan presisi, serta menginterpretasikan hasil. Sebanyak 20 peserta melanjutkan ke babak final berdasarkan hasil seleksi.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Kompetisi Metrologi Otomotif

Evaluasi kegiatan dilakukan terhadap 88 peserta menggunakan instrumen 10 butir pernyataan dengan skala Likert 1–5, yaitu 1 = sangat tidak setuju hingga 5 = sangat setuju. Aspek yang dievaluasi meliputi kejelasan teknis, relevansi kompetisi, pengalaman praktik, ketelitian pengukuran, pemahaman penggunaan alat, presisi hasil, interpretasi hasil pengukuran, sistem penilaian, motivasi belajar, dan kebermanfaatan kegiatan.

Data dianalisis secara deskriptif dengan menghitung rata-rata skor setiap aspek. Persentase capaian dihitung berdasarkan perbandingan skor rata-rata dengan skor maksimum, yaitu:

$$\text{Persentase capaian} = (\text{Rata-rata skor} / 5) \times 100\%$$

Kategori penilaian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Penilaian Respons Peserta

Rentang Skor	Kategori
1,00 – 1,80	Sangat Kurang
1,81 – 2,60	Kurang
2,61 – 3,40	Cukup
3,41 – 4,20	Baik
4,21 – 5,00	Sangat Baik

Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan Kompetisi Metrologi Otomotif

Kompetisi Metrologi Otomotif dilaksanakan pada **4 Mei 2025** sebagai bagian dari VOCASPIRA Fest 2025 dengan tema *“Vocational Skills Symphony for Sustainable Future”*. Kegiatan melibatkan 88 peserta dari berbagai SMK otomotif di Indonesia dan dirancang sebagai ajang pengembangan keterampilan vokasional tingkat nasional. Sebanyak 20 peserta melanjutkan ke babak final setelah melalui tahap seleksi awal.



Gambar 2. Pelaksanaan Kompetisi Metrologi Otomotif Tingkat Nasional

Kompetisi berfokus pada kemampuan peserta dalam menunjukkan akurasi, presisi, dan interpretasi hasil pengukuran. Peserta menyelesaikan tugas praktik dengan mengikuti prosedur dan batasan waktu yang telah ditentukan. Karakteristik tersebut sejalan dengan fungsi kompetisi keterampilan sebagai sarana untuk menerapkan pengetahuan pada tugas praktik, menyelesaikan masalah, dan bekerja berdasarkan kriteria performa tertentu (Liang et al., 2023; Wang et al., 2023).

Kegiatan juga melibatkan juri profesional dari Balai Latihan Kerja (BLK) Singosari sehingga proses penilaian memberikan perspektif eksternal terhadap performa peserta. Penilaian berbasis kriteria penting untuk memastikan keterampilan praktik dapat diamati secara objektif dan selaras dengan kebutuhan kompetensi kerja (Oroh et al., 2023).

Praktik Pengukuran sebagai Pengalaman Pembelajaran

Praktik pengukuran menjadi inti kegiatan karena peserta tidak hanya memahami konsep, tetapi juga menunjukkan kemampuan menggunakan alat,

mengikuti prosedur, membaca hasil, dan menyampaikan data pengukuran secara tepat. Kompetensi metrologi memang mencakup kombinasi pengetahuan dan keterampilan praktis, termasuk kemampuan mengevaluasi hasil pengukuran dan memahami konsekuensinya terhadap keputusan teknis (Dobilienė & Meškuotienė, 2015; De Magalhães et al., 2024).



Gambar 3. Peserta Melaksanakan Praktik Pengukuran dalam Kompetisi Metrologi Otomotif

Situasi kompetitif memberikan tantangan tambahan karena peserta harus bekerja secara teliti dalam kondisi waktu dan penilaian yang terstruktur. Kompetisi keterampilan dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih autentik karena peserta menerapkan pengetahuan dan keterampilan pada tugas yang berorientasi kinerja (Bland et al., 2016; Wang & Gao, 2026).

Dalam konteks pengukuran, ketelitian menjadi bagian penting karena penyimpangan kecil terhadap ukuran yang dipersyaratkan dapat memengaruhi hasil penilaian. Penelitian mengenai kompetisi keterampilan menunjukkan bahwa pengukuran dapat menjadi aspek penting dalam penilaian performa dan menuntut peserta memperhatikan ukuran serta ketepatan kerja secara konsisten (Tsai et al., 2020).

Penilaian Kinerja dan Penguatan Kompetensi

Penilaian kompetensi dilakukan berdasarkan performa peserta selama praktik, meliputi ketepatan prosedur, penggunaan alat, akurasi, presisi, dan interpretasi data. Pendekatan tersebut sesuai dengan prinsip *competency-based assessment* yang menilai ketercapaian kompetensi melalui performa yang dapat diamati dan kriteria yang jelas (Yusop et al., 2022; Oroh et al., 2023).

Keterlibatan juri profesional memberikan tambahan perspektif mengenai standar performa yang diharapkan pada konteks profesional. Literatur tentang kompetisi keterampilan menunjukkan bahwa keberadaan pihak eksternal atau ahli dapat memberikan umpan balik dan membantu peserta membandingkan kompetensinya dengan standar performa yang lebih dekat dengan dunia kerja (Li, 2025; Pengabdian et al., 2026). Berikut Gambar 4 dibawah ini hasil penjurian atau pemenang dari kompetisi metrologi otomotif ini.



Gambar 4. Hasil Penjurian atau Pemenang Kompetisi Metrologi Otomotif

Hasil Evaluasi Respons Peserta

Sebanyak 88 peserta menjadi responden evaluasi. Instrumen terdiri atas 10 pernyataan dengan skala Likert 1–5. Hasil evaluasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Respon Peserta terhadap terhadap Kompetisi Metrologi

No.	Aspek Evaluasi	Rerata Skor	Perse-ntase	Kategori
1	Kejelasan informasi dan teknis pelaksanaan kompetisi	4,51	90,2%	Sangat Baik
2	Kompetisi relevan dengan kompetensi keahlian otomotif	4,47	89,4%	Sangat Baik
3	Kegiatan memberikan pengalaman praktik pengukuran yang bermanfaat	4,55	91,0%	Sangat Baik
4	Kompetisi mendorong ketelitian dan ketepatan dalam melakukan pengukuran	4,49	89,8%	Sangat Baik
5	Kegiatan meningkatkan pemahaman penggunaan alat ukur otomotif	4,44	88,8%	Sangat Baik
6	Kegiatan membantu peserta memahami pentingnya presisi hasil pengukuran	4,46	89,2%	Sangat Baik
7	Peserta memperoleh pengalaman dalam menginterpretasikan hasil pengukuran	4,52	90,4%	Sangat Baik
8	Sistem penilaian memberikan gambaran terhadap kemampuan peserta	4,42	88,4%	Sangat Baik
9	Kompetisi meningkatkan motivasi untuk mengembangkan keterampilan otomotif	4,43	88,6%	Sangat Baik
10	Secara umum, kegiatan bermanfaat bagi pengembangan kompetensi peserta	4,50	90,0%	Sangat Baik
Rata-rata keseluruhan		4,48	89,6%	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 2, seluruh aspek berada pada kategori sangat baik, dengan rata-rata keseluruhan 4,48 atau 89,6% dari skor maksimum. Aspek pengalaman praktik pengukuran memperoleh skor tertinggi, yaitu 4,55 atau 91,0%, sedangkan kemampuan menginterpretasikan hasil pengukuran memperoleh 4,52 atau 90,4%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta menilai kegiatan memberikan pengalaman praktik yang relevan dan membantu mereka memahami bahwa pengukuran tidak berhenti pada penggunaan alat, tetapi juga mencakup interpretasi hasil.

Aspek pemahaman penggunaan alat ukur memperoleh skor 4,44 atau 88,8%, menjadi skor terendah meskipun tetap berada pada kategori sangat baik. Temuan ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan kegiatan lanjutan yang memberikan waktu praktik lebih banyak, terutama pada alat ukur tertentu dan teknik pengukuran

yang lebih kompleks. Penguatan keterampilan praktis secara berkelanjutan memang penting dalam pendidikan metrologi karena kompetensi tidak hanya mencakup pengetahuan, tetapi juga kemampuan melakukan pengukuran secara benar dan konsisten (Dobilienė & Meškauskienė, 2024; Gröschl et al., 2015).

Secara umum, hasil evaluasi menunjukkan bahwa kompetisi dapat berfungsi sebagai bentuk pengayaan pembelajaran praktik. Pengalaman kompetitif memberikan kesempatan kepada peserta untuk menerapkan pengetahuan pada situasi yang lebih menantang dan menghasilkan performa yang dapat dinilai berdasarkan kriteria tertentu (Wang et al., 2023; Liang et al., 2023).

Penguatan Kompetensi dan Kesiapan Siswa

Kompetisi memberikan pengalaman yang mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan praktik, ketelitian, presisi, dan interpretasi hasil pengukuran. Siswa tidak hanya dituntut mengetahui fungsi alat ukur, tetapi juga menunjukkan kemampuan menggunakan alat secara benar, mengikuti prosedur, menghasilkan data yang akurat, dan menginterpretasikan hasilnya. Integrasi pengetahuan dan keterampilan tersebut sejalan dengan kebutuhan pendidikan metrologi yang tidak hanya menekankan operasi alat, tetapi juga pemahaman prinsip pengukuran dan tanggung jawab terhadap hasilnya (Dobilienė & Meškauskienė, 2015; De Magalhães et al., 2024).

Pengalaman kompetisi dalam skala nasional juga memberikan kesempatan kepada peserta untuk membandingkan performa dengan siswa dari berbagai sekolah. Kondisi tersebut dapat memperkuat motivasi belajar dan mendorong peserta mengidentifikasi kompetensi yang masih perlu dikembangkan. Pengalaman praktik dan keterlibatan aktif dalam pembelajaran vokasi diketahui berkontribusi terhadap penguatan kompetensi dan kesiapan kerja siswa (Putra et al., 2025; Prianto et al., 2022).

Keterlibatan juri profesional turut memperkenalkan perspektif penilaian yang lebih dekat dengan kebutuhan kompetensi dunia kerja. Dengan demikian, kegiatan tidak hanya berfungsi sebagai kompetisi, tetapi juga menjadi wahana pembelajaran yang mempertemukan pengalaman praktik siswa dengan standar performa yang lebih terstruktur dan profesional.

Rekomendasi Tindak Lanjut

Berdasarkan hasil kegiatan, tindak lanjut dapat diarahkan pada pelatihan metrologi otomotif lanjutan, praktik penggunaan alat ukur yang lebih spesifik, simulasi pengukuran berbasis kasus industri, dan kompetisi berjenjang. Pengembangan tersebut dapat memperluas pengalaman peserta dalam menghadapi

variasi alat ukur, teknik pengukuran, interpretasi data, serta penilaian berbasis performa sehingga penguatan kompetensi metrologi tidak berhenti pada satu kali kegiatan.

Kesimpulan

Kompetisi Metrologi Otomotif pada VOCASPIRA Fest 2025 yang dilaksanakan pada 4 Mei 2025 memberikan pengalaman praktik dan kompetitif bagi 88 siswa SMK otomotif dari berbagai wilayah di Indonesia. Kegiatan berfokus pada akurasi, presisi, dan interpretasi hasil pengukuran serta melibatkan juri profesional dari BLK Singosari.

Hasil evaluasi menunjukkan rata-rata keseluruhan 4,48 atau 89,6% dengan kategori sangat baik. Aspek pengalaman praktik pengukuran memperoleh skor tertinggi sebesar 91,0%, sedangkan interpretasi hasil pengukuran mencapai 90,4%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kompetisi memberikan pengalaman yang relevan dalam memperkuat keterampilan metrologi, ketelitian, presisi, dan kesiapan kompetensi siswa. Kegiatan serupa dapat dikembangkan melalui pelatihan lanjutan, praktik alat ukur yang lebih spesifik, simulasi berbasis kasus industri, dan kompetisi berjenjang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Vokasi Universitas Negeri Malang, Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, seluruh mahasiswa yang terlibat sebagai panitia pelaksana, peserta dari berbagai SMK otomotif, tim juri, dan seluruh pihak yang mendukung pelaksanaan Kompetisi Metrologi Otomotif dalam VOCASPIRA Fest 2025. Apresiasi khusus disampaikan kepada Balai Latihan Kerja (BLK) Singosari atas keterlibatannya dalam proses penilaian kompetisi.

Referensi

- Alshahrani, A. (2024). The use of guest speakers in higher education and implications for pharmaceutical teaching: A systematic review of literature. *F1000Research*. <https://doi.org/10.12688/f1000research.153968.1>
- Bland, L., Kusano, S., & Johri, A. (2016). Engineering competitions as pathways to development of professional engineering skills. <https://doi.org/10.18260/p.26629>

- Bukrieieva, O. S., & Medvedovska, Y. S. (2020). Active methods in teaching measurement uncertainty. <https://doi.org/10.24027/2306-7039.3a.2020.217843>
- De Magalhães, W., Kalid, R., Da Cunha, F., Pellegrino, O., & De Oliveira, E. D. (2024). The importance of teaching metrology for chemistry undergraduate courses. *Brazilian Journal of Analytical Chemistry*. <https://doi.org/10.30744/brjac.2179-3425.rv-98-2023>
- Dobilienė, J., & Meškuotienė, A. (2015). Importance of education and competence maintenance in metrology field (measurement science). *Journal of Physics: Conference Series*, 588, 012013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/588/1/012013>
- Dobilienė, J., & Meškuotienė, A. (2024). Metrology personnel competencies: Their importance to the quality of measurements. *Measurement: Sensors*. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101325>
- Fastré, G., Van Der Klink, M. R., & Van Merriënboer, J. V. (2010). The effects of performance-based assessment criteria on student performance and self-assessment skills. *Advances in Health Sciences Education*, 15, 517–532. <https://doi.org/10.1007/s10459-009-9215-x>
- Gröschl, A., Gotz, J., Loderer, A., Bills, P., & Hausotte, T. (2015). Measures of improvement MUVoT, a blended learning course on the topic of measurement uncertainty for advanced vocational training. *Procedia CIRP*, 27, 111–116. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.04.052>
- Hardiyanta, R. A. P., Hermanto, H., Kurniawan, A., Purnawan, P., & Prakoso, I. E. (2024). Development of the automotive technology vocational education curriculum based on current needs of the automotive industry. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*. <https://doi.org/10.21831/jpvo.v6i2.73156>
- Ibrahim, S., Bills, P., & Allport, J. (2017). Situation of metrology education in developing countries using Nigeria as a case study. *Literacy Information and Computer Education Journal*, 8, 2751–2760. <https://doi.org/10.20533/licej.2040.2589.2017.0363>
- Katona, A. (2021). Validation of risk-based quality control techniques: A case study from the automotive industry. *Journal of Applied Statistics*, 49, 3236–3255. <https://doi.org/10.1080/02664763.2021.1936466>
- Kiraci, E., Palit, A., Donnelly, M. J., Attridge, A., & Williams, M. (2020). Comparison of in-line and off-line measurement systems using a calibrated industry representative artefact for automotive dimensional inspection. *Measurement*. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108027>

- Liang, M., Wang, S., Liang, M., & Zhang, J. (2023). The role of skills competitions in improving professional knowledge learning in vocational education. *Scientific and Social Research*. <https://doi.org/10.26689/ssr.v5i5.4886>
- Li, W. (2025). Exploration on the construction and enhancement strategies of vocational competitiveness of higher vocational students from the perspective of vocational skills competitions. *Journal of Exploration of Vocational Education*. <https://doi.org/10.63650/jeve.v1i1.23>
- Menoncin, M., Savio, E., Marxer, M., & Anwer, N. (2019). Integrated training in using different coordinate measuring systems to support digital manufacturing. *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.052>
- Nurtanto, M., Sofyan, H., Pardjono, P., & Suyitno, S. (2020). Development model for competency improvement and national vocational qualification support frames in automotive technology. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 9, 168–176. <https://doi.org/10.11591/ijere.v9i1.20447>
- Oroh, R., Attaufiq, M. M., Daud, M., & Roring, R. (2023). Analysis of vocational student performance criteria on work skills based on industry needs: An analysis for students' skill test instruments. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.10.10>
- Pengabdian, J., Masyarakat, K., Harianto, A., Azhar, M. M., Razaq, R., Tambunan, D., Juliansyah, R., Mauliza, S., Sanjaya, M., Tanady, D., Rivai, A., & Razaq, M. R. (2026). The role of academics as judges at the 8th UINSU Accounting Fair in enhancing students' accounting competencies. *GANDRUNG: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. <https://doi.org/10.36526/gandrung.v7i2.8262>
- Prianto, A., Qomariyah, U. K. N., & Firman, F. (2022). Does student involvement in practical learning strengthen deeper learning competencies? *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.2.12>
- Putra, B. J. M., Ichwanto, M. A., Suwarno, E., Alfianto, I., & Kiong, T. T. (2025). The effect of practical learning and field work practical experience on the work readiness of vocational school students. *LITERACY: International Scientific Journals of Social, Education, Humanities*. <https://doi.org/10.56910/literacy.v4i3.3194>
- Rohman, N., Sidik, R., & Suwantri, S. (2026). Bridging the competency gap: Aligning automotive vocational education with industrial standards in industrial work placement programs. *Journal of General Education and Humanities*. <https://doi.org/10.58421/gehu.v5i2.1328>

- Tsai, H.-C., Lee, A., Lee, H.-N., Chen, C.-N., & Liu, Y.-C. (2020). An application of the Fuzzy Delphi method and Fuzzy AHP on the discussion of training indicators for the regional competition, Taiwan National Skills Competition, in the trade of joinery. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12104290>
- Wang, C., & Gao, J. (2026). Enhancing the practical competence of undergraduates in big data majors through competition-based learning: A case study. *Frontiers in Educational Research*. <https://doi.org/10.25236/fer.2026.090528>
- Wang, S., Peng, F., & Feng, Z. (2023). The role of skills competitions in improving the practical ability of vocational college students. *Journal of Contemporary Educational Research*. <https://doi.org/10.26689/jcer.v7i2.4708>
- Yusop, S. R. M., Rasul, M., Yasin, R. M., Hashim, H., & Jalaludin, N. (2022). Assessment approaches and learning outcomes in technical and vocational education: A systematic review using PRISMA. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su14095225>