

Efektivitas *Practice-Based Training* pada Pelatihan *Dye Penetrant Test* (DPT) terhadap Peningkatan Kompetensi Siswa SMK

Muhammad Wildan Al Haq¹, Muhammad Dhafin Al Ghani*², Mochammad Rafly Mauluddin Syach³, Indra⁴, Akbar Nurcholis⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
*e-mail: muhammad.wildan12@mhs.itenas.ac.id¹, muhammad.dhafin@mhs.itenas.ac.id²,
mochammad.rafly@mhs.itenas.ac.id³, indra.12@mhs.itenas.ac.id⁴, akbar.nurcholis@mhs.itenas.ac.id⁵

Abstrak

Pelatihan *Non-Destructive Test* (NDT) dengan metode *Dye Penetrant Test* (DPT) merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kompetensi siswa SMK dalam mendeteksi cacat permukaan hasil pengelasan. Permasalahan utama yang dihadapi mitra adalah rendahnya pemahaman dan keterampilan siswa dalam melakukan inspeksi kualitas hasil las akibat belum terintegrasinya pembelajaran NDT dalam kurikulum. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi siswa melalui pendekatan *practice-based training*. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *one-group pre-test post-test* terhadap 35 siswa. Instrumen meliputi tes tertulis, lembar observasi, dan rubrik penilaian, dengan analisis menggunakan nilai rata-rata dan *normalized gain* (*g*). Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada seluruh aspek kompetensi, yaitu pemahaman teoritis (45,3 menjadi 82,7; $g = 0,68$), keterampilan praktik (25 menjadi 90; $g = 0,87$), dan identifikasi cacat (35 menjadi 88; $g = 0,82$). Pelatihan ini efektif dalam meningkatkan kompetensi kognitif dan psikomotorik siswa serta mendukung kesiapan kerja di bidang pengelasan. Dengan demikian, pelatihan DPT berbasis praktik dapat menjadi alternatif pembelajaran aplikatif dalam pendidikan vokasi.

Kata kunci: *Non-Destructive Test, Dye Penetrant Test, Practice-Based Training, Kompetensi Siswa, Pengelasan, SMK*

Abstract

Training on *Non-Destructive Testing* (NDT) using the *Dye Penetrant Test* (DPT) method is an effort to improve vocational high school students' competencies in detecting surface defects in welded joints. The main problem faced by the partner institution is the low level of students' understanding and skills in performing weld quality inspection due to the lack of integration of NDT learning within the curriculum. This study aims to improve students' competencies through a *practice-based training* approach. A quantitative approach with a *one-group pre-test post-test* design was employed involving 35 students. The instruments included a written test, observation sheet, and assessment rubric, with data analyzed using mean scores and *normalized gain* (*g*). The results showed significant improvements in all competency aspects, namely theoretical understanding (45.3 to 82.7; $g = 0.68$), practical skills (25 to 90; $g = 0.87$), and defect identification (35 to 88; $g = 0.82$). The training was effective in enhancing both cognitive and psychomotor competencies and supporting students' readiness for the welding industry. Therefore, *practice-based DPT* training can serve as an effective applied learning approach in vocational education.

Keywords: *Non-Destructive Testing, Dye Penetrant Test, Practice-Based Training, Student Competency, Welding, Vocational High School*

1. PENDAHULUAN

Non-Destructive Test (NDT) merupakan metode pengujian material atau komponen tanpa merusak struktur fisiknya yang memiliki peran penting dalam menjamin kualitas, keandalan, dan keselamatan produk teknik, khususnya pada bidang pengelasan (American Society for Nondestructive Testing, 2020). Salah satu metode NDT yang umum digunakan adalah *Dye Penetrant Test* (DPT), yang efektif dalam mendeteksi cacat permukaan seperti retak, porositas, dan diskontinuitas lainnya pada material logam maupun non-logam (ASTM International, 2018). Dalam industri manufaktur, kemampuan melakukan inspeksi hasil pengelasan menjadi kompetensi esensial yang harus dimiliki oleh tenaga kerja, karena kualitas sambungan las sangat menentukan integritas struktur suatu produk (Blitz & Simpson, 1996).

Dalam konteks pendidikan vokasi, penguasaan kompetensi inspeksi pengelasan menjadi sangat penting untuk meningkatkan kesiapan kerja siswa dalam menghadapi tuntutan industri (UNESCO, 2020). Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa masih terdapat kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki lulusan dengan kebutuhan industri, terutama dalam aspek keterampilan praktis dan kemampuan aplikasi di lapangan (Gessler & Siemer, 2020; Wibowo & Setiawan, 2019).



Gambar 1. SMKN 2 Kota Bandung

Gambar 1 menunjukkan SMKN 2 Kota Bandung sebagai salah satu institusi pendidikan vokasi yang memiliki program keahlian Teknik Pengelasan yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan industri. Namun, berdasarkan hasil observasi dan wawancara, diketahui bahwa siswa masih memiliki keterbatasan dalam memahami dan menerapkan metode pengujian kualitas hasil las, khususnya metode NDT. Keterbatasan ini disebabkan oleh belum terintegrasinya pembelajaran inspeksi *Non-Destructive Test* secara praktis dalam kurikulum pembelajaran. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan rendahnya kemampuan siswa dalam mengidentifikasi cacat pada hasil pengelasan serta kurang optimalnya kesiapan mereka dalam menghadapi dunia kerja (Wibowo & Setiawan, 2019).

Selain itu, pelaksanaan pelatihan NDT yang telah dilakukan sebelumnya umumnya masih bersifat konvensional dan berfokus pada penyampaian materi secara teoritis (*teacher-centered learning*). Pendekatan ini menyebabkan keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran menjadi terbatas, sehingga transfer pengetahuan ke dalam keterampilan praktis tidak berlangsung secara optimal. Akibatnya, siswa cenderung memahami konsep secara teoritis, namun mengalami kesulitan ketika dihadapkan pada kondisi nyata di lapangan, khususnya dalam melakukan inspeksi dan interpretasi hasil pengujian. Pendekatan pembelajaran aktif terbukti mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis peserta didik (Prince & Felder, 2006).

Keterbatasan tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan industri yang menuntut keterampilan aplikatif dengan proses pembelajaran yang masih berorientasi pada teori. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang mampu mengintegrasikan teori dan praktik secara langsung, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu mengaplikasikannya secara nyata.

Salah satu pendekatan yang relevan adalah *practice-based learning*, yang menekankan pada pembelajaran melalui pengalaman langsung (*learning by doing*) (Raelin, 2016; Yusof et al., 2019). Pendekatan ini terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan teknis peserta didik dalam pendidikan vokasi (Raelin, 2016; Sung & Choi, 2018; Yusof et al., 2019). Selain itu, pendekatan ini juga sejalan dengan teori *experiential learning* yang menyatakan bahwa proses pembelajaran akan lebih efektif apabila peserta terlibat langsung dalam aktivitas praktik dan refleksi pengalaman (Kolb, 2015; Pavlova, 2018).

Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa integrasi pembelajaran berbasis praktik dengan pendekatan *work-based learning* mampu meningkatkan keterampilan kerja, kemampuan *problem solving*, serta kesiapan kerja lulusan pendidikan vokasi (Gessler & Siemer, 2020; Salas et al., 2012). Oleh karena itu, penerapan metode pembelajaran yang berbasis praktik menjadi sangat relevan dalam konteks pendidikan teknik dan vokasi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada peningkatan kompetensi siswa melalui pelatihan *Non-Destructive Test* menggunakan metode *Dye Penetrant Test* berbasis *practice-based training*. Kebaruan dari kegiatan ini terletak pada integrasi pelatihan *Non-Destructive Test* (NDT), khususnya metode *Dye Penetrant Test* (DPT), ke dalam pembelajaran vokasi yang dilengkapi dengan pendekatan *practice-based training* berbasis standar internasional serta sistem evaluasi kuantitatif menggunakan *pre-test*, *post-test*, dan analisis *normalized gain*. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran peningkatan kompetensi siswa secara lebih objektif dan komprehensif, baik pada aspek kognitif, psikomotorik, maupun kemampuan analisis.

Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan kompetensi siswa baik secara teoritis maupun praktis, serta mendukung kesiapan mereka dalam menghadapi tuntutan industri di bidang teknik dan manufaktur.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi-experimental* menggunakan model *one-group pre-test post-test*. Desain ini digunakan untuk mengukur efektivitas pelatihan berbasis *practice-based training* dalam meningkatkan kompetensi siswa sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran perubahan kemampuan peserta secara langsung akibat intervensi yang diberikan (Hake, 1999).

2.1. Subjek dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMKN 2 Kota Bandung yang merupakan salah satu institusi pendidikan vokasi dengan program keahlian Teknik Pengelasan. Subjek penelitian terdiri dari 35 siswa kelas XI yang dipilih berdasarkan kesesuaian kompetensi dasar dengan materi pelatihan *Non-Destructive Test* (NDT). Seluruh peserta memiliki latar belakang pembelajaran pengelasan, namun belum mendapatkan pelatihan khusus terkait metode inspeksi *Dye Penetrant Test* (DPT).

2.2. Desain Penelitian

Desain *one-group pre-test post-test* digunakan untuk mengidentifikasi peningkatan kompetensi siswa dengan membandingkan hasil sebelum dan sesudah pelatihan. Pada tahap awal, peserta diberikan *pre-test* untuk mengukur kemampuan awal. Selanjutnya, peserta diberikan perlakuan berupa pelatihan berbasis praktik. Setelah itu, dilakukan *post-test* untuk mengukur peningkatan kompetensi.

Desain ini memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi efektivitas pelatihan secara langsung melalui perubahan skor yang diperoleh peserta, meskipun tanpa kelompok kontrol. Keterbatasan desain ini tetap dipertimbangkan dalam interpretasi hasil penelitian.

2.3. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari:

- Variabel bebas: metode *practice-based training* pada pelatihan DPT
- Variabel terikat: kompetensi siswa yang meliputi:
 - Pemahaman teoritis
 - Keterampilan praktik
 - Kemampuan identifikasi cacat

2.4. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dirancang untuk mengukur kompetensi siswa secara komprehensif, meliputi aspek kognitif dan psikomotorik, yaitu:

1. Tes Tertulis (Kognitif)

Digunakan untuk mengukur pemahaman siswa terhadap konsep dasar NDT, prinsip kerja DPT, serta prosedur pengujian. Tes disusun dalam bentuk pilihan ganda dan uraian singkat.

2. Lembar Observasi (Psikomotorik)

Digunakan untuk menilai keterampilan siswa dalam melakukan prosedur DPT secara langsung. Penilaian mencakup ketepatan langkah kerja, penggunaan alat, serta kepatuhan terhadap prosedur.

3. Rubrik Identifikasi Cacat

Digunakan untuk menilai kemampuan siswa dalam mengidentifikasi jenis cacat pada spesimen uji berdasarkan hasil pengujian.

Instrumen yang digunakan telah disesuaikan dengan standar prosedur *Non-Destructive Test* (NDT), khususnya mengacu pada ASTM E165/E165M tentang *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing* (ASTM International, 2018), serta diselaraskan dengan kebutuhan kompetensi dalam pendidikan vokasi di bidang pengelasan.

2.5. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis sebagai berikut:

1. Tahap *Pre-test* (Observasi Awal)

Pada tahap ini, dilakukan pengukuran kemampuan awal siswa melalui tes tertulis dan observasi awal. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperoleh data baseline terkait pemahaman dan keterampilan siswa sebelum pelatihan diberikan.

2. Tahap Implementasi Pelatihan

Implementasi pembelajaran dilakukan menggunakan pendekatan *practice-based training*, yang menekankan integrasi antara pemahaman konseptual dan keterampilan praktis melalui pengalaman langsung. Kegiatan ini meliputi:

- Penyampaian materi teoritis mengenai konsep dasar NDT dan DPT
- Diskusi interaktif untuk meningkatkan pemahaman
- Praktik langsung pengujian *Dye Penetrant Test*

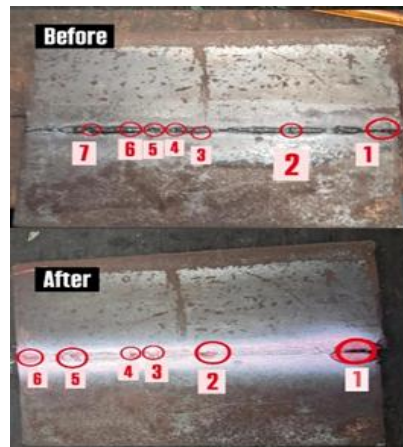


Gambar 2. Pembelajaran teori dan praktik DPT di SMKN 2 Kota Bandung.

Prosedur praktik *Dye Penetrant Test* (DPT) dilakukan sesuai standar yang mengacu pada ASTM E165/E165M – *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing* (ASTM International, 2018), dengan tahapan sebagai berikut:

- Pembersihan permukaan (*pre-cleaning*)
- Aplikasi *penetrant*
- Waktu *penetrasi* (*dwell time*)
- Pembersihan *penetrant*

- Aplikasi *developer*
- Interpretasi hasil pengujian
Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk memahami konsep secara langsung melalui pengalaman praktik.



Gambar 3. Interpretasi Spesimen Setelah Pengujian *Dye Penetrant Test* (DPT)

3. Tahap Pendampingan

Selama kegiatan praktik berlangsung, dilakukan pendampingan secara intensif oleh tim pengabdian untuk memastikan setiap peserta mampu mengikuti prosedur dengan benar. Pendampingan ini juga bertujuan untuk meminimalkan kesalahan serta meningkatkan kualitas pembelajaran.



Gambar 4. Tahap Pendampingan Pelaksanaan Pengujian *Dye Penetrant Test* (DPT)

4. Tahap *Post-test* (Evaluasi Akhir)

Setelah pelatihan selesai, dilakukan *post-test* untuk mengukur peningkatan kompetensi siswa. Evaluasi dilakukan menggunakan instrumen yang sama dengan *pre-test* untuk memastikan konsistensi pengukuran.

2.6. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Untuk mengukur efektivitas pelatihan secara kuantitatif, digunakan analisis *normalized gain (g)* yang mengacu pada (Hake, 1999), dengan persamaan sebagai berikut:

$$g = \frac{\text{post} - \text{pre}}{100 - \text{pre}}$$

Kriteria interpretasi nilai *gain* adalah sebagai berikut:

- $g < 0,3$ → rendah
- $0,3 \leq g \leq 0,7$ → sedang
- $g > 0,7$ → tinggi

Selain itu, data hasil observasi dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan peningkatan keterampilan praktik dan kemampuan identifikasi cacat siswa.

2.7. Validitas dan Keandalan Data

Untuk memastikan keabsahan data, dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas instrumen secara konseptual. Validitas isi (*content validity*) dijamin melalui penyusunan instrumen yang mengacu pada standar prosedur NDT, khususnya ASTM E165/E165M. Selain itu, validitas konstruk diperkuat melalui pengamatan langsung terhadap keterampilan praktik siswa selama pelatihan.

Reliabilitas data dijaga melalui penggunaan instrumen yang sama pada *pre-test* dan *post-test*, sehingga hasil pengukuran dapat dibandingkan secara konsisten. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh akurat dan dapat dipercaya dalam merepresentasikan peningkatan kompetensi siswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pelatihan *Non-Destructive Test* (NDT) menggunakan metode *Dye Penetrant Test* (DPT) yang dilaksanakan pada siswa SMKN 2 Kota Bandung bertujuan untuk meningkatkan kompetensi siswa pada aspek kognitif dan psikomotorik. Evaluasi terhadap efektivitas pelatihan dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test*, serta pengamatan langsung terhadap keterampilan praktik dan kemampuan identifikasi cacat.

Analisis hasil difokuskan pada tiga indikator utama kompetensi, yaitu pemahaman teoritis, keterampilan praktik, dan kemampuan identifikasi cacat. Ketiga indikator ini dipilih karena mewakili kompetensi inti dalam pelaksanaan inspeksi *Non-Destructive Test* di bidang pengelasan.

3.1. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap 35 siswa, diperoleh data peningkatan kompetensi yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Pre-test dan Post-test

Aspek	Pre-test (Mean)	Post-test (Mean)	Peningkatan (Poin)
Pemahaman Teoritis	45,3	82,7	+37,4
Keterampilan Praktik	25	90	+65
Identifikasi Cacat	35	88	+53

Tabel tersebut menunjukkan bahwa seluruh indikator kompetensi mengalami peningkatan setelah pelatihan dilaksanakan. Peningkatan paling tinggi terjadi pada aspek keterampilan praktik, sedangkan peningkatan pada aspek pemahaman teoritis dan identifikasi cacat juga menunjukkan tren yang signifikan.

3.2. Analisis Peningkatan Kompetensi

Untuk mengukur tingkat efektivitas pelatihan secara kuantitatif, digunakan analisis *normalized gain (g)* sebagai berikut:

$$g_{teori} = \frac{82,7 - 45,3}{100 - 45,3} = 0,68$$

$$g_{praktik} = \frac{90 - 25}{100 - 25} = 0,87$$

$$g_{identifikasi} = \frac{88 - 35}{100 - 35} = 0,82$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *normalized gain* pada aspek pemahaman teoritis sebesar 0,68 yang termasuk dalam kategori sedang, sedangkan pada aspek keterampilan

praktik dan identifikasi cacat masing-masing sebesar 0,87 dan 0,82 yang termasuk dalam kategori tinggi.

Temuan ini menunjukkan bahwa pelatihan berbasis *practice-based training* tidak hanya efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa, tetapi juga sangat efektif dalam meningkatkan keterampilan praktik dan kemampuan identifikasi cacat. Nilai *gain* yang lebih tinggi pada aspek psikomotorik mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis praktik lebih optimal dalam mengembangkan keterampilan aplikatif dibandingkan aspek kognitif.

3.3. Pembahasan

Peningkatan kompetensi siswa terjadi secara konsisten pada seluruh aspek, dengan peningkatan paling signifikan pada keterampilan praktik yang mengalami kenaikan sebesar 65 poin. Hal ini menunjukkan bahwa metode *practice-based training* sangat efektif dalam meningkatkan kemampuan psikomotorik siswa melalui pembelajaran berbasis pengalaman langsung (*learning by doing*).

Pada aspek pemahaman teoritis, terjadi peningkatan dari 45,3 menjadi 82,7 dengan selisih sebesar 37,4 poin. Peningkatan ini menunjukkan bahwa integrasi antara penyampaian materi dan praktik langsung mampu memperkuat pemahaman konseptual siswa. Melalui pengalaman praktik, siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga mengaitkan konsep dengan aplikasi nyata, sehingga pemahaman menjadi lebih mendalam.

Dalam pendidikan vokasi, keterampilan psikomotorik berkembang lebih optimal ketika peserta didik terlibat langsung dalam aktivitas praktik dibandingkan pembelajaran yang bersifat teoritis (Billett, 2016). Hal ini menjelaskan mengapa peningkatan pada aspek praktik lebih tinggi dibandingkan aspek teoritis. Meskipun demikian, peningkatan pada aspek pemahaman teoritis tetap menunjukkan hasil yang signifikan.

Selain itu, tingginya peningkatan pada aspek praktik juga dipengaruhi oleh adanya pendampingan selama kegiatan berlangsung. Pendampingan memungkinkan siswa memperoleh umpan balik secara langsung, sehingga kesalahan dapat segera diperbaiki dan proses pembelajaran menjadi lebih efektif.

Peningkatan kemampuan identifikasi cacat dari 35 menjadi 88 dengan selisih sebesar 53 poin menunjukkan bahwa siswa telah mencapai tingkat pemahaman yang lebih tinggi, yaitu mampu melakukan analisis terhadap hasil pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran tidak hanya berada pada tahap prosedural, tetapi telah berkembang ke arah kemampuan interpretatif dalam mengevaluasi hasil inspeksi.

Dari perspektif teori pembelajaran, hasil ini sejalan dengan konsep *experiential learning* yang dikemukakan oleh Kolb (2015), dimana pembelajaran efektif terjadi melalui pengalaman konkret, refleksi, dan penerapan langsung. Selain itu, penelitian (Yusof et al., 2019) juga menunjukkan bahwa *practice-based learning* mampu meningkatkan kompetensi teknis secara signifikan dalam pendidikan vokasi.

Tingginya tingkat partisipasi siswa selama kegiatan berlangsung (>90%) juga menjadi faktor pendukung keberhasilan pelatihan. Keterlibatan aktif ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan mampu menciptakan lingkungan pembelajaran yang interaktif dan aplikatif, sehingga meningkatkan efektivitas proses pembelajaran secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Metode *practice-based training* terbukti efektif dalam meningkatkan kompetensi siswa SMK pada bidang inspeksi hasil pengelasan. Peningkatan ini terlihat pada aspek pemahaman teoritis, keterampilan praktik, serta kemampuan identifikasi cacat yang merupakan kompetensi inti dalam pengujian material.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis praktik mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan aplikasi di lapangan. Keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan psikomotorik dan pemahaman konseptual secara simultan. Hal ini menegaskan bahwa metode *practice-based*

training memiliki relevansi yang tinggi dalam pendidikan vokasi yang berorientasi pada kesiapan kerja.

Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi pelatihan NDT berbasis praktik ke dalam kurikulum SMK berpotensi meningkatkan kualitas lulusan, khususnya dalam memenuhi kebutuhan industri yang menuntut keterampilan teknis dan kemampuan analitis dalam inspeksi pengelasan. Selain itu, pendekatan ini dapat menjadi alternatif pembelajaran yang lebih aplikatif dibandingkan metode konvensional yang cenderung bersifat teoritis.

Rekomendasi yang dapat diberikan adalah perlunya pengembangan kurikulum terkait *Non-Destructive Test* (NDT), khususnya metode *Dye Penetrant Test* (DPT), yang terintegrasi dengan standar seperti ASTM E165/E165M, serta didukung oleh fasilitas laboratorium yang memadai untuk menunjang pembelajaran berbasis praktik. Implementasi ini diharapkan mampu meningkatkan keselarasan antara kompetensi lulusan dengan kebutuhan industri. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen yang lebih komprehensif dengan melibatkan kelompok kontrol serta jumlah sampel yang lebih besar guna meningkatkan validitas dan generalisasi hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Billett, S. (2016). Apprenticeship as a mode of learning and model of education. *Education + Training*, 58(6), 613–628. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2016-0001>
- Blitz, J., & Simpson, G. (1996). *Ultrasonic Methods of Non-Destructive Testing*. Springer.
- Gessler, M., & Siemer, C. (2020). Bridging the gap between theory and practice in vocational education. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 7(3), 1–15.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*.
- ASTM International. (2018). *ASTM E165/E165M-18: Standard practice for liquid penetrant testing*. ASTM International.
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Pearson Education.
- Pavlova, M. (2018). *Technology and Vocational Education for Sustainable Development*. Springer.
- Prince, M., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Raelin, J. A. (2016). Work-based learning: Bridging knowledge and action in the workplace. *New Directions for Teaching and Learning*, 145, 21–30. <https://doi.org/10.1002/tl.20176>
- Salas, E., Tannenbaum, S. I., Kraiger, K., & Smith-Jentsch, K. A. (2012). The science of training and development in organizations. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(2), 74–101. <https://doi.org/10.1177/1529100612436661>
- Sung, J., & Choi, M. (2018). Effects of practice-based learning on student performance in vocational education. *Journal of Vocational Education & Training*, 70(3), 1–15.
- American Society for Nondestructive Testing. (2020). *Nondestructive testing handbook*. ASNT.
- UNESCO. (2020). *Strategy for Technical and Vocational Education and Training (TVET)*. UNESCO.
- Wibowo, S. A., & Setiawan, A. (2019). Analisis Kesiapan Kerja Siswa SMK dalam Menghadapi Dunia Industri. *Jurnal Pendidikan Teknik*, 9(2), 85–92.
- Yusof, Y., Roddin, R., & Awang, H. (2019). Practice-based learning in technical education: Enhancing student competency. *Journal of Technical Education and Training*, 11(3), 45–53.