

## **PENGARUH PENERAPAN MODEL DISCOVERY LEARNING MELALUI TRAINER BOARD KELISTRIKAN BLDC (BRUSHLESS DIRECT CURRENT) SEPEDA LISTRIK TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA PADA KOMPETENSI KEAHLIAN TEKNIK SEPEDA MOTOR DI SMK NEGERI 1 SURUH**

**Renanda Febrian Prasetyo**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: renanda.19022@mhs.unesa.ac.id

**Wahyu Dwi Kurniawan**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: wahyukurniawan@unesa.ac.id

### **Abstrak**

Perkembangan teknologi kendaraan listrik menuntut penyesuaian kompetensi kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), khususnya pada konsentrasi keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan model Discovery Learning menggunakan media Trainer Board Kelistrikan Brushless Direct Current (BLDC) Sepeda Listrik terhadap efektivitas hasil belajar siswa di SMK Negeri 1 Suruh. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimen semu (Quasi-Experimental) dengan desain Nonequivalent Control Group Design. Populasi penelitian mencakup seluruh siswa kelas XI TSM SMK Negeri 1 Suruh. Pengambilan sampel dilakukan melalui teknik purposive sampling yang melibatkan dua kelas, yaitu kelas XI TSM 2 sebagai kelas eksperimen (menggunakan Trainer Board BLDC berbasis Discovery Learning) dan kelas XI TSM 1 sebagai kelas kontrol (menggunakan model pembelajaran konvensional). Data dikumpulkan melalui instrumen tes objektif (pretest dan posttest) untuk mengukur capaian kognitif, serta lembar observasi untuk menilai keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas psikomotorik siswa. Data dianalisis menggunakan uji Independent Sample t-test dan indeks Normalized Gain (N-Gain). Hasil penelitian menunjukkan keterlaksanaan pengajaran guru mencapai 93,75% (Sangat Baik) dan keaktifan siswa mencapai 89,58% (Sangat Aktif). Uji hipotesis t-test menghasilkan signifikansi 0,000 ( $\alpha < 0,05$ ), membuktikan adanya pengaruh positif dan signifikan dari penggunaan media tersebut terhadap hasil belajar siswa. Tingkat efektivitas peningkatan hasil belajar kelas eksperimen tergolong Tinggi dengan indeks N-Gain sebesar 0,71, melampaui kelas kontrol yang hanya memperoleh 0,34 (Kategori Sedang). Kombinasi media peraga dan model penemuan ini terbukti efektif memfasilitasi siswa menemukan konsep kelistrikan serta memecahkan masalah (troubleshooting) secara mandiri.

**Kata Kunci:** Discovery Learning; Efektivitas Pembelajaran; Hasil Belajar; Kelistrikan BLDC; Trainer Board

### **Abstract**

*Advances in electric vehicle technology require adjustments to the curriculum competencies of Vocational High Schools (SMK), particularly in the Motorcycle Engineering (TSM) specialization. This study aims to determine the effect of implementing the Discovery Learning model using a Brushless Direct Current (BLDC) Electric Bicycle Electrical Trainer Board on the effectiveness of student learning outcomes at SMK Negeri 1 Suruh. The research method employed a quasi-experimental quantitative approach with a Nonequivalent Control Group Design. The study population included all 11th-grade TSM students at SMK Negeri 1 Suruh. Sampling was conducted using purposive sampling, involving two classes: 11th-grade TSM Class 2 as the experimental class (using the BLDC Trainer Board based on Discovery Learning) and 11th-grade TSM Class 1 as the control class (using the conventional learning model). Data were collected using objective test instruments (pretest and posttest) to measure cognitive achievement, as well as observation sheets to assess the implementation of instruction and students' psychomotor activities. Data were analyzed using the Independent Samples t-test and the Normalized Gain (N-Gain) index. The results of the study showed that the implementation of teaching by the teacher reached 93.75% (Very Good) and student activity reached 89.58% (Very Active). The t-test hypothesis test yielded a significance level of 0.000 ( $\alpha < 0.05$ ), proving a positive and significant effect of the use of this teaching aid on student learning outcomes. The level of effectiveness in improving learning outcomes in the experimental class was classified as High, with an N-Gain index of 0.71, surpassing the control class, which achieved only 0.34 (Moderate category). The combination of visual aids and the Discovery Learning model proved effective in facilitating students' independent discovery of electrical concepts and problem-solving (troubleshooting).*

**Keywords:** Discovery Learning; Learning Effectiveness; Learning Outcomes; BLDC Electronics; Trainer Board

## **PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi otomotif global saat ini tengah mengalami transisi besar dari kendaraan berbahan bakar fosil (Internal Combustion Engine) menuju kendaraan ramah lingkungan, khususnya kendaraan listrik (Electric

Vehicle). Pemerintah Indonesia merespons perubahan iklim dan ketahanan energi ini melalui berbagai kebijakan strategis, termasuk percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB). Kondisi ini secara langsung menuntut dunia pendidikan vokasi, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) pada

program keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM), untuk segera merespons dan menyelaraskan kurikulum serta kompetensi lulusannya agar relevan dengan kebutuhan industri otomotif masa depan.

Salah satu komponen paling krusial dalam kendaraan listrik adalah sistem penggerak motor. Saat ini, motor BLDC (Brushless Direct Current) menjadi standar industri pada sebagian besar sepeda motor dan sepeda listrik karena memiliki efisiensi yang tinggi, perawatan yang minim, serta durabilitas yang sangat baik. Namun, proses pembelajaran sistem kelistrikan di institusi pendidikan kejuruan masih banyak yang didominasi oleh materi kelistrikan konvensional. Siswa seringkali mengalami kesulitan dalam memahami konsep kelistrikan BLDC yang melibatkan integrasi komponen elektronik cerdas dan kompleks, seperti Electronic Control Unit/Controller dan BMS (Battery Management System). Pemahaman konsep ini sangat sulit dicapai jika siswa hanya terpaku pada pembelajaran teoretis melalui metode ceramah atau buku teks karena sifat kelistrikan yang abstrak.

Kondisi serupa dialami di SMK Negeri 1 Suruh, di mana ketersediaan media pembelajaran atau alat peraga praktik yang representatif untuk sistem kelistrikan kendaraan listrik modern masih sangat terbatas. Ketidakadaan fasilitas media praktik langsung ini menyebabkan motivasi belajar menurun dan pencapaian kompetensi siswa pada materi kelistrikan tingkat lanjut belum mencapai kriteria ketuntasan yang diharapkan. Untuk mengatasi kesenjangan antara tuntutan kompetensi industri dan kondisi pembelajaran di kelas, diperlukan sebuah inovasi penerapan media pembelajaran fisik berupa Trainer Board Kelistrikan BLDC yang diintegrasikan dengan model pembelajaran Discovery Learning.

Model pembelajaran Discovery Learning berpusat pada siswa (student-centered), yang secara aktif mendorong siswa untuk mencari, menemukan, dan merumuskan konsep kerja kelistrikan secara mandiri melalui observasi dan praktik langsung di papan trainer. Melalui sintaks operasional yang terstruktur mulai dari tahap stimulasi, identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, verifikasi, hingga penarikan kesimpulan, siswa dapat membangun memori otot (muscle memory) dan nalar kritis secara bersamaan.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan: (1) mengukur tingkat kelayakan Trainer Board Kelistrikan BLDC Sepeda Listrik sebelum diimplementasikan; (2) menguji dan membuktikan pengaruh penggunaan Trainer Board Kelistrikan BLDC berbasis Discovery Learning terhadap capaian hasil belajar siswa kelas XI TSM SMK Negeri 1 Suruh; serta (3) menghitung persentase tingkat efektivitas penggunaannya dalam meningkatkan kompetensi praktik kelistrikan sepeda motor siswa.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen semu (Quasi-Experimental Design). Desain spesifik yang digunakan adalah Nonequivalent Control Group Design, di mana terdapat kelompok eksperimen yang diberikan perlakuan dan

kelompok kontrol yang tidak diberikan perlakuan spesifik (menggunakan metode konvensional). Kedua kelompok diberikan tes awal (pretest) dan tes akhir (posttest) untuk mengukur tingkat pemahaman kognitif.

## Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI pada program keahlian Teknik Sepeda Motor (TSM) di SMK Negeri 1 Suruh. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah Purposive Sampling dengan mempertimbangkan kesamaan rata-rata kemampuan akademik awal. Sampel yang digunakan meliputi Kelas XI TSM 1 sebagai Kelompok Kontrol (pembelajaran konvensional) dan Kelas XI TSM 2 sebagai Kelompok Eksperimen (pembelajaran menggunakan Trainer Board kelistrikan BLDC dengan model Discovery Learning).

## Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen yang telah melalui proses uji kelayakan untuk memastikan validitas dan reliabilitasnya sebelum digunakan dalam pengumpulan data. Validitas isi seluruh instrumen dinilai melalui expert judgment oleh para ahli. Hasil penilaian menunjukkan bahwa lembar observasi aktivitas guru memperoleh tingkat validitas sebesar 90,74% dengan kategori sangat layak, yang digunakan untuk mengukur keterlaksanaan sintaks model pembelajaran Discovery Learning. Selain itu, lembar observasi aktivitas peserta didik juga memperoleh tingkat validitas sebesar 91,67% dengan kategori sangat layak, yang berfungsi untuk mengamati tingkat partisipasi, keaktifan, serta kemampuan pemecahan masalah peserta didik selama kegiatan praktikum berlangsung.

Instrumen tes hasil belajar kognitif terdiri atas 20 butir soal pilihan ganda yang digunakan pada tahap pretest dan posttest. Sebelum digunakan dalam penelitian, instrumen ini diuji coba terlebih dahulu untuk mengetahui validitas empirisnya, di mana diperoleh 17 butir soal yang dinyatakan valid. Selain itu, hasil uji reliabilitas menggunakan koefisien Cronbach's Alpha menunjukkan nilai sebesar 0,824 yang termasuk dalam kategori reliabel. Sementara itu, angket respon peserta didik yang disusun menggunakan skala Likert juga telah melalui uji validitas isi dan memperoleh tingkat validitas sebesar 91,67% dengan kategori sangat layak. Instrumen ini digunakan untuk mengukur respon afektif peserta didik terhadap penerapan media dan model pembelajaran yang digunakan dalam penelitian.

## Teknik Analisis Data

Analisis data kuantitatif dalam penelitian ini diawali dengan pengujian prasyarat analisis untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi statistik sebelum dilakukan pengujian hipotesis. Uji prasyarat yang digunakan meliputi uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk untuk mengetahui distribusi data, serta uji homogenitas varians menggunakan Levene's Test untuk menguji kesamaan varians antar kelompok. Kedua pengujian ini menjadi dasar dalam menentukan kelayakan data untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan uji parametrik.

Setelah seluruh asumsi prasyarat terpenuhi, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan Independent Sample t-test dengan taraf signifikansi 5% ( $\alpha = 0,05$ ) untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara kelompok yang dibandingkan. Selanjutnya, untuk mengukur tingkat efektivitas peningkatan pemahaman konsep kelistrikan, digunakan analisis Normalized Gain (N-Gain) yang berfungsi untuk mengetahui besarnya peningkatan hasil belajar dari pretest ke posttest secara lebih terukur dan sistematis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keterlaksanaan Pembelajaran

Evaluasi terhadap keterlaksanaan langkah-langkah pembelajaran berbasis sintaks Discovery Learning menggunakan media Trainer Board Kelistrikan BLDC dipantau oleh observer. Akumulasi persentase pencapaian aktivitas pengajaran guru di kelas eksperimen menyentuh rata-rata 93,75% (Kategori Sangat Baik). Hal ini mencerminkan kecakapan pendidik dalam mengelola waktu pembelajaran dan menyampaikan simulasi masalah secara runtut. Sementara itu, pengamatan terhadap performa konatif peserta didik mencatat rata-rata keterlibatan aktif sebesar 89,58% (Kategori Sangat Aktif). Peningkatan keterlibatan tampak signifikan pada fase pengumpulan data dan pembuktian, di mana siswa secara mandiri memanipulasi sirkuit fisik di atas papan trainer.

### Deskripsi Data Capaian Hasil Belajar Kognitif

Data hasil belajar kognitif dihimpun melalui skema pengujian awal (pretest) dan pengujian akhir (posttest) pada kedua kelompok sampel. Ringkasan deskriptif kuantitatif disajikan pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Deskripsi Capaian Efektivitas

Kontrol (XI TSM 1)	Eksperimen (XI TSM 2)	Kelompok Sampel
30	30	Kuantitas (N)
45,8	46,2	Rata-rata Pretest
64	85	Rata-rata Posttest
18,4	38,3	Perubahan Margin
0,34	0,71	Rata-rata N-Gain
Sedang	Tinggi	Klasifikasi Efektivitas

### Pengujian Hipotesis

Berdasarkan uji prasyarat, data terdistribusi normal (Shapiro-Wilk p-value  $> 0,05$ ) dan memiliki varians yang homogen (Levene's Test p-value  $0,412 > 0,05$ ). Pembuktian hipotesis kuantitatif menggunakan analisis Independent Sample t-test pada taraf kesalahan 5% memperlihatkan perolehan nilai koefisien rhitung = 6,845 dengan signifikansi dua arah (2-tailed) p-value sebesar 0,000. Karena taraf signifikansi jauh lebih kecil dari 0,05 ( $0,000 < 0,05$ ), maka Hipotesis Nol ( $H_0$ ) ditolak dan Hipotesis Alternatif ( $H_a$ ) diterima. Hal ini membuktikan secara empiris bahwa terdapat pengaruh yang positif dan signifikan dari penggunaan Trainer Board kelistrikan

BLDC sepeda listrik berbasis Discovery Learning terhadap efektivitas pembelajaran kompetensi keahlian sepeda motor siswa kelas XI TSM di SMK Negeri 1 Suruh.

### Deskripsi Respons Afektif Peserta Didik

Angket respons afektif mencakup pemetaan indikator motivasi, kemudahan pengoperasian media, keterbacaan LKPD, dan stimulasi nalar kritis siswa. Hasil analisis menunjukkan persentase rata-rata respons keseluruhan siswa menyentuh angka 87,65% yang berada dalam interval kategori Sangat Positif. Peserta didik menyatakan bahwa kehadiran alat peraga fisik memperkuat rasa percaya diri mereka dalam mengevaluasi gangguan operasional pada kelistrikan kendaraan listrik secara nyata.

### Pembahasan

Temuan kuantitatif penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan pemahaman konsep kelistrikan yang signifikan pada kelas eksperimen. Nilai rata-rata posttest kelas eksperimen mencapai 84,50, sedangkan kelas kontrol hanya 64,20, yang menegaskan keunggulan intervensi model Discovery Learning berbantuan Trainer Board BLDC. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan media praktis dan metode pembelajaran yang berpusat pada siswa mampu mendorong pemahaman konseptual yang lebih tinggi dibanding metode ceramah konvensional.

Secara konseptual, sistem penggerak motor BLDC mengintegrasikan sirkuit elektronik cerdas, termasuk Electronic Control Unit (ECU) dan Battery Management System (BMS). Karakteristik muatan arus dan sinyal magnetik bersifat abstrak dan tidak kasatmata, sehingga memunculkan hambatan kognitif bila hanya dipelajari melalui teks atau eksposisi verbal. Melalui Discovery Learning, pembelajaran dialihkan menjadi student-centered, memungkinkan peserta didik membangun struktur kognitif secara aktif melalui manipulasi objek mekanis pada papan trainer, sesuai prinsip konstruktivisme Jerome Bruner bahwa pemahaman mendalam diperoleh melalui eksplorasi empiris mandiri.

Keberhasilan pencapaian efektivitas dapat dianalisis berdasarkan interaksi siswa dengan Trainer Board BLDC melalui tahapan sintaks Discovery Learning. Tahap Stimulation memicu rasa ingin tahu melalui kondisi bermasalah pada board, Problem Statement menstimulasi berpikir kritis dalam merumuskan hipotesis, Data Collection mengubah konsep abstrak menjadi representasi konkret melalui eksperimen pengkabelan dan pengukuran tegangan, Data Processing menyusun pola diagnosis teknis melalui diskusi kelompok, Verification mencocokkan temuan dengan wiring diagram untuk mengurangi miskonsepsi, dan Generalization memungkinkan siswa merumuskan algoritma pelacakan gangguan dan mempresentasikannya dalam bahasa teknik baku.

Tingkat efektivitas perlakuan yang ditunjukkan oleh indeks N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,71 (kategori tinggi) menegaskan keberhasilan media Trainer Board dalam meminimalkan miskonsepsi teknis. Keunggulan ini berasal dari desain sirkuit modular yang menyederhanakan arsitektur kelistrikan tersembunyi, memungkinkan pengalaman belajar langsung (direct purposeful

experiences) yang berdasarkan Kerucut Pengalaman Edgar Dale menjanjikan retensi hingga 90%. Sebaliknya, kelas kontrol yang menggunakan metode ceramah berbasis teks menunjukkan efektivitas yang lebih rendah.

Lebih lanjut, tingginya respons afektif peserta didik (87,65%) menunjukkan hubungan positif antara kenyamanan penggunaan alat peraga fisik dan motivasi belajar intrinsik. Dampak psikologis yang signifikan berupa peningkatan rasa percaya diri (self-efficacy) siswa dalam mendiagnosis malafungsi sistem kelistrikan kendaraan listrik, yang krusial untuk mempersiapkan tenaga kerja terampil sesuai Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) Level 2 dan kebutuhan dunia usaha dan industri (DUDI) di era transisi kendaraan listrik.

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa seluruh instrumen yang digunakan, meliputi lembar observasi aktivitas guru dan peserta didik, tes hasil belajar kognitif, serta angket respon peserta didik, telah memenuhi kriteria sangat layak dan reliabel secara empiris untuk digunakan dalam penelitian. Pelaksanaan pembelajaran dengan model Discovery Learning berbantuan Trainer Board BLDC berjalan sangat optimal, ditunjukkan oleh tingginya aktivitas guru (93,75%) dan aktivitas peserta didik (89,58%). Selain itu, terdapat pengaruh yang positif dan signifikan secara statistik terhadap hasil belajar kognitif siswa (Sig. 0,000 < 0,05), dengan tingkat efektivitas yang termasuk kategori tinggi berdasarkan nilai N-Gain sebesar 0,71 pada kelas eksperimen dibandingkan 0,34 pada kelas kontrol. Temuan ini diperkuat dengan respon afektif peserta didik yang sangat positif (87,65%), yang mengindikasikan peningkatan motivasi dan self-efficacy dalam pembelajaran kelistrikan kendaraan listrik.

Berdasarkan hasil tersebut, disarankan agar guru kejuruan dapat mengimplementasikan model pembelajaran berpusat pada peserta didik (student-centered learning) yang dipadukan dengan penggunaan media konkret secara berkelanjutan, terutama pada materi yang bersifat abstrak untuk meminimalkan miskonsepsi. Pihak institusi pendidikan juga diharapkan menjadikan hasil penelitian ini sebagai dasar pertimbangan dalam pengembangan dan pembaruan sarana laboratorium praktikum agar selaras dengan perkembangan teknologi kendaraan listrik. Sementara itu, peneliti selanjutnya disarankan untuk memperluas kajian pada ranah psikomotorik menggunakan instrumen unjuk kerja yang terstandar, serta mengeksplorasi integrasi teknologi berbasis IoT atau kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan kualitas media pembelajaran.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada bapak dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, maupun saran dalam proses penelitian ini hingga penyusunan jurnal ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2019). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Astuti, R., & Riyanto, A. (2022). Efektivitas Model Discovery Learning berbantuan Media Interaktif pada Pendidikan Vokasi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Vokasi (JIPV)*, 4(2), 112-120.
- Bruner, J. S. (1961). "The Act of Discovery". *Harvard Educational Review*, 31(1), 21-32.
- Lestari, D., & Hakim, L. (2021). Penerapan Discovery Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Analisis Rangkaian Elektronika Siswa SMK. *Jurnal Pendidikan Kejuruan Nusantara*, 5(3), 88-95.
- Pratama, A., dkk. (2023). Rancang Bangun Modul Latih Motor BLDC untuk Mahasiswa Vokasi. *Jurnal Inovasi Otomotif*, 3(1), 15-24.
- Republik Indonesia. (2019). Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan. Jakarta: Sekretariat Kabinet.
- Setiawan, A., & Purnomo, H. (2022). Pengembangan Media Trainer Kelistrikan Body Otomotif. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 7(3), 200-208.
- Sudira, P., & Mutaqin, Z. (2021). Penyelarasan Kurikulum SMK Jurusan Otomotif dengan Kebutuhan Industri Kendaraan Listrik Berbasis Baterai. *Jurnal Pendidikan Vokasi Indonesia*, 11(3), 205-215.
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Pendidikan (Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi, R&D dan Penelitian Pendidikan)*. Bandung: Alfabeta.
- Wibowo, T., & Suyanto, S. (2022). "Efektivitas Trainer Kelistrikan dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMK melalui Pengujian N-Gain". *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Indonesia*, 9(1), 33-45.