

# *Upskilling Guru Kejuruan melalui Pelatihan Kendali Motor Listrik Berbasis Variable Speed Drive*

Doni Tri Putra Yanto<sup>1\*</sup>, Citra Dewi<sup>1</sup>, Dori Yuvenda<sup>2</sup>, Aswardi<sup>1</sup>, Rahmat Hidayat<sup>1</sup>, Muslim<sup>3</sup>, Hermi Zaswita<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
*Jl. Prof. Dr. Hamka, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia*

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
*Jl. Prof. Dr. Hamka, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia*

<sup>3</sup>Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
*Jl. Prof. Dr. Hamka, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia*

<sup>4</sup>Departemen Bahasa dan Sastra Inggris, Fakultas Bahasa dan Seni, Universitas Negeri Padang  
*Jl. Prof. Dr. Hamka, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia*

\*Corresponding Author: [donitriputra@ft.unp.ac.id](mailto:donitriputra@ft.unp.ac.id)

**Abstract**— *This research discusses efforts to enhance the professional competence of teachers in Vocational High Schools (SMK) specializing in the field of Electricity. It does so through the implementation of a training program based on Variable Speed Drive (VSD) technology for electric motor control. The training program encompasses two distinct learning approaches: theoretical and practical instruction on motor control using VSD technology. This material forms an essential part of the curriculum for installing electric motors in vocational schools. It is crucial for every teacher to comprehend it thoroughly, as vocational school curricula must adapt to the latest developments in science and technology, commonly referred to as the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0). This research focused on 20 electricity teachers at SMK Negeri 1 Bukittinggi as its subjects. The research findings indicate a significant improvement in teachers' professional competence in electric motor installation, particularly in electric motor control using VSD technology, following the implementation of the training program. This improvement is reflected in the post-test results, with all of the participants passing in this particular subject. In conclusion, the Variable Speed Drive-based Electric Motor Control Training for teachers can effectively enhance their professional competence in electric motor installation, aligning with the demands of Industry 4.0.*

**Keywords**— *Upskilling, Teacher Professional Competence, Vocational School, Variable Speed Drive.*

**Abstrak**— Penelitian ini membahas tentang upaya peningkatan kompetensi profesional guru di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) khusus bidang Ketenagalistrikan. Hal ini dilakukan melalui penerapan program pelatihan berbasis teknologi Variable Speed Drive (VSD) untuk pengendalian motor listrik. Program pelatihan mencakup dua pendekatan pembelajaran yang berbeda: pengajaran teoritis dan praktis tentang pengendalian motorik menggunakan teknologi VSD. Materi ini merupakan bagian penting dari kurikulum pemasangan motor listrik di sekolah kejuruan. Penting bagi setiap guru untuk memahaminya secara menyeluruh, karena kurikulum SMK harus beradaptasi dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini yang biasa disebut dengan Revolusi Industri Keempat (Industri 4.0). Penelitian ini difokuskan pada 20 orang guru ketenagalistrikan di SMK Negeri 1 Bukittinggi sebagai subjeknya. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada kompetensi profesional guru dalam bidang instalasi motor listrik, khususnya pengendalian motor listrik menggunakan teknologi VSD, setelah dilaksanakannya program pelatihan. Peningkatan tersebut tercermin dari hasil posttest yang menunjukkan bahwa semua peserta dinyatakan lulus dalam kegiatan pelatihan. Kesimpulannya, Pelatihan Pengendalian Motor Listrik Berbasis Variable Speed Drive bagi guru dapat secara efektif meningkatkan kompetensi profesional mereka di bidang instalasi motor listrik, sejalan dengan tuntutan Industri 4.0.

**Kata Kunci**— *Upskilling, Kompetensi Profesional Guru, Sekolah Menengah Kejuruan, Variable Speed Drive.*

## I. PENDAHULUAN

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan lembaga pendidikan formal tingkat menengah yang bertujuan mencetak lulusan yang siap untuk memasuki dunia kerja dengan kompetensi yang tinggi dalam bidang keahliannya. Keberhasilan mencapai tujuan ini sangat bergantung pada efektivitas proses pembelajaran yang diterapkan di SMK. Salah satu faktor utama yang memengaruhi efektivitas pembelajaran adalah kompetensi para guru dan ketersediaan sarana serta prasarana yang memadai. Di SMKN 1 Bukittinggi, terdapat beberapa kompetensi keahlian, salah satunya adalah Teknik Instalasi Tenaga Listrik. Meskipun kompetensi ini bertujuan menghasilkan lulusan yang siap bekerja dalam bidang instalasi tenaga listrik, terdapat beberapa kendala dalam proses pembelajaran, khususnya dalam materi Instalasi Motor Listrik yang melibatkan penggunaan Variable Speed Drive (VSD).

Dalam menghadapi perkembangan teknologi dan kurikulum terbaru, perlu dicatat bahwa pembelajaran Instalasi Motor Listrik melibatkan penggunaan perangkat speed drive. Sayangnya, laboratorium di sekolah ini

belum dilengkapi dengan peralatan praktikum yang memadai untuk mendukung materi pembelajaran ini. Selain itu, kompetensi guru dalam mengajar kendali motor listrik menggunakan perangkat Variable Speed Drive (VSD) juga masih rendah. Kondisi ini menghambat pencapaian optimal dalam proses pembelajaran dan persiapan lulusan untuk menghadapi tuntutan dunia industri saat ini, yang sering disebut sebagai Revolusi Industri 4.0.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengatasi masalah yang dihadapi oleh SMKN 1 Bukittinggi dalam pembelajaran Instalasi Motor Listrik berbasis VSD. Solusi yang ditawarkan adalah pembuatan training kit kendali motor listrik berbasis VSD yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran praktikum oleh siswa dan guru. Selain itu, melalui kegiatan pelatihan, tujuan lainnya adalah untuk meningkatkan kompetensi guru dalam bidang kendali motor listrik menggunakan VSD. Dengan demikian, diharapkan bahwa lulusan SMK ini akan lebih siap dan kompeten dalam menghadapi persaingan di dunia kerja yang terus berubah.

Manfaat dari penelitian ini Pertama-tama, siswa SMKN 1 Bukittinggi akan mendapatkan manfaat langsung dalam bentuk akses ke training kit kendali motor listrik berbasis VSD yang akan meningkatkan pemahaman mereka dalam materi Instalasi Motor Listrik. Selain itu, guru-guru akan mendapatkan pelatihan yang akan meningkatkan kompetensi mereka dalam mengajar materi ini. Selanjutnya, manfaat jangka panjang adalah peningkatan kualitas lulusan SMK yang lebih siap untuk berkontribusi dalam dunia industri yang semakin maju. Selain itu, inisiatif ini juga dapat menjadi contoh bagi SMK lainnya yang menghadapi masalah serupa dalam meningkatkan efektivitas proses pembelajaran dan mempersiapkan lulusan untuk era Revolusi Industri 4.0.

## II. KAJIAN LITERATUR

IPTEK yang akan diterapkan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah berupa keterampilan dalam bidang kendali motor listrik menggunakan perangkat *Variable Speed Drive*. Kendali motor listrik menggunakan *variable speed drive* merupakan teknologi terbaru dalam bidang kendali motor listrik yang juga perlu dikuasai oleh setiap guru-guru SMK terutama pada kompetensi keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik sehingga nantinya dapat diajarkan kepada siswa.

### A. Kendali Motor dengan Perangkat *Variable Speed Drive*

Penggunaan motor asinkron di industri semakin banyak, mengingat kesederhanaan konstruksi, dan kemudahan perawatannya. Kelebihan motor asinkron dapat dikendalikan dengan perubahan frekuensi. Metode tersebut memungkinkan pengaturan kecepatan putarnya. Berkembangnya teknologi semikonduktor dewasa ini, mendorong berkembangnya peralatan pengatur kendali motor induksi asinkron, menggunakan inverter biasa disebut Variabe Speed Drive (VSD) [10]. Karena metode pengendaliannya dilakukan, dengan mengatur tegangan dan frekuensi secara bersamaan, peralatan semacam ini juga biasa disebut Variable Frequency Drive (VVF) atau Volt/ Hertz Inverter. Metode ini bertujuan untuk mengendalikan, putaran poros motor induksi dan torsiya bisa dikendalikan secara bersamaan. Berkembangnya peralatan ini memberikan tambahan keuntungan, penggunaan motor induksi yaitu penggunaan motor menjadi lebih efisien, peningkatan fleksibilitas produksi dan peningkatan usia pemakaian pada kecepatan nominalny. Jadi dengan mengatur perubahan frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor, putaran motor akan berubah karena inverter disebut sebagai VSD[7]. Kecepatan putaran medan stator, dapat di ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (1)$$

Dimana:

$N_s$  = Kecepatan Sinkron (RPM)

$f$  = Frekuensi (Hz)

$p$  = Jumlah Kutub

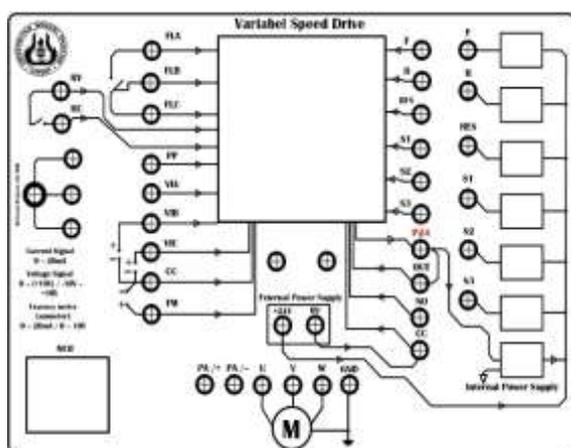
Setelah tegangan diubah menjadi tegangan searah, diperlukan perbaikan kualitas tegangannya, dengan menggunakan komponen kapasitor sebagai perata. Teknik PWM (Pulse Width Modulation) bisa membangkitkan amplitudo dan frekuensi keluaran. Teknik PWM memunculkan harmonisa pada jaringan, dan menghasilkan gelombang sinusoidal. Pengaruh harmonisa, dapat menimbulkan rugi-rugi daya pada motor dan akibatnya cepat panas Gambar Perangkat VSD disajikan pada gambar 3.



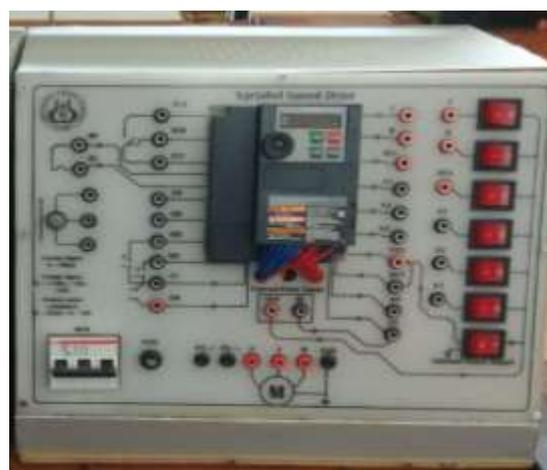
Gambar. 1. Perangkat Variable Speed Drive

### B. Training Kit Kendali Motor Listrik Berbasis Variable Speed Drive

Training kit Kendali Motor berbasis Variable Speed Drive merupakan seperangkat peralatan yang dirancang dan dibuat untuk memenuhi kebutuhan media pembelajaran praktikum kendali motor listrik dengan teknologi VSD/VFD [7], [8]. Proses perancangan dan pembuatan dilakukan dengan pertimbangan materi pembelajaran dan karakteristik materi pembelajaran. Hal ini dilakukan bertujuan untuk menghasilkan training kit yang mampu mengakomodasi semua materi pembelajaran. Training kit ini juga dibuat dan dirancang memiliki tingkat praktikalitas yang tinggi dimana training kit ini dapat dipindahkan dan digunakan secara mudah namun tetap memperhatikan aspek kesehatan dan keselamatan kerja yang sesuai dengan standar laboratorium. Dengan adanya training kit ini diharapkan siswa dapat menggunakannya dengan mudah dan sesuai dengan materi pembelajaran yang dipelajari dengan pengalaman langsung. Training kit ini telah melalui serangkaian pengujian seperti uji laboratorium, uji validitas, dan uji praktikalitas dimana hasilnya menunjukkan bahwa training kit ini telah valid dan memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi sehingga telah layak digunakan dalam proses pembelajaran. Gambar layout rangkaian dan produk akhir training kit Kendali Motor berbasis Variable Speed Drive disajikan pada gambar 4a dan 4b.



(a)



(b)

Gambar. 2. Training kit Kendali Motor Listrik berbasis Variable Speed Drive: (a) Layout Rangkaian; (b) Produk Akhir

### III. METODE

#### A. Tahapan Pelaksanaan

Kegiatan pelatihan ini secara umum dibagi menjadi 2 kegiatan pembelajaran yaitu pembelajaran teoritis dan pembelajaran praktik, kedua pelaksanaan ini dilakukan untuk memastikan peserta dapat memahami materi dengan baik secara teoritis maupun praktis. Materi yang dipelajari pada kegiatan pelatihan ini adalah kendali motor listrik dengan menggunakan *variable speed drive*. Secara lebih rinci kegiatan pembelajaran pada pelatihan ini adalah sebagai berikut.

##### 1) Pembelajaran Teori

Pembelajaran teori merupakan kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan pada kegiatan pelatihan dengan tujuan menyampaikan materi secara teoritis kepada peserta terkait semua materi yang telah direncanakan sesuai dengan topik Pelatihan [14], [15]. Kegiatan pembelajaran teori ini dilakukan diawal kegiatan pelatihan sebelum pembelajaran praktik. Hal ini dilaksanakan agar pada saat pembelajaran praktis semua peserta telah memahami materi secara teoritis sehingga pembelajaran praktis dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan materi yang dipelajari pada pembelajaran teoritis.

##### 2) Pembelajaran Praktek

Pembelajaran praktek merupakan kegiatan lanjutan dari kegiatan pelatihan yang dilaksanakan, pembelajaran praktek ini dilaksanakan dengan tujuan agar peserta pelatihan dapat mengaplikasikan materi teoritis yang telah dipelajari sebelumnya pada pembelajaran teoritis [14], [15], [16]. Pembelajaran praktek dilakukan setelah peserta telah benar-benar memahami materi teoritis kemudian dibuktikan dengan pembelajaran praktek, terlebih pembelajaran di pendidikan vokasi lebih cenderung kepada pembelajaran praktek untuk itu maka guru-guru tidak hanya dituntut memahami keilmuan secara teoritis saja tapi mampu mengimplentasikan dalam proses pembelajaran praktek. Adapun metode yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan ini adalah.

Kedua proses pembelajaran tersebut dilaksanakan dalam beberapa metode pembelajaran. Hal ini dilakukan agar pelaksanaan pelatihan dapat berjalan dengan baik untuk kedua kegiatan pembelajaran baik pembelajaran teori maupun pembelajaran praktis. Adapun metode pembelajaran yang digunakan pada kegiatan praktek ini adalah sebagai berikut .

##### 1) Metode Ceramah dan Tanya Jawab.

Metode ceramah diterapkan pada proses pembelajaran teoritis, dengan metode ceramah ini, instruktur atau pemateri akan memaparkan materi-materi yang terkait dengan topik pelatihan menggunakan media presentasi. Proses pembelajaran tidak berlangsung satu arah saja namun diselingi dengan sesi tanya jawab antara peserta dengan pemateri.

##### 2) Metode Praktek Langsung

Metode praktek langsung merupakan metode untuk pembelajaran praktek dimana peserta melaksanakan praktek secara langsung dengan benda nyata. Kegiatan praktek ini merupakan impelentasi dari kegiatan pembelajaran teoritis. Dengan pengalaman langsung peserta diharapkan mampu melakukan pengujian materi tertentu sesuai dengan topik yang dibahas pada kegiatan pelatihan tersebut.

#### B. Tahap Evaluasi

Rancangan evaluasi dilaksanakan dalam tiga tahap, yaitu seperti berikut

##### 1) Tahap awal

Peserta diberikan tes awal (*pretest*) untuk mengetahui pengetahuan awal dari guru-guru yang menjadi peserta tentang kendali motor listrik menggunakan *variable speed drive*. Hasil *pretest* ini kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis presentase. *Pretest* ini dilakukan selain untuk mengetahui kemampuan awal peserta juga dijadikan sumber analisis data peningkatan kemampuan peserta. Peningkatan ini analisis dengan cara membandingkan anatara sebelum dan sesudah mengikuti program pelatihan.

##### 2) Tahap inti

Peserta mengikuti kegiatan pelatihan yang terdiri dari dua kegiatan yaitu kegiatan pembelajaran teori dan pembelajaran praktek, peserta akan dibimbing oleh dua orang instruktur atau pemateri untuk masing masing materi tentang kendali motor listrik menggunakan perangkat *variable speed drive*. Setelah pembelajaran teori, pembelajaran dilanjutkan dengan pembelajaran praktis yang dibimbing oleh dua orang pemateri dan di bantu 1 orang tenaga teknis. Dalam tahap inti ini peserta diharapkan dapat berperan secara aktif dalam mengikuti pelatihan, agar memperoleh hasil yang maksimal.

### 3) Tahap akhir

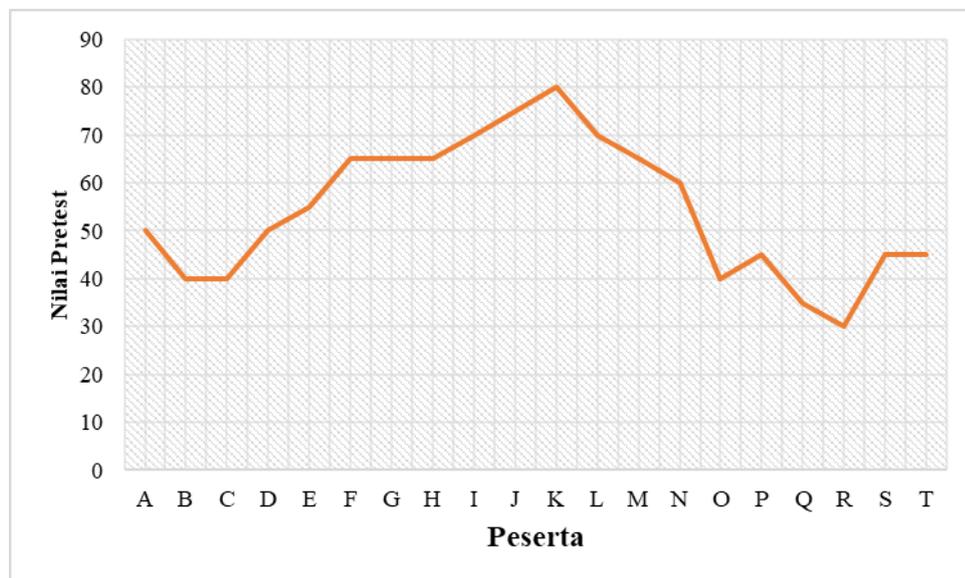
Pada tahap akhir ini, peserta kegiatan pelatihan akan diberikan tes akhir (*posttest*) untuk mengetahui kemampuan peserta kegiatan setelah mengikuti program pelatihan ini. Data *posttest* ini kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis presentase. kemudian dibandingkan dengan hasil tes awal untuk mendapatkan keputusan tentang peningkatan yang terjadi pada guru-guru setelah mengikuti program pelatihan.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian didapatkan setelah dilaksanakannya kegiatan pelatihan dan evaluasi terhadap kegiatan pelatihan tersebut. Secara lebih rinci hasil dan pembahasan pada penelitian ini dijelaskan seperti berikut.

### A. Tahap Awal

Kegiatan pelatihan ini diawali dengan tahap *pretest* dimana guru-guru yang menjadi peserta pelatihan diberikan tes awal berupa soal objektif. Peserta yang terdiri dari 20 orang guru diberikan soal objektif tentang kendali motor listrik menggunakan perangkat *variable speed drive* untuk mengetahui kemampuan awal dari guru-guru sebelum mengikuti program pelatihan. Hasil *pretest* menunjukkan masih banyak guru-guru yang memperoleh nilai dibawah standar kelulusan yaitu 75. 15 orang dari 20 orang peserta memperoleh nilai dibawah 75. Dengan nilai maksimum 80 dan nilai minimum adalah 30. Hasil rata-rata *pretest* untuk 20 orang peserta adalah 67,3 dengan standar deviasi sebesar 5,990. Hasil perolehan *pretest* secara lengkap disajikan pada gambar 1.



Gambar. 3. Grafik Nilai *Pretest*

### B. Tahap Inti

Pada tahap ini, kegiatan dilanjutkan dengan pemaparan materi teoritis dengan metode ceramah dan tanya jawab. Kemudian, dilanjutkan dengan pelaksanaan pembelajaran praktis melalui pengalaman langsung. Dimana guru-guru melakukan praktek secara langsung dengan dibimbing oleh instruktur dan dibantu oleh tenaga teknis. Kegiatan ini dilaksanakan untuk materi utama yaitu kendali motor listrik menggunakan perangkat *variable speed drive* dengan waktu 2 x 8 jam pertemuan tatap muka. Dokumentasi kegiatan ini disajikan pada gambar berikut.



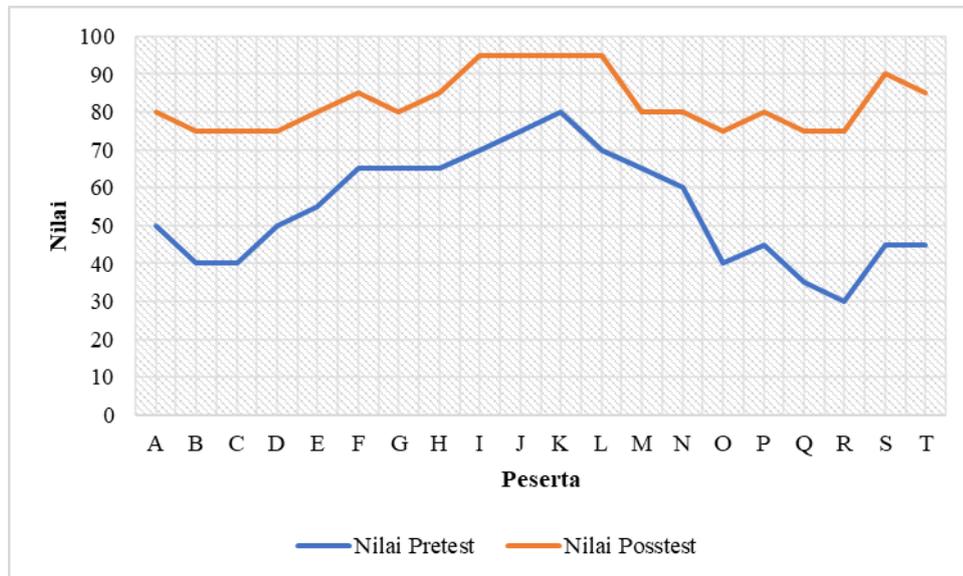
Gambar. 4. Dokumentasi Kegiatan Belajar Teori



Gambar. 5. Dokumentasi Kegiatan Belajar Praktek

### C. Tahap Akhir

Tahap akhir pada kegiatan pelatihan ini adalah memberikan tes akhir (*possttest*) kepada semua peserta berupa soal objektif dengan materi kendali motor listrik dengan menggunakan perangkat *variable speed drive*. Tujuan dari tes akhir ini adalah untuk mengukur kemampuan akhir peserta setelah mengikuti kegiatan pelatihan yang telah dilaksanakan. Hasil *posttest* menunjukkan bahwa semua peserta memperoleh nilai diatas 75. Ini mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan yang signifikan kemampuan peserta pelatihan setelah mengikuti kegiatan pelatihan pada pembelajaran teori dan praktis. Rata-rata nilai *pretest* dari 20 orang peserta adalah 85 dengan standar deviasi 6,105. Nilai maksimum adalah 95 dan nilai minimum 75. Grafik peningkatan kemampuan peserta pelatihan melalui perbandingan hasil *pretest* dan *posttest* disajikan pada gambar 3.



Gambar. 6. Grafik Perbandingan Nilai *Pretest-Posttest*

#### D. Pembahasan

Hasil kegiatan pelatihan dalam upaya *upskilling* guru-guru bidang ketegalistrikan di SMKN 1 Bukittinggi menunjukkan bahwa kegiatan pelatihan yang telah dirancang dinilai mampu mencapai tujuan peletihan yang telah dirancanng. Kegiatan yang pada awal dirancang untuk meningkatkan kemampuan profesional guru dalam bidang kendali mesin listrik berbasis *variable speed drive* dapat tercapai dengan baik dengan adanya kegiatan pelatihan yang dilaksanakan secara sistematis melalui kegiatan pelatihan teori dan praktek. *Variable speed drive* merupakan teknologi terbaru dalam kendali mesin listrik. *variable speed drive* merupakan sebuah perangkat kendali motor listrik yang memanfaatkan perangkat inverter untuk dapat mengendalikan motor listrik yang lebih kompleks dan lebih fleksibel penggunaannya. Dengan menggunakan *variable speed drive* memungkinkan kendali mesin listrik yang lebih kompleks seperti kendali tegangan, frekunesi, atau mengkombinaksikan keduanya yaitu kendali tegangan berbanding frekuensi yang dijaga konstan sehingga menghasilkan torsi motor yang lebih konstan [11],[12].

Kompleksitas dan fleksibilitas dari perangkat *variable speed drive* dalam kendali meisn listrik menyebabkan perangkat ini pupuler digunakan di industri. Oleh karena itu materi pembelajarna kendali mesin listrik di sekolah menengah kejuruan juga perlu beradaptasi dengan perkembangan materi pembelaaran tersebut. Selain itu, guru-guru juga harus dibekali dengan materi pembelajaran tentang kendali mesin listrik menggunakan perangkat *variable speed drive* ini baik secara teori maupun praktek. Sehingga pada akhirnya dapat mengajarkannya kepada peserta didik [4], [5].

Hasil kegiatan ini menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan kemampuan yang signifikan pada guru-guru di SMKN 1 Bukittinggi khususnya dalam bidang ketenagalistrikan setelah mengikuti program *upskilling* yang diadakan secara sistematis dan terstruktur. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian lain yang menunjukkan bahwa kegiatan Pelatihan yang dilaksanakan secara sistematis dan terstruktur serta berfokus kepada satu materi tertentu akan efektif meningkatkan kemampuan peserta Pelatihan [11], [14], [17]. Selain itu, Pelatihan juga efektif meningkatkan kemampuan peserta diakibatkan dengan fokusnya materi serta teknik pelaksanaan yang dikombinasikan dengan baik dan bervariasi. Dengan demikian tujuan kegiatan Pelatihan ini untuk meningkatkan kemampuan guu-guru vokasi dapat tercapai dengan baik.

#### V. PENUTUP

Berdasarkan temuan dan hasil analisis data yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa telah terjadi peningkatan kemampuan pada guru-guru ketengalistrikan di SMKN 1 Bukittinggi khususnya pada materi kendali mesin listrik menggunakan perangkat *variable speed drive*. Pprogram *upskilling* yang dilaksanakan di SMK Negeri 1 Bukittinggi mampu meningkatkan kompetensi profesional guru dalam bidang kendali mesin listrik industri menggunakan perangkat *variable speed drive* sebagai salah satu usaha menghadapi revolusi industri 4.0 dalam dunia pendidikan khususnya pendidikan Kejuruan pada tingkat menengah atau sekolah menengah kejuruan. Peningkatan kompetensi guru ini diharfkan mampu di tularkan kepada siswa-siswa di kelas sehingga kompetensi lulusan SMK bidang ketenagalistrikan semakin berkualitas dan memiliki kompetensi yang sesuai dengan perkembangan kebutuhan di industri.

## REFERENSI

- [1] A. Ahyuardi, H. Hambali, and K. Krismadinata, "Pengaruh Kompetensi Pedagogik Dan Profesional Guru Sekolah Menengah Kejuruan Pasca Sertifikasi Terhadap Komitmen Guru Melaksanakan Proses Pembelajaran," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 18, no. 1, pp. 67–74, 2018.
- [2] F. Eliza, Hastuti, D. E. Myori, and D. T. P. Yanto, "Peningkatan Kompetensi Guru Sekolah Menengah Kejuruan melalui Pelatihan Software Engineering," vol. V, no. 1, pp. 37–45, 2019.
- [3] T. Frattini and E. Meschi, "The effect of immigrant peers in vocational schools," *Eur. Econ. Rev.*, vol. 113, pp. 1–22, 2019.
- [4] H. Biemans, M. Mulder, and R. Wesselink, "Competence-based VET in the Netherlands :," *J. Vocat. Educ. Train.*, vol. 56, no. 4, pp. 523–538, 2004.
- [5] D. T. P. Yanto, M. Muskhir, and R. Maulana, "Peningkatan Kompetensi Profesional Guru melalui Pelatihan Kendali Motor Listrik berbasis Variable Speed Drive," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 2, pp. 451–458, 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i2.119577.
- [6] M. Christidis, "Vocational knowing in subject integrated teaching: A case study in a Swedish upper secondary health and social care program," *Learn. Cult. Soc. Interact.*, vol. 21, no. January, pp. 21–33, 2019.
- [7] M. Mulder, T. Weigel, and K. Collins, "The concept of competence in the development of vocational education and training in selected EU member states: A critical analysis," *J. Vocat. Educ. Train.*, vol. 59, no. 1, pp. 67–88, 2007.
- [8] N. R. Ergül and E. K. Kargin, "The Effect of Project-based Learning on Students' Science Success," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 136, pp. 537–541, 2014.
- [9] Y. Luo and W. Wu, "Sustainable Design with BIM Facilitation in Project-based Learning," *Procedia Eng.*, vol. 118, pp. 819–826, 2015.
- [10] D. T. P. Yanto and A. Ahyuardi, "Pelatihan Reparasi dan Perawatan Peralatan Elektronik Rumah Tangga untuk Meningkatkan Lifeskill Masyarakat di Kenagarian Kapau Alam Pauh Duo," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 2, pp. 59–66, 2019.
- [11] Made Wena. *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer*. Jakarta: Bumi Aksara, 2010.
- [12] D. T. P. Yanto, E. Astrid, R. Hidayat, and S. Islami, "Analisis Uji Kelayakan Trainer Kit Elektronika Daya: 3 Phase Half-Wave and Full-Wave Uncontrolled Rectifier," *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, vol. 5, no. 1.1, pp. 121–125, 2019. Badan Standardisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta: Yayasan PUIL, 2000.
- [13] Chapman Stephen J., *Electric Machinery Fundamentals*, 3rd Edition, Mc Graw – Hill Book Company, Singapore, 1999.
- [14] O. Candra, S. Islami, N. Faradina, C. Dewi, D. T. P. Yanto, and E. Astrid, "Peningkatan Kompetensi Masyarakat melalui Pelatihan Pemasangan Instalasi Listrik Domestik dan Panel Surya," *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 134–137, 2020.
- [15] A. Mawardi, M. Yuhendri, and D. T. P. Yanto, *Teknik Elektronika Daya*. Malang: CV. IRDH Research, 2020. Muhammad Yaumi. *Prinsip-prinsip desain pembelajaran*. Jakarta : Kencana prenada media group, 2013.
- [16] D. T. P. Yanto, M. Muskhir, E. Astrid, and R. Maulana, "Peningkatan Kompetensi Pemuda melalui Pelatihan Pemasangan dan Pemeliharaan Instalasi Listrik Rumah Sederhana," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 2, pp. 345–352, 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i2.114872.
- [17] Rusman. *Model-model Pembelajaran Mengembangkan Profesionalisme Guru*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2010.