

Kumawula, Vol.7, No.1, April 2024, Hal 58 – 68

DOI: <https://doi.org/10.24198/kumawula.v7i1.50393>

ISSN 2620-844X (online)

ISSN 2809-8498 (cetak)

Tersedia online di <http://jurnal.unpad.ac.id/kumawula/index>

PELATIHAN PEMBUATAN BATTERY PACK BERBASIS BATERAI LITHIUM ION BAGI SISWA SMK RAUDLOTUL HUDA MAGETAN

Arif Jumari^{1*}, Endah Retno Dyartanti¹, Adrian Nur¹, Agus Purwanto¹, Anatta Wahyu Budiman¹, Tika Paramitha¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

*Korespondensi : arifjumari_ft@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

The development of the automotive sector in Indonesia is increasing rapidly, so emissions from the transportation sector are very high. One solution to reduce emissions is the production of electricity from renewable energy sources such as air, wind, sun, and geothermal. This encourages the development of electric vehicles rapidly in the transportation sector. The government also supports the growth of the battery and electric vehicle industry in Indonesia. Efforts to support this government program are by preparing competent human resources (HR) in the field of electric vehicles through training activities on electric vehicle components, especially battery packs. Vocational High Schools (SMK) must quickly adapt to these technological developments, so Vocational Schools with Teknik Bisnis Sepeda Motor and Teknik Kendaraan Ringan Otomotif Skills Programs should produce graduates who are competent in making battery packs that are applied to electric vehicles. Therefore, community service was carried out at Roudlotul Huda Magetan Vocational School regarding training in making battery packs from lithium-ion batteries. At the start of the activity, students were provided with material regarding lithium-ion batteries and battery packs. Next, students practice battery assembly (welding) and casing installation. Based on the pre-test and post-test results, students experienced an increased understanding of battery packs.

Keywords : Training; Vocational High School (SMK); Battery Pack; Electric Vehicles

ABSTRAK

Perkembangan dunia otomotif di Indonesia semakin pesat, sehingga emisi dari sektor transportasi sangat tinggi. Salah satu solusi untuk mengurangi emisi adalah produksi listrik dari sumber energi terbarukan seperti air, angin, matahari, dan panas bumi. Hal ini mendorong perkembangan kendaraan listrik semakin meningkat pesat dari sektor transportasi. Pemerintah juga mendukung pertumbuhan industri baterai dan kendaraan listrik di Indonesia. Upaya untuk mendukung program pemerintah tersebut adalah menyiapkan sumber daya manusia (SDM) yang kompeten di bidang kendaraan listrik melalui kegiatan pelatihan komponen kendaraan listrik, khususnya battery pack. Sekolah

RIWAYAT ARTIKEL

Diserahkan : 06/10/2023

Diterima : 17/01/2024

Dipublikasikan : 18/04/2024

Menengah Kejuruan (SMK) harus cepat beradaptasi dalam menghadapi perkembangan teknologi tersebut, sehingga SMK dengan Program Keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor dan Teknik Kendaraan Ringan Otomotif hendaknya mencetak lulusan yang kompeten dalam pembuatan *battery pack* yang diaplikasikan pada kendaraan listrik. Oleh karena itu, pengabdian masyarakat dilakukan di SMK Roudlotul Huda Magetan mengenai pelatihan pembuatan *battery pack* berbasis baterai lithium ion. Pada awal kegiatan, siswa dibekali materi mengenai baterai lithium ion dan *battery pack*. Selanjutnya, siswa melakukan praktik untuk perangkaian baterai (*welding*) dan pemasangan casing. Berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test*, siswa mengalami peningkatan pemahaman mengenai *battery pack*.

Kata Kunci : Pelatihan; Sekolah Menengah Kejuruan (SMK); *Battery Pack*; Kendaraan Listrik

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia otomotif di Indonesia semakin pesat beberapa tahun terakhir. Jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 136.137.451 pada tahun 2020, menurut data dari Badan Pusat Statistik. Sektor transportasi ini menyumbang 27% emisi sektor energi. Ini menunjukkan bahwa emisi dari sektor transportasi sangat tinggi. Menurut *Climate Transparency Report 2020*, emisi CO₂ didominasi oleh bahan bakar fosil. Transportasi penumpang dan barang perlu melakukan dekarbonisasi untuk mempertahankan suhu global tahunan 1,5°C pada tahun 2050. Produksi listrik dari sumber energi terbarukan seperti air, angin, matahari, dan panas bumi adalah salah satu solusi yang diupayakan oleh negara untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (Subekti, 2022). Transportasi dengan energi listrik akan mendukung berjalannya dekarbonisasi, sehingga mendorong perkembangan kendaraan listrik semakin meningkat pesat. Kendaraan listrik adalah kendaraan (mobil, motor, hingga skuter) yang digerakkan oleh tenaga listrik dari daya baterai yang sering disebut dengan *Electric Vehicle* (EV) (Dyartanti et al., 2021). Baterai sebagai sumber daya utama untuk menggerakkan kendaraan listrik umumnya dapat diisi ulang. Kendaraan listrik ini memiliki beberapa

kelebihan yaitu ramah lingkungan (tidak menghasilkan emisi gas buang dari proses kerjanya), kabin senyap (tidak memiliki suara mesin, sehingga menambah kenyamanan), dan perawatan lebih mudah (memiliki komponen bergerak lebih sedikit, sehingga tidak membutuhkan pelumas mesin). Percepatan pelaksanaan program penggunaan kendaraan listrik ini didukung oleh Pemerintah Indonesia dengan Presiden Republik Indonesia Joko Widodo menerbitkan Inpres Nomor 7 Tahun 2022. Selain itu, guna mempercepat transisi menuju kendaraan elektrifikasi, pemerintah melalui Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 tahun 2022 dari Kementerian Perhubungan mendorong penggunaan kendaraan listrik berbasis baterai sebagai pengganti sepeda motor dengan motor bakar. Pemerintah juga mendukung konversi sepeda motor listrik dalam program pembinaan bengkel UMKM. Indonesia juga berpotensi dalam mengembangkan industri baterai karena Indonesia adalah salah satu negara yang menghasilkan bahan baku utama (nikel) untuk produksi baterai kendaraan listrik. Menurut data yang dikeluarkan oleh Kementerian ESDM pada tahun 2020, cadangan nikel Indonesia mencapai 2,6 miliar ton dengan umur cadangan mencapai 27 tahun (Agung & Adi, 2022). Indonesia mengalami pertumbuhan produksi nikel tertinggi dalam beberapa tahun terakhir

(Pandyaswargo et al., 2021). Hal ini didukung dengan larangan ekspor bijih nikel. Pada Peraturan Menteri ESDM Nomor 11 Tahun 2019 ini membantu pertumbuhan industri baterai dan kendaraan listrik di Indonesia (Karimah et al., 2023).

Salah satu upaya dalam mendukung program pemerintah tersebut adalah menyiapkan sumber daya manusia (SDM) yang kompeten di bidang kendaraan listrik melalui proses pelatihan. Sumber daya manusia yang kompeten diperlukan untuk mengimbangi kemajuan teknologi (Amirulloh et al., 2022). Kegiatan pengabdian masyarakat yang berkaitan dengan kendaraan listrik telah dilakukan oleh tim pengabdian masyarakat lain sebelumnya. Pengenalan teknologi kendaraan listrik oleh tenaga pengajar Universitas Sebelas Maret untuk siswa SMP Negeri Kebakramat (Maghfiroh et al., 2021). Selain itu, pelatihan perakitan sepeda listrik pada mahasiswa telah dilakukan di Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang (Kurniawan et al., 2019). Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat oleh Politeknik STMI Jakarta dilakukan di PT WIMA (industri otomotif) dengan tujuan meningkatkan pengetahuan tentang sistem penggerak roda belakang kendaraan listrik (Imansuri et al., 2023). Tenaga pengajar dari Universitas Negeri Semarang juga telah merancang media pembelajaran untuk SMK Kompetensi Keahlian Teknik Kendaraan Ringan mengenai *battery management system* (BMS) (Wahyudi et al., 2021).

Dalam roadmap industri otomotif jangka menengah 2020-2030, Indonesia berfokus mengembangkan kendaraan listrik serta komponen utama kendaraan listrik, seperti baterai (*battery cell* dan *battery pack*), motor listrik, dan *converter* (Diah Prawesti, 2022). *Battery cell* selanjutnya dirangkai akan menjadi *battery pack*. *Battery pack* adalah tempat penyimpanan energi listrik yang mewakili 35% dari biaya produksi dan memiliki bobot yang paling berat dari kendaraan listrik. Didasari kondisi tersebut, SDM di Indonesia harus cepat

beradaptasi menghadapi perkembangan teknologi industri. Lulusan sekolah menengah kejuruan (SMK) dapat menjadi SDM yang berkualitas dengan meningkatkan kompetensi siswa SMK mengenai baterai dan kendaraan listrik dengan menyesuaikan kebutuhan di pasar kerja (Paramitha et al., 2021; Teuku Rezasyah, Ivan Darmawan, 2018). Oleh karena itu, kegiatan pelatihan pembuatan *battery pack* dari baterai lithium ion perlu dilakukan untuk meningkatkan pemahaman siswa mengenai perkembangan teknologi baterai dan aplikasi kendaraan listrik. Pelatihan dilakukan di SMK Roudlotul Huda Magetan (SMK Roda Magetan) yang berlokasi di Magetan, Jawa Timur. Hal ini didukung dengan jumlah kendaraan bermotor di Magetan yang cukup besar yaitu 360.773 unit (0,2% dari jumlah kendaraan bermotor di Indonesia) pada tahun 2020, sehingga kemungkinan perkembangan kendaraan listrik di Magetan juga cukup pesat. Selain itu, kendaraan listrik ini mempunyai potensi untuk menjadi kendaraan di sektor wisata karena ramah lingkungan sesuai sosialisasi oleh tim pengabdian masyarakat Departemen Teknik Mesin ITS (www.kabarmagetan.com). Selain itu juga didasari adanya dua program keahlian di SMK Roda Magetan yang mempelajari bidang otomotif, yaitu program keahlian Teknik Kendaraan Ringan Otomotif yang mempelajari keahlian perawatan dan penanganan mesin mobil beserta sistem kelistrikan dan program keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor yang mempelajari keahlian perbaikan dan perawatan mesin sepeda motor beserta sistem kelistrikan. Berdasarkan kurikulum di program keahlian Teknik Kendaraan Ringan Otomotif dan program keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor belum mencantumkan tentang pembahasan mengenai teknologi di industri baterai khususnya *battery pack*, sehingga pelatihan ini sangat diperlukan untuk meningkatkan kompetensi siswa SMK Roda Magetan.

METODE

Pengumpulan data untuk mengidentifikasi permasalahan mitra dilakukan dengan wawancara dengan Guru SMK Roda Magetan. Wawancara yang dilakukan untuk mencari informasi mengenai program keahlian, jumlah siswa, dan materi pembelajaran di sekolah.

Ada lima program keahlian yang ada di SMK Roda Magetan yaitu Teknik Kendaraan Ringan Otomotif, Tata Busana Desain Fesyen, Teknik Bisnis Sepeda Motor, Desain Komunikasi Visual, dan Otomatisasi Tata Kelola Perkantoran. Jumlah siswa di SMK Roda Maagetan yaitu 354 dengan rincian kelas X sejumlah 134 siswa, kelas XI sejumlah 114 siswa, dan kelas XII sejumlah 106 siswa.

Dari hasil wawancara, tim pengabdian masyarakat melakukan analisa situasi mitra. Dari hasil analisa situasi mitra, SMK Roda Magetan memerlukan kerjasama untuk meningkatkan kompetensi siswa, khususnya dalam bidang *battery pack* untuk mengikuti perkembangan teknologi kendaraan listrik. Hal ini dikarenakan, materi mengenai *battery pack* belum diberikan di SMK Roda Magetan. Dengan keahlian yang dimiliki tim pengabdian masyarakat dalam bidang baterai lithium ion, maka pelatihan pembuatan *battery pack* sangat memungkinkan.

Selanjutnya, kegiatan pelatihan ini diikuti oleh 53 dari program keahlian Teknik Kendaraan Ringan Otomotif dan program keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor. Pelatihan dilakukan tanggal 20 Juli 2023 yang berlokasi di SMK Roda Magetan, Pandean, Kedungpanji, Lembeyan, Magetan, Jawa Timur.

Pelatihan dilakukan dalam waktu 4 jam. Kegiatan diawali dengan *pre-test* yang digunakan untuk mengetahui kompetensi siswa sebelum mengikuti pelatihan. Selanjutnya, materi teori disampaikan mengenai pengenalan baterai lithium ion dan *battery pack*, serta praktek pembuatan *battery pack*. Pada akhir kegiatan, dilakukan *post-test* yang digunakan untuk mengetahui peningkatan kompetensi siswa mengenai *battery pack*.

Pada tahap evaluasi kegiatan, tim pengabdian masyarakat memberikan kuesioner untuk

mengetahui hasil kepuasan peserta meliputi materi, metode penyampaian materi, media pembelajaran, dan kebermanfaatan kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di SMK Roda Magetan dihadiri oleh 53 siswa dari program keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor dan Teknik Kendaraan Ringan Otomotif. Kegiatan pengabdian masyarakat terbagi menjadi materi teori dan praktik (Yudianto et al., 2022). Tiga rangkaian kegiatan yaitu penyampaian materi teori mengenai baterai lithium ion, penyampaian materi teori mengenai *battery pack*, dan praktik pembuatan *battery pack*.

a. Penyampaian Materi mengenai Baterai Lithium Ion

Penyampaian materi mengenai baterai lithium ion disampaikan oleh Dr. Ir. Arif Jumari, M.Sc yang ditunjukkan pada Gambar 1. Secara ringkas materi yang disampaikan mengenai baterai lithium ion yaitu :

- Pengertian Baterai lithium ion adalah jenis baterai sekunder yang dapat diisi berulang kali. Baterai ini memiliki banyak keunggulan, seperti densitas energi yang tinggi, stabilitas penyimpanan energi yang tinggi, tidak ada efek memori, dan berat yang lebih ringan (Purwanto et al., 2022).
- Empat tipe utama baterai lithium ion yaitu :
 - sel koin (*coin cell*) : baterai ini berbentuk seperti koin atau kancing. Baterai tipe koin biasanya digunakan pada jam tangan, kalkulator, dan perangkat kecil lainnya. Baterai koin memiliki berbagai dimensi, tetapi mereka diklasifikasikan sebagai CRXY, di mana X adalah diameter (dalam milimeter) dan Y adalah ketebalan (dalam milimeter). Selain bagian elektroda, separator, dan elektrolit, sel koin juga memiliki *spacer* dan *spring*, yang berfungsi sebagai

pengisi ruang kosong dan memberikan efek pegas pada *spacer*.

- sel silinder (*cylinder cell*) : proses produksi sel silinder lebih murah karena dapat dibuat lebih cepat daripada sel prisma. Casing yang terbuat dari *stainless steel* melindungi baterai di dalam sel agar tidak mudah rusak oleh benturan dari luar. Baterai silinder dalam bentuk *battery pack* telah digunakan untuk menyimpan energi pada mobil seperti Tesla.
- sel prisma (*prismatic cell*) : aplikasi sel silinder dan sel prisma serupa. Elektroda sel silinder dimasukkan ke dalam casing logam yang tahan terhadap panas dan getaran, yang membuat *battery pack* lebih berat. Sedangkan, baterai prisma lebih ringan dan lebih fleksibel. Baterai prisma juga lebih kecil dan lebih dapat disesuaikan bentuk baterai terhadap tempatnya. Namun, baterai jenis ini dianggap tidak efisien dan tidak stabil, karena baterai harus diganti sepenuhnya jika terjadi kerusakan. Selain itu, pemakaian baterai terus menerus akan membuat baterai prisma dapat bocor atau menggembung.
- Komponen utama baterai lithium ion adalah :
 - Elektroda positif atau katoda (Miao et al., 2019) : terdapat beberapa jenis katoda untuk baterai lithium ion dengan mempertimbangkan beberapa karakteristik, seperti energi spesifik, daya spesifik, keamanan, kinerja, masa pakai dan biaya. Tiga jenis katoda baterai lithium ion yang sering digunakan yaitu (i) Lithium Iron Phosphate (LiFePO_4) : memiliki kecepatan arus yang tinggi, siklus hidup yang panjang dan resistansi rendah.

Fosfat meningkatkan toleransi terhadap panas dan menstabilkan elektroda terhadap pengisian yang berlebihan, sehingga mengurangi kerusakan material. Baterai ini hampir tidak pernah mengalami kenaikan panas yang berlebihan, dengan rentang suhu yang luas dari $+60^\circ\text{C}$ hingga 30°C . Baterai LiFePO_4 memiliki tingkat *self-discharge* yang lebih tinggi dibandingkan dengan baterai lithium ion lainnya, (ii) Lithium Nikel Mangan Cobalt Oksida ($\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y})\text{O}_2/\text{NMC}$) memiliki daya spesifik tinggi. Penggabungan nikel dan mangan memberikan keuntungan bagi NMC. Nikel memiliki energi spesifik tinggi tetapi stabilitasnya buruk, sedangkan mangan memiliki struktur spinel untuk mencapai resistansi internal yang rendah meskipun memiliki energi spesifik yang rendah. Para peneliti menggunakan elektroda yang mengandung banyak nikel untuk meningkatkan kepadatan energi, sementara pengurangan kobalt membantu mengurangi biaya. Industri telah beralih dari NMC111, yang memiliki kapasitas *discharge* 154 Ah/kg pada 0,1 C, ke NMC442, NMC622 dan terakhir NMC811 yang memiliki kapasitas *discharge* lebih dari 185 Ah/kg pada 0,1 C, dan (iii) Lithium Nikel Cobalt Aluminium Oksida ($\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Al}_{1-x-y})\text{O}_2/\text{NCA}$) telah dikembangkan sejak 1999. NCA memiliki beberapa kesamaan dengan NMC yaitu rentang hidup yang panjang, energi spesifik dan daya spesifik yang tinggi. NCA tidak seaman dengan material lain yang tercantum di atas, sehingga penggunaannya membutuhkan pengawasan khusus untuk

keamanan. Selain itu, biaya produksi NCA lebih tinggi yang membatasi manfaatnya.

- Elektroda negatif atau anoda : dua jenis utama elektroda negatif yang digunakan meliputi elektroda berbasis karbon dan litium titanat. (i) Karbon, dan biasanya grafit sintetik, masih tetap menjadi bahan aktif pilihan untuk elektroda negatif, karena kapasitas spesifiknya yang relatif tinggi ~ 370 Ah/kg, tegangan rata-rata rendah (150 mV vs. Li/Li+) dan relatif datar menghasilkan tegangan sel keseluruhan yang tinggi dan efisiensi energi bolak-balik yang tinggi [11]. Selanjutnya, karena merupakan bahan yang sangat melimpah, biaya rendah dan tidak beracun, ini adalah pilihan elektroda yang sangat baik dan oleh karena itu banyak digunakan. Sayangnya, di bawah beberapa kondisi tertentu, karbon bereaksi dengan oksigen dan dalam kasus peristiwa thermal runaway, elektroda dapat terbakar. (ii) *Lithium titanate* (LTO) memiliki struktur *spinel* dan dapat menggantikan grafit sebagai elektroda negatif baterai *lithium ion* konvensional. LTO tidak ada perubahan volume selama litiasi, sehingga struktur *spinel* pada LTO dianggap sebagai bahan elektroda yang sangat berguna. Hal ini mempengaruhi masa kerja elektroda yang sangat lama. Selain memiliki konduktivitas elektronik yang rendah, bahan ini dapat memiliki kinerja yang buruk pada tingkat daya yang tinggi karena koefisien difusi Li^+ yang tinggi. Namun, konduktivitas elektronik dapat ditingkatkan melalui *doping*, pelapisan permukaan, dan pembentukan komposit dengan

konduktor elektronik yang lebih baik seperti bahan karbon.

- Separator digunakan untuk menghindari kontak langsung atau hubungan arus pendek antara katoda dan anoda. Separator yang berkualitas baik dapat mengalirkan ion yang besar, stabil terhadap elektrolit, mudah terbasahi elektrolit (*wettability*), memiliki konduktivitas elektron yang kecil, stabil secara mekanik dan dimensional, dan memiliki ketahanan fisis. Apabila terjadi hubungan arus pendek, separator harus dapat menghentikan aliran ion litium. Hal ini dapat mencegah reaksi pembentukan api (Purwanto et al., 2022).
- Elektrolit merupakan tempat ion *lithium* berpindah dari anoda ke katoda atau sebaliknya selama proses *charging-discharging*. Elektrolit bisa berupa cair, gel, polimer padat, atau padatan anorganik. Sebagian besar baterai *lithium ion* menggunakan elektrolit cair yang mengandung garam litium, seperti LiPF_6 , LiBF_4 , LiClO_4 , LiBC_4O_8 (LiBOB), atau $\text{Li}[\text{PF}_3(\text{C}_2\text{F}_5)_3]$ (LiFAP), yang dilarutkan dalam campuran pelarut alkil karbonat organik (Purwanto et al., 2022).



Gambar 1. Penyampaian Materi mengenai Baterai Lithium Ion

b. Penyampaian Materi mengenai *Battery Pack*

Penyampaian materi mengenai *battery pack* disampaikan oleh Salman Al Farisi, S.T. yang ditunjukkan pada Gambar 2. Secara ringkas materi yang disampaikan mengenai *battery pack* yaitu:

- Pengertian *battery pack* yaitu baterai yang terdiri dari susunan seri paralel sel baterai untuk kapasitas dan tegangan yang lebih tinggi dalam satu wadah yang biasanya dilindungi dengan komponen elektronik yang disebut *battery management system* (BMS).
- Komponen *battery pack* adalah (i) sel baterai adalah unit elektrokimia dasar yang menyediakan sumber energi listrik melalui konversi langsung energi kimia dan terdiri dari katoda, anoda, separator, elektrolit, wadah, dan terminal, (ii) *battery management system* adalah sistem elektronik yang mengontrol baterai sekunder (*battery cell* atau *battery pack*) agar tidak beroperasi di luar area operasi amannya, (iii) *nickel strip* berfungsi sebagai penghubung baterai antar sel, dan (iv) casing adalah komponen pelindung baterai dari gangguan eksternal seperti jatuh dan terkena air.
- Aplikasi *battery pack* adalah kendaraan listrik, *uninterruptible power supply*, peralatan medis, laptop, tablet, *smartphone*.
- Hal-hal yang harus diketahui sebelum membuat *battery pack*, yaitu (i) kebutuhan *battery pack* (daya beban, aplikasi penggunaan), dan lingkungan operasi, (ii) kapasitas dan tegangan baterai, dan (iii) menentukan jenis (jenis material (LFP, NMC) dan ukuran baterai (18650, 21700, dll.) dan tipe baterai, dan (iv) menentukan *battery management system* (BMS).
- Tahapan pengukuran *battery pack* yaitu (i) memastikan tegangan output *battery pack* sesuai yang diinginkan, (ii) memastikan *battery pack* dapat

didischarge dan *charging*, dan (iii) memastikan *battery pack* dapat menyuplai beban yang diinginkan.



Gambar 2. Penyampaian Materi mengenai *Battery Pack*

c. Praktek Pembuatan *Battery Pack*

Pada kegiatan ini tim pengabdian mendemonstrasikan pembuatan *battery pack*. Selanjutnya siswa mengikuti sesuai instruksi yang telah diberikan. Tahapan pembuatan *battery pack*, yaitu:

- Menyiapkan *battery cell*
Battery cell diukur tegangannya masing-masing dengan menggunakan multimeter. *Battery cell* dengan performa yang seragam akan memperpanjang masa pakainya. Tegangan *battery cell* untuk jenis *lithium ferrophosphate* (LFP) berkisar antara 3,2-3,3 V.
- Menyiapkan susunan *battery pack*
Battery pack yang disusun memiliki kapasitas 36 V, 12 Ah. Spesifikasi *battery cell* untuk jenis LFP yaitu 3,2 V dan 1500 mAh. Susunan seri pada *battery cell* akan menambah tegangan. Kebutuhan *battery cell* untuk 36 V sebesar $36 \text{ V} / 3,2 \text{ V} = 12$. Sedangkan, susunan paralel pada *battery cell* akan menambah arus. Kebutuhan *battery cell* untuk 12 Ah sebesar $12 \text{ Ah} / 1500 \text{ mAh} = 8$. Susunan pada *battery pack* untuk 36 V, 12 Ah yaitu 12 seri dan 8 paralel. Sehingga, jumlah *battery cell* yang diperlukan yaitu 96.
- Menghubungkan antara *battery cell*
Battery cell dengan susunan 12 seri dan 8 paralel dihubungkan dengan plat nikel. Proses penyolderan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perangkaian Battery Cell

- Memasang *holder*

Pemasangan *holder* memiliki fungsi yang penting dalam menjaga keamanan baterai. *Holder* digunakan untuk menjaga *battery pack* dari getaran dan guncangan yang tidak diinginkan. Selain itu, *holder* digunakan untuk mencegah terjadinya korsleting jika pembungkus plastik *battery cell* sobek dan antara *battery cell* saling menempel. Praktik pemasangan *holder* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Pemasangan Holder

- Memasang *battery management system*

Pemasangan *battery management system* (sistem manajemen baterai/BMS) berfungsi untuk mengelola baterai yang meliputi memantau tegangan *battery cell*, memantau arus *battery cell*, mengendalikan suhu, mengontrol proses *charging* dan *discharging*, dan mendeteksi potensi korsleting. Fungsi utama BMS (Soehartono et al., 2020) yaitu :

- *Balance charge* sangat penting untuk memastikan bahwa tegangan seimbang saat pengisian atau pengosongan antar sel baterai.

- *Overcharge protect* berfungsi menghentikan proses pengisian baterai ketika mencapai tegangan total maksimumnya.
- *Overdischarge protect* menghentikan arus yang mengalir ke beban ketika tegangan total mencapai nilai batas minimumnya.
- *Thermal control* berfungsi melindungi baterai dari suhu terlalu panas. Ketika suhu baterai mencapai titik tertentu, kontrol suhu akan mengaktifkan pendinginan udara.

d. Evaluasi Kegiatan

Soal pre-test dan post-test terdiri dari lima soal dengan rincian soal nomor 1 mengenai pengertian baterai, soal nomor 2 mengenai komponen *battery pack*, soal nomor 3 mengenai aplikasi baterai dalam kehidupan sehari-hari, soal nomor 4 mengenai tahapan pembuatan *battery pack*, dan soal nomor 5 mengenai tujuan pengujian *battery pack*. Tabel 1 menunjukkan hasil evaluasi lembar jawaban *pre-test* dan *post-test*. Jumlah siswa yang menjawab dengan benar lebih banyak pada *post-test* daripada pada *pre-test*. Hal ini menunjukkan peningkatan pemahaman materi oleh siswa.

Tabel 1. Hasil Pre-Test dan Post-Test

Nomor Soal	Pre-Test		Post-Test	
	Jumlah Siswa Benar	Jumlah Siswa Salah	Jumlah Siswa Benar	Jumlah Siswa Salah
1	32	21	43	10
2	43	9	53	0
3	53	0	53	0
4	40	13	45	8
5	50	3	52	1

Selain itu, dilakukan survei tentang kepuasan peserta terhadap kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan. Hasil survei ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Survei Kepuasan Peserta

Pertanyaan	Jumlah Siswa
------------	--------------

	Kurang	Cukup	Baik
Materi yang disampaikan mudah dipahami	0	34	19
Metode penyampaian materi sesuai	0	22	31
Media pembelajaran mendukung pemahaman materi	0	25	28
Kegiatan memberikan manfaat bagi peserta	0	16	37

Penilaian peserta terhadap kegiatan pengabdian masyarakat mencakup materi, metode penyampaian materi, media pembelajaran, dan kebermanfaatan kegiatan. Pada Tabel 3, penilaian peserta pada Cukup dan Baik. Pada penilaian mengenai materi, 64% siswa menyatakan materi cukup mudah dipahami dan 36% siswa menyatakan materi dipahami dengan baik. Pada penilaian mengenai metode penyampaian materi, 41% siswa menyatakan metode penyampaian materi cukup sesuai dan 59% siswa menyatakan metode penyampaian materi sesuai. Pada penilaian mengenai media pembelajaran, 47% siswa menyatakan media pembelajaran cukup mendukung pemahaman materi dan 53% siswa menyatakan media pembelajaran mendukung pemahaman materi. Pada penilaian mengenai kebermanfaatan kegiatan, 30% siswa menyatakan kegiatan cukup memberikan manfaat dan 70% siswa menyatakan kegiatan memberikan manfaat.

Kendala yang dihadapi berupa keterbatasan waktu pada pelatihan ini. Pelatihan dilaksanakan selama 4 jam. Agar pelatihan berlangsung secara efektif dan efisien, sehingga praktik pembuatan *battery pack* berbasis baterai ion lithium tidak dilaksanakan sepenuhnya di SMK Roda Magetan. Beberapa bagian baterai

ion lithium sudah dihubungkan dengan baterai ion lithium lainnya dengan nikel tab di Universitas Sebelas Maret dan sebagian saja yang dipraktikkan oleh siswa SMK Roda Magetan. Meskipun waktu pelatihan terbatas, hasil survei kepuasan siswa mengenai pemahaman materi, metode penyampaian materi, media pembelajaran, dan kebermanfaatan kegiatan bagi siswa bernilai cukup dan baik.

SIMPULAN

Pelatihan pembuatan *battery pack* berbasis baterai ion lithium diikuti oleh 53 siswa dari program keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor dan Teknik Kendaraan Ringan Otomotif SMK Raudlotul Huda Magetan. Kegiatan pengabdian masyarakat dibagi menjadi penyampaian materi teori mengenai baterai lithium ion dan *battery pack* dan praktik mengenai *battery pack* dilakukan secara langsung. Kompetensi siswa mengenai *battery pack* berbasis baterai lithium ion mengalami peningkatan setelah pelaksanaan pelatihan ini. Hal ini ditunjukkan dengan hasil *post-test* yang lebih baik daripada hasil *pre-test*. Pemahaman materi meliputi pengertian baterai, komponen *battery pack*, aplikasi baterai dalam kehidupan sehari-hari, tahapan pembuatan *battery pack*, dan tujuan pengujian *battery pack*. Hasil survei kepuasan peserta mengenai materi, metode penyampaian materi, media pembelajaran, dan kebermanfaatan kegiatan memiliki nilai cukup dan baik. Kendala dalam pelaksanaan pelatihan ini yaitu keterbatasan waktu. Pelatihan dengan durasi waktu yang lama diharapkan akan memberikan pemahaman yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret karena telah memberikan bantuan moral dan keuangan kepada program pengabdian masyarakat ini. Melalui skema Pengabdian Kepada Masyarakat Hibah Grup Riset (PKM HGR-UNS) dengan nomor kontrak 229/UN27.22/PM.01.01/2023

berjudul Pelatihan pembuatan Battery Pack berbasis Baterai Litium Ion bagi siswa SMK Raudlotul Huda Magetan.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin Kabar Magetan. (2023). ITS Perkenalkan Teknologi dan langkah Kerja Kendaraan Listrik – Dinas Komunikasi dan Informatika Kab. Magetan. Diakses pada 23 November 2023 dari <https://kabarmagetan.com/its-perkenalkan-teknologi-dan-langkah-kerja-kendaraan-listrik-dinas-komunikasi-dan-informatika-kab-magetan-24673.html>
- Agung, M., & Adi, E. A. W. (2022). Peningkatan Investasi dan Hilirisasi Nikel di Indonesia. *Peningkatan Investasi Dan Hilirisasi Nikel Di Indonesia*, 6(2), 4009–4020.
- Amirulloh, M., Muchtar, H. N., & Saleh, K. A. (2022). Peningkatan Pemahaman Hak Kekayaan Intelektual Bagi Guru Dan Siswa Smkn 4 Kuningan Jawa Barat. *Kumawula: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 229. <https://doi.org/10.24198/kumawula.v5i2.36775>
- Diah Prawesti, S. (2022). Upaya Mendongkrak Pendapatan, Menghemat Subsidi Bbm, Dan Pro Lingkungan Melalui Ekosistem Kendaraan Listrik. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 2(1), 163–171. <https://doi.org/10.56799/ekoma.v2i1.1176>
- Dyartanti, E. R., Paramitha, T., Widiyandari, H., Jumari, A., Nur, A., Budiman, A. W., & Purwanto, A. (2021). Edukasi Teknologi Produksi dan Aplikasi Baterai Lithium Ion pada Kendaraan Listrik di SMK Muhammadiyah 6 Karanganyar. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 4(2). <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v4i2.45154>
- Imansuri, F., Sumasto, F., Wirandi, M., Permana, A. K., Melliyanho, R., Aji, P., & Fathurohman, T. (2023). *Peningkatan pengetahuan mengenai sistem penggerak roda belakang untuk kendaraan sepeda motor listrik*. 157–162.
- Karimah, C. N., Suranto, D. D., Tyagita, D. A., Zain, A. T., Pratama, A. W., Sulistiono, D. O., & Azhar, F. A. (2023). Pelatihan Perakitan Battery Pack Lithium Ion 18650 Untuk Guru SMK di Kabupaten Jember. *Journal of Community Development*, 4(1), 27–34. <https://doi.org/10.47134/comdev.v4i1.121>
- Kurniawan, A., Budiman, F. A., Laksono, D. P., & Arifah, A. (2019). *Pelatihan Perakitan Sepeda Listrik pada Mahasiswa*. 51–54.
- Maghfiroh, H., Adriyanto, F., Sujono, A., & ... (2021). Pengenalan Teknologi Kendaraan Listrik untuk Siswa Sekolah Menengah Pertama (SMP). In *Jurnal Pengabdian ...* (Vol. 6, Issue 1, pp. 99–106). <http://ppm.ejournal.id/index.php/pengabdian/article/view/639%0Ahttp://ppm.ejournal.id/index.php/pengabdian/article/download/639/342>
- Miao, Y., Hynan, P., Von Jouanne, A., & Yokochi, A. (2019). Current li-ion battery technologies in electric vehicles and opportunities for advancements. *Energies*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/en12061074>
- Pandyaswargo, A. H., Wibowo, A. D., Maghfiroh, M. F. N., Rezaqita, A., & Onoda, H. (2021). The Emerging Electric Vehicle and Battery Industry in Indonesia: Actions around the Nickel Ore Export Ban and a SWOT Analysis. *Batteries*, 7(4), 80. <https://doi.org/10.3390/batteries7040080>
- Paramitha, T., Dyartanti, E. R., Widiyandari, H., Jumari, A., Nur, A., Inayati, I., Budiman, A. W., & Purwanto, A. (2021). Training of Electric Bike Assembly with Lithium Batteries at SMK Muhammadiyah 6 Karanganyar. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v5i1.53965>
- Purwanto, A., Yudha, C. S., Muzayanza, S. U., Mufidatul, L., Rahmawati, M., & Gupita, L. (2022). *Baterai Lithium : Material, Karakterisasi, dan Aplikasi*. Nas Media

Pustaka.

- Soehartono, L., Musafa, A., & Sujono. (2020). Perancangan Sistem Manajemen Baterai Pada Mobil Listrik Studi Kasus: Baterai Kapasitas 46Ah 12V Pada Neo Blits 2. *Jurnal Maestro*, 3(1), 86–97.
- Subekti, R. (2022). Urgensi Regulasi Kendaraan Listrik untuk Pengendalian Iklim dan Penggunaan Energi Terbarukan (Analisis Komparatif antara Indonesia, China, dan Amerika Serikat). *Rechtsvinding*, 11(3), 435–450.
- Teuku Rezasyah, Ivan Darmawan, A. R. (2018). Kesiapan Siswa SMK dalam Revolusi Industri 4.0. (Studi pada SMK Global Mulia Cikarang). *Kumawula : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 114–119.
- Wahyudi, Setiadi, R., Sumbodo, W., & Budiman, F. A. (2021). Rancang Bangun Media Pembelajaran Battery Management System (BMS). *KoPeN: Konferensi Pendidikan Nasional*, 3(2), 241–248.
- Yudianto, A., Sofyan, H., Widianto, A., Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, J., Menengah Kejuruan Negeri, S., & Gunungkidul, N. (2022). Pelatihan Pembelajaran Dalam Konsep Kurikulum Merdeka Belajar Dan Teknologi Mobil Listrik Di Smk Negeri 1 Ngawen Gunungkidul. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(4), 709–715.
<https://doi.org/10.31949/jb.v3i4.3301>