

Transfer Keilmuan Pembuatan Kursi Roda Listrik Adaptive Kepada Instruktur dan Siswa Disabilitas di Sub Vokasional SLBN-A Citeureup Kota Cimahi

Tata Supriyadi ¹, Budi Setiadi ², Prasetyo ³

Politeknik Negeri Bandung^{1,2,3}

e-mail : tata.supriyadi@polban.ac.

(Naskah Masuk : 13 November 2023; diterima untuk diterbitkan : 27 November 2023)

ABSTRACT

All students with disabilities (kindergarten, elementary, middle and high school levels) in the State Special School category A (SLBN-A) Citeureup, Cimahi City have been equipped with Mobility Orientation (OM) technical skills to be able to carry out activities and independent mobility safely. The existence of reluctance, taking it easy and imposing on some students with physical disabilities in the categories of diplegia and paraplegia is very risky for themselves and the surrounding environment. Reluctance to mobility activities using manual wheelchair aids (kindergarten and elementary levels) because it is felt to drain stamina. Reluctance to use the manufacturer's electric wheelchair because it is difficult to control on uphill / downhill / inclined / potholed roads and fear of bumping into use in crowded places. If this condition is allowed to impact, students and instructors with physical disabilities will find it difficult to become independent and technologically literate human beings. The purpose of this Community Partnership Empowerment (PKM) is the transfer of science and technology (IPTEK) through the design and manufacture of adaptive electric wheelchair prototypes to instructors in order to produce appropriate technology products. Adaptive is added to the ultrasonic waterproof sensor, which provides sound information and automatically makes the wheelchair slow down until it stops when it detects an object getting closer. The method of implementing PKM activities offered is the result of observation and analysis of problems faced by partners. The implementation is divided into 2, namely theoretical and practical assistance (casing design using 3D printing, electronic PCB, and Arduino-based actuator sensor programming control). The results of the science and technology transfer are practiced into prototypes and used directly by physical disability instructors for daily activities in the SLBN-A environment.

Key words: *adaptive, electric wheelchair, prototype*

ABSTRAK

Seluruh siswa disabilitas (tingkat TK, SD, SMP dan SMA) dan instruktur disabilitas fisik di lingkungan Sekolah Luar Biasa Negeri kategori A (SLBN-A) Citeureup Kota Cimahi telah dibekali kemampuan teknik Orientasi Mobilitas (OM) untuk dapat beraktifitas dan mobilitas mandiri secara aman. Adanya sikap keengganan, menggampangkan, dan memaksakan oleh sebagian siswa disabilitas fisik kategori diplegia dan paraplegia sangat berisiko terhadap dirinya serta lingkungan sekitar. Keengganan aktifitas mobilitas menggunakan alat bantu kursi roda manual (tingkat TK, dan SD) karena dirasa mengurus stamina. Keengganan menggunakan kursi roda listrik pabrikan karena dirasa sulit untuk dikendalikan di jalan menanjak/turunan/miring/berlubang dan ketakutan menabrak pada penggunaan ditempat keramaian. Jika kondisi ini dibiarkan berdampak siswa dan instruktur disabilitas fisik sulit menjadi manusia mandiri dan melek teknologi. Tujuan Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM) ini, transfer keilmuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) melalui perancangan serta pembuatan purwarupa kursi roda listrik adaptive kepada instruktur dalam rangka menghasilkan produk teknologi tepat guna. Adaptive ditambahkan sensor anti tabrak (ultrasonic

waterproof), sehingga memberikan informasi suara dan secara otomatis membuat kursi roda melambat sampai berhenti ketika mendeteksi objek semakin dekat. Metode pelaksanaan kegiatan PKM yang ditawarkan merupakan hasil observasi dan analisis permasalahan yang dihadapi mitra. Pelaksanaan terbagi menjadi 2, yaitu pendampingan teori dan praktis (desain casing menggunakan 3D printing, PCB elektronik, dan kontrol pemrograman sensor aktuator berbasis Arduino). Hasil dari transfer IPTEK dipraktekan menjadi purwarupa dan digunakan langsung oleh instruktur disabilitas fisik untuk aktifitas sehari-hari di lingkungan SLBN-A.

Kata kunci: *adaptive, kursi roda listrik, purwarupa*

PENDAHULUAN

SLBN-A Citeureup Cimahi secara geografis terletak di Kelurahan Citeureup Kecamatan Cimahi Utara Kota Cimahi, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Awal mula didirikan tahun 1984 sebagai kelas jauh dari SLB Negeri Pajajaran Kota Bandung. Adapun layanannya dikhususkan untuk pendidikan disabilitas netra (kategori A). Seiring waktu, perkembangan, serta mengacu peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan. SLBN-A Citeureup Cimahi mulai dikembangkan, tidak hanya menyelenggarakan pendidikan sekolah mulai Tingkat Kanak-Kanak (TK), Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), dan Sekolah Menengah Atas (SMA). Akan tetapi, dikembangkan menjadi *Resource Center* dengan pembukaan program Pendidikan Khusus dan Pendidikan Layanan Khusus (PK & PLK) Centra Kota Cimahi Jawa Barat terhitung tahun 2009. Adapun lingkup fokus layanannya untuk disabilitas dengan kebutuhan netra (kategori A), rungu (kategori B), grahita (kategori C), daksa (kategori D), dan autisme (kategori E). Mengacu visi misi sekolah, yaitu terbentuknya lulusan yang mandiri. Minimal dapat mandiri melaksanakan mobilitas dan aktifitas di masyarakat tanpa bantuan pendamping awas/guru/orang-tua. Sesuai dengan kurikulum DIKNAS mulai dari TK sampai SMA. Setiap siswa diajarkan praktik teknik OM dengan pendamping awas untuk usia TK, sedangkan penggunaan alat bantu diajarkan mulai tingkat SD sampai SMA. Setiap disabilitas akan diajarkan teknik OM terkait penggunaan alat bantu sesuai dengan jenis disabilitas yang dideritanya. Pada program

pengabdian masyarakat yang telah dilaksanakan selama 5 bulan, terhitung bulan Juli sampai Nopember 2023. Difokuskan lebih pada disabilitas daksa dengan kelainan fisik kategori paraplegia. Serta teknik OM menggunakan kursi roda listrik yang telah dilengkapi sensor anti tabrak. Adapun data jumlah siswa Tahun akademik 2022/2023, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Kategori D (disabilitas daksa) 2 orang dan D1 (disabilitas daksa ganda) 19 orang dari total 186 orang untuk 5 jenis layanan disabilitas. Keberlangsungan proses belajar mengajar didukung oleh guru-tata usaha dengan dipimpin kepala sekolah.



Gambar 1. Lokasi PKM

Merujuk data Kesehatan dan World Health Organization (WHO) berkenaan dengan disabilitas daksa terkait pemanfaatan alat bantu kursi roda. Kursi roda merupakan alat bantu untuk orang yang secara fisik tidak memiliki kemampuan untuk berjalan dan menopang anggota badannya secara mandiri [1]-[3]. Secara umum disabilitas daksa dikategorikan menjadi 4, yaitu paraplegia,

diplegia, cerebral palsy (CP), dan dwarfisme. Paraplegia dan diplegia merupakan kelainan yang diakibatkan karena gangguan otot, faktor genetik, dan sumsum tulang belakang. Kategori paraplegia mengalami kelainan pada bagian kedua tungkai kaki. Sedangkan diplegia mengalami kelainan pada kedua tangan atau kedua kaki lumpuh. CP merupakan kelainan yang diakibatkan adanya kerusakan jaringan syaraf otak yang berfungsi untuk mengendalikan gerakan, kecepatan belajar, perasaan dan kemampuan berfikir. Sedangkan dwarfisme merupakan kelainan yang diakibatkan adanya gangguan pertumbuhan tulang yang disebabkan faktor genetik atau medis.

Adanya keengganan siswa usia anak SD dalam penggunaan kursi roda manual karena berisiko menguras stamina. Sedangkan penggunaan oleh siswa usia menginjak remaja (SMP, SMA) seringkali muncul sikap menggampangkan dan memaksakan (cari perhatian). Kondisi ini berisiko menimbulkan terjadinya kecelakaan dikarenakan kontrol emosi terganggu. Sehingga sangat berisiko terhadap dirinya serta orang dan objek di lingkungan sekitar. Adapun untuk penggunaan kursi roda listrik pabrikan, dirasa sulit untuk dikendalikan di jalan (menanjak/turunan/miring/berlubang). Selain itu adanya ketakutan dan keengganan untuk penggunaan ditempat keramaian yang berisiko menabrak pejalan kaki atau pengguna lain di sekitarnya. Dampak apabila kondisi ini dibiarkan, maka siswa dan instruktur disabilitas daksa kategori fisik paraplegia tidak mandiri dan tidak melek teknologi.

Apabila dilihat dari sisi keinginan siswa dan kemampuan ekonomi sebagian orang tua siswa, memungkinkan untuk mengadakan kursi roda listrik. Akan tetapi, pihak sekolah masih mempertimbangkan penggunaan kursi roda listrik bukan sekedar listrik (aman digunakan). Kursi roda listrik yang memanfaatkan teknologi dengan standar keamanan penggunaan lebih untuk siswa/instruktur serta lingkungan sekitar. Selain itu siswa belum dibekali kemampuan teknik OM kursi roda listrik, dikarenakan pihak Sekolah belum memiliki inventaris yang

dianggap aman (kursi roda dilengkapi sensor anti tabrak).

Setiap lulusan siswa SMA selain dibekali kemampuan teknik OM, dibekali juga kemampuan vokasional agar setelah lulus dapat mandiri dan menghasilkan secara ekonomi di masyarakat ketika sudah lulus. Setiap siswa diwajibkan mengikuti salah satu sub vokasional. Sub vokasional yang paling banyak diminati siswa laki adalah sentra otomotif. Sentra otomotif banyak diminati siswa disabilitas (daksa, rungu, wicara), berfungsi melayani perbaikan ringan kendaraan dan peralatan elektronik. Permasalahan pada disabilitas daksa terkait keterbatasan gerak, terkuras stamina hanya untuk gerak mengambil peralatan/komponen suku cadang, sehingga kurang efektif menggunakan kursi roda manual.



Gambar 2. Jalur Menanjak/Turunan dengan Lebar Terbatas, Kesulitan Pengendalian

Gambar 2. menunjukkan terkait permasalahan aktifitas menggunakan kursi roda manual di jalur khusus dengan kemiringan $> 15^\circ$ dan lebar jalur terbatas (± 2 meter). Siswa (kanan, berpakaian warna coklat) terlihat kesulitan mengendalikan kursi roda karena jalur menurun. Sedangkan siswa (kiri, berpakaian warna orange) terlihat bersusah payah dan stamina terkuras karena jalur menanjak. Kondisi seperti ini berbahaya untuk kedua siswa, karena berisiko terjadinya tabrakan.

Gambar 3. menunjukkan terkait permasalahan aktifitas kesulitan mengendalikan emosi. Siswa disabilitas daksa kategori fisik paraplegia, spontan loncat dari

kursi roda dan menopang ke raling (melihat temannya berlari/bermain). Kondisi seperti ini berbahaya untuk siswa, karena berisiko terjadinya tumbukan dan benturan yang berdampak merusak jaringan saraf lainnya.



Gambar 3. Spontan Loncat dari Kursi Roda, Kesulitan Mengendalikan Emosi

Gambar 4. menunjukkan terkait permasalahan aktifitas disabilitas daksa kategori fisik diplegia, siswa kelas 7 menggunakan pendamping awas (orang tua). Siswa disabilitas fisik enggan menggunakan kursi roda manual secara mandiri karena kekhawatiran stamina terkuras, sulit mengendalikan dan terjadinya tabrakan. Kondisi pada siswa yang menginjak usia remaja ini apabila tidak segera di tangani akan berdampak menjadi siswa tidak mandiri.



Gambar 4. Beraktifitas Menggunakan Pendamping Orang Tua, Tidak Mandiri

Gambar 5. menunjukkan terkait permasalahan disabilitas daksa menggunakan kursi roda manual tanpa dilengkapi rem mekanik di jalur khusus dan menurun. Kondisi

ini apabila dipaksakan berdampak pada penurunan stamina, kesulitan pengendalian, dan kemungkinan menabrak (kesulitan mengerem dan menghindar).



Gambar 5. Memaksakan menggunakan Kursi Roda Tanpa Rem Mekanik di Jalur Turunan

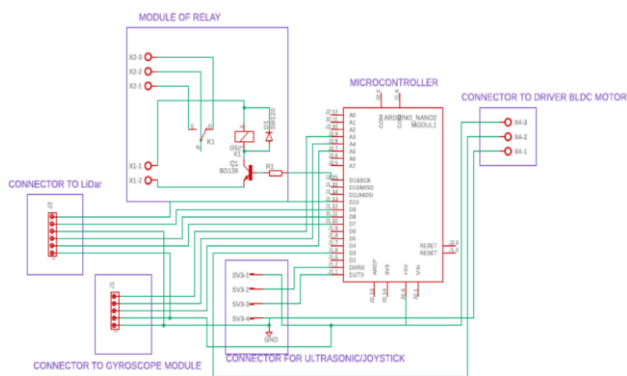
Dari permasalahan Gambar 2. sampai dengan Gambar 5. Maka disusulkan Kursi Roda Listrik Adaptive yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik sebagai indera anti tabrak otomatis.

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan kegiatan PKM yang ditawarkan dari hasil observasi dan analisis permasalahan yang dihadapi mitra terbagi menjadi 2, yaitu pendampingan teori dan praktis (pelatihan pembuatan purwarupa kursi roda listrik adaptive) [4]-[7]. Teori transfer keilmuan berupa pelatihan teknologi desain mekanik (menggunakan aplikasi fusion 360/3D printing) dan elektronika berkaitan dengan sensor serta aktuator (Motor Listrik, sensor LiDar/Ultrasonik, buzzer, dan gyroscope) [8]-[12].

Hasil keilmuan teknologi yang telah diterima dipraktekan menjadi purwarupa. Gambar 6. menunjukkan terkait skema diagram perancangan *hardware* dari sistem elektronik dan kendali (sensor, proses, aktuator) untuk Kursi Roda Listrik Adaptive. Skema diagram dalam kendali kursi roda listrik adaptive menggunakan aktuator motor BLDC sebagai penggerak kursi dan buzzer sebagai informasi suara. Proses pengendalian motor diatur oleh mikrokontroler Arduino

melalui driver motor BLDC dengan cara mengatur besarnya modulasi lebar pulsa (PWM) [13]-[16]. Selanjutnya modul relay digunakan sebagai pemutus daya utama. Sensor ultrasonik digunakan sebagai pendeteksi jarak. Sedangkan sensor lainnya (*gyroscope*) digunakan sebagai *sensing* bidang kemiringan lintasan/jalur yang dilalui kursi roda, sensor LiDar deteksi objek, dan Joystick untuk navigasi secara manual oleh disabilitas daksa untuk pengatur arah putaran dan kecepatan motor. Sensor ultrasonik yang digunakan sebagai sensor anti tabrak merupakan tipe *waterproof* dengan jangkauan jarak 20 cm sampai 600 cm.



Gambar 7. Rangkaian Kendali Kursi Roda Listrik Adaptive

Gambar 7. Menunjukkan terkait skematik rangkaian elektronik keseluruhan sistem kendali berupa mikrokontroler Arduino nano sebagai pusat kendali, konektor-konektor yang terdiri dari konektor untuk sensor (ultrasonik, LiDar, *gyroscope*, konektor terminal *driver* motor BLDC kiri dan kanan, dan modul relay). Pada Tabel 2. Menjelaskan penggunaan input dan output (I/O) pada skematik.

Tabel 2. Menunjukkan terkait tabel I/O pada mikrokontroler Arduino dari rangkaian Gambar 7. Pengaturan laju kecepatan motor BLDC akan diatur melalui program di Arduino berdasar masukan *joystick* dan dikeluarkan ke *driver* motor dalam bentuk lebar pulsa (*duty cycle* PWM 1).

Tabel 2. Input dan Output pada Mikrokontroler Arduino Nano

No.	Pin Arduino NANO	Fungsi	Keterangan
1.	D3	Output	PWM 1
2.	D13	Output	To Module of relay
3.	D7-D10	Input	LiDar
4.	A3-A5	Input	<i>gyroscope</i>
5.	D0 & D1	Input	Ultrasonic/Joystick communication

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil realisasi alat berupa kursi roda listrik adaptive seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Purwarupa/prototipe alat secara umum terbagi 2 bagian, yaitu mekanik kursi roda dan sistem elektroniknya. Mekanik kursi roda menggunakan 4 buah roda, (depan 2 buah roda bebas) dan (belakang 2 buah roda penggerak listrik independen/bergerak secara terpisah). Sedangkan sistem elektroniknya terbagi menjadi 4 bagian utama, yaitu sistem adaptive anti tabrak, sistem kontrol dan *joystick*, motor DC (tipe *brushless*), dan battere.

Cara kerja kursi roda listrik adaptive sebagai berikut. Nyalakan dan matikan catu daya battere untuk sistem dilakukan manual melalui tombol ON/OFF di bagian sistem kontrol. Menggerakkan motor DC yang berdampak kursi roda listrik bergerak dilakukan melalui tuas *joystick* secara manual (tuas ke depan → maju, tuas ke belakang → mundur, tuas ke samping → berbolak), dimana radius beloknya bergantung seberapa besar sudut tuas digerakkan. Sensor anti tabrak ultrasonik/LiDar tertanam di blok sistem adaptive anti tabrak. Kecepatan maksimum kursi roda listrik 5 Km/jam, bergantung besar sudut tuas yang digerakkan. Kecepatan yang diatur melalui tuas hanya bekerja ketika pembacaan sensor jarak > 400 cm. Ketika sensor mendeteksi objek mulai jarak 400 cm, maka sistem kontrol akan memberikan informasi suara *beep* kepada pengguna/disabilitas dan kecepatan motor otomatis dikendalikan oleh sistem. Semakin dekat pembacaan jarak sensor, nada informasi suara *beep* yang dikeluarkan akan semakin

tinggi dan kecepatan motor otomatis melambat. Apabila jarak pembacaan sudah ≤ 150 cm, maka secara otomatis motor DC berhenti (tuas *joystick* tidak berfungsi). Agar tuas *joystick* berfungsi kembali, yaitu menunggu objek yang terdeteksi sensor berpindah sejauh > 150 cm, atau sistem sensor adaptive anti tabrak dimatikan melalui sistem kontrol secara manual. Terkait sistem *charging* battere diperlukan tegangan 24 Vdc yang dilewatkan melalui blok sistem kontrol.



Gambar 8. Purwarupa Produk Kursi Roda Listrik Adaptive

Gambar 9. menunjukkan terkait pengujian penggunaan kursi roda listrik adaptive di jalan dengan kontur datar. Kecepatan kursi roda listrik adaptive dapat diatur manual melalui tuas *joystick* dan akan melambat secara otomatis ketika sensor mendeteksi objek ≤ 400 cm serta informasi suara *beep*.



Gambar 9. Pengujian Produk Kursi Roda Listrik Adaptive pada Jalur Datar

Gambar 10. menunjukkan terkait pengujian penggunaan kursi roda listrik adaptive di jalan dengan kontur kemiringan 8° . Laju kecepatan kursi roda listrik adaptive tetap stabil dan buzzer *beep* ON pada saat digunakan disabilitas (Bapak Agus Hartanto, Staff TU).



Gambar 10. Pengujian Produk Kursi Roda Listrik Adaptive pada Jalur Tanjakan 8°

Tabel 3. menunjukkan terkait data pengujian kursi roda listrik adaptive pada jalur mendatar. Algoritma tertanam pada mikrokontroler Arduino bekerja sesuai dengan yang telah direncanakan. Sensor anti tabrak pada kursi roda listrik adaptive bekerja pada

daerah jarak yang telah di rencanakan (< 150 , $150 \leq \text{jarak} \leq 400$, > 400).

Tabel 3. Pengujian Sensor Anti Tabrak pada Sistem Kursi Roda Listrik Adaptive

No.	Kontur	Jarak (cm)	Keterangan
1.	Datar	> 400	Buzzer (<i>beep</i> OFF), Kecepatan berdasar posisi sudut tuas
2.	Datar	$> 150, < 400$	Buzzer (<i>beep</i> ON), Kecepatan melambat
3.	Datar	< 150	Buzzer (<i>beep</i> OFF), Kursi Roda Listrik berhenti

Tabel 4. menunjukkan terkait data pengujian kursi roda listrik adaptive pada jalur dengan kemiringan 8° . Algoritma tertanam pada mikrokontroler Arduino bekerja sesuai dengan yang telah direncanakan. Sensor *gyroscope* pada kursi roda listrik adaptive bekerja. Pada kemiringan 8° , laju kecepatan kursi roda listrik tetap stabil.

Tabel 4. Pengujian Sensor *Gyroscope* pada Sistem Kursi Roda Listrik Adaptive

No.	Kontur	Kemiringan ($^\circ$)	Keterangan
1.	Tanjakan	8	Buzzer (<i>beep</i> ON), Kecepatan stabil
2.	Turunan	8	Buzzer (<i>beep</i> ON), Kecepatan stabil

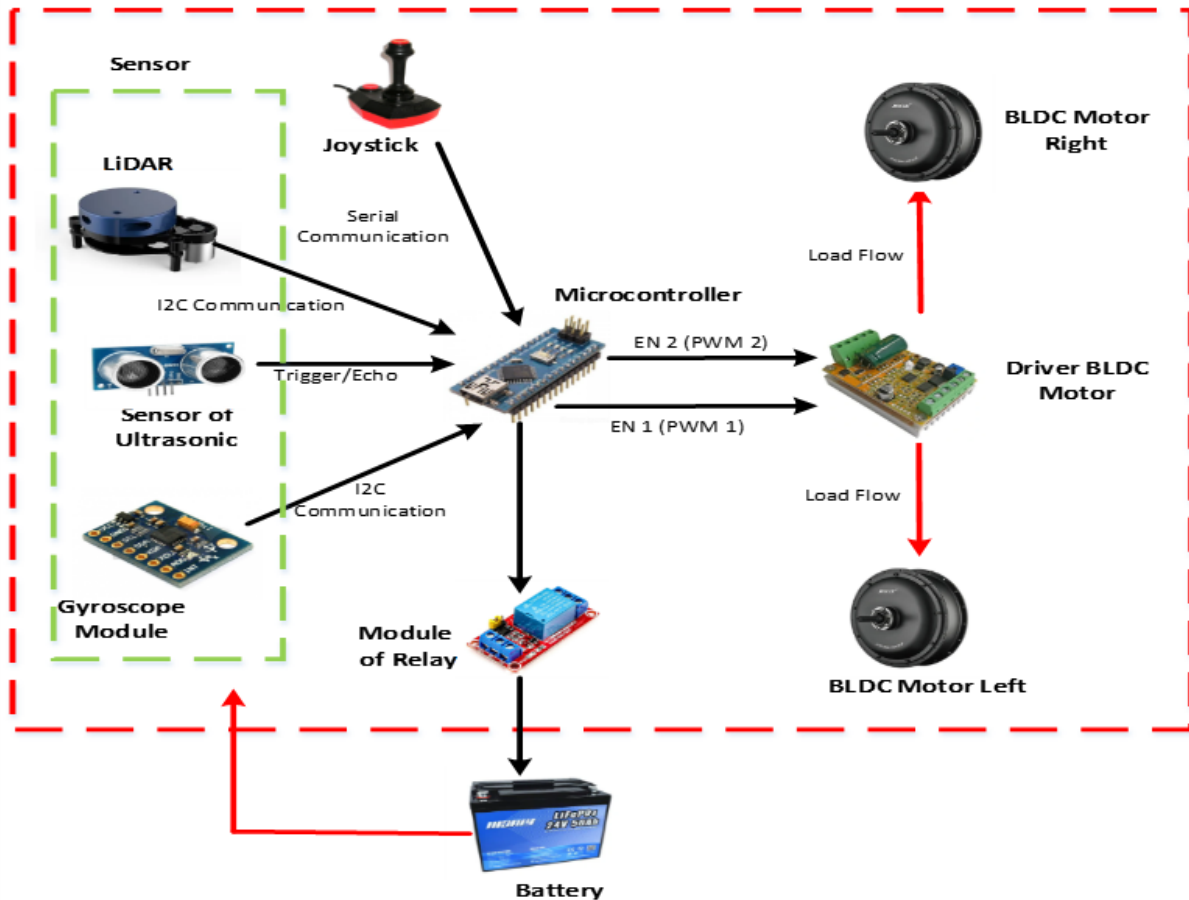
Gambar 11. menunjukkan terkait dokumentasi kegiatan PKM. Pelaksanaan untuk kegiatan dibagi menjadi 2, yaitu kelas teori dan praktek yang dilaksanakan di lokasi Mitra. Mitra berperan dalam menyediakan tempat pelatihan, sampel kursi roda manual standar yang biasa digunakan di dalam gedung kelas, sampel disabilitas untuk pengujian.



Gambar 11. Pelatihan dan Pendampingan Kepada Mitra

Tabel 1. Statistik Siswa SLBN-A Citeureup Kota Cimahi Tahun Akademik 2022/2023

NO	SATUAN PENDIDIKAN/KELAS	JUMLAH SISWA DAN JENIS KELAINAN									JML
		A	B	C	CI	D	DI	E	ADHD	AUTIS	
TK											
1	TKLB	1	1	1							3
JUMLAH TKLB		1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
2											
SDLB											
	1	2	2	7			4			2	17
	2		1	5			3			4	13
	3	2	2	9			3				16
	4	1	3	4	3		2				13
	5	6	3	2	6		1			1	19
	6	3		8					1	1	13
JUMLAH SDLB		14	11	35	9	0	13	0	1	8	91
3											
SMPLB											
	7	5	2	5	5	1	2			1	21
	8	3	1	4	3					1	12
	9	3		10			2				15
JUMLAH SMPLB		11	3	19	8	1	4	0	0	2	48
4											
SMALB											
	10	7	3	9							19
	11	1	5	5		1	1			1	14
	12	5	3	2			1				11
JUMLAH SMALB		13	11	16	0	1	2	0	0	1	44
TOTAL		39	26	71	17	2	19	0	1	11	186



Gambar 6. Skema *Hardware* Kendali Kursi Roda Listrik Adaptive

KESIMPULAN

Rancang Bangun dan Pelatihan Pembuatan Kursi Roda Listrik Adaptive Kepada Instruktur di SLBN-A Citeureup Kota Cimahi untuk sarana transfer keilmuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) produk purwarupa kursi roda listrik adaptive kepada para guru berhasil direalisasikan dengan baik. Pengujian setiap bagian terkait kursi roda listrik adaptive teralisasi dengan optimal. Sensor antitabrak dan kemiringan berfungsi dengan baik. Laju kecepatan kursi roda otomatis diambil alih sistem dan buzzer *beep ON* pada pembacaan $150 \leq \text{jarak} \leq 400$, dan berhenti pada < 150 . Pada kemiringan 8° , laju kecepatan kursi roda listrik adaptive tetap stabil. Terkait pengembangan kedepannya terdapat tambahan peserta dari mitra yang lebih kompeten (rekanan mitra).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi dan P3M Politeknik Negeri Bandung atas pendanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dengan kontrak No. B/190/PL1.R7/PG.00.03/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SehatQ, "Parenting Pengertian Tunadaksa, Jenis, dan Karakteristiknya," 2022. <https://www.sehatq.com/artikel/memahami-pengertian-tuna-daksa-dan-pilihan-pendidikannya>, accessed: 2023-03-01.
- [2] H. Rudiansyah, "Pengembangan Alat Pengajaran Kontrol Elektropneumatik Portabel Berstandar Industri," SEMNASTERA Semin. Nas. Teknol. Dan Ris. Terap., p. 8, 2019.

- [3] E. M. Abd Elsadek, H. Ashour, R. A. Refaat, and M. Mostafa, "Efficiency Improvement and Saving Energy within Electro-Pneumatic System Using VFD : (case study: production line)," in 2019 International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE), Aswan, Egypt, Feb. 2019, pp. 248–253. doi: 10.1109/ITCE.2019.8646536.
- [4] C. Wang, M. Xia, and M. Q. Meng, "in the Environment With Slope Way," vol. 69, no. 10, pp. 10759–10771, 2020.
- [5] D. A. Sanders, "Using Self-Reliance Factors to Decide How to Share Control between Human Powered Wheelchair Drivers and Ultrasonic Sensors," IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., vol. 25, no. 8, pp. 1221–1229, 2017, doi: 10.1109/TNSRE.2016.2620988.
- [6] R. Morales Caporal, A. Vazquez Leon, R. Ordonez Flores, E. Bonilla Huerta, and J. C. Hernandez Hernandez, "Digital Controller for an Electric Wheelchair Based on a Low-Cost Hardware," IEEE Lat. Am. Trans., vol. 13, no. 10, pp. 3221–3227, 2015, doi: 10.1109/TLA.2015.7387225.
- [7] B. F. Wu, P. J. Chang, Y. S. Chen, and C. W. Huang, "An Intelligent Wheelchair Anti-Lock Braking System Design With Friction Coefficient Estimation," IEEE Access, vol. 6, no. c, pp. 73686–73701, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2884658.
- [8] Widjonarko, R. Soenoko, S. Wahyudi, and E. Siswanto, "Design of Air Motor Speed Control System for Small Scale Compressed Air Energy Storage Using Fuzzy Logic," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 494, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012025.
- [9] W. Zhang, F. Zhang, J. Zhang, J. Zhang, and J. Zhang, "Application of PLC in Pneumatic Measurement Control System," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 452, p. 042074, Dec. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/452/4/042074.
- [10] Z. Lin, T. Zhang, Q. Xie, and Q. Wei, "Intelligent electro-pneumatic position tracking system using improved mode-switching sliding control with fuzzy nonlinear gain," IEEE Access, vol. 6, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2847637.
- [11] B. Setiadi, N. Mulyono, H. Purnama, and H. D. Ulhaq, "Kendali Kestabilan Kecepatan Vane Motor Pneumatik Berbasis PID," Rekayasa Hijau J. Teknol. Ramah Lingkungan, vol. 6, pp. 106–116, 2022.
- [12] D. Mursyitah, A. Faizal, and E. Ismaredah, "Desai Pengendali Fuzzy untuk Mengendalikan Posisi pada Sistem Magnetic Levitation Ball," J. Ecotipe Electron. Control Telecommun. Inf. Power Eng., vol. 6, no. 2, pp. 61–66, Oct. 2019, doi: 10.33019/ecotipe.v6i2.1127.
- [13] C. Mayort Sailana, T. S. Sollu, and A. Alamsyah, "Rancang Bangun Kursi Roda Elektrik Berbasis Internet of Things (Iot)," Foristek, vol. 11, no. 1, pp. 20–31, 2021, doi: 10.54757/fs.v11i1.34.
- [14] Mustari, "RANCANG BANGUN KURSI RODA ELEKTRIK YANG DAPAT NAIK TURUN TANJAKAN," SINERGI, vol. 2, no. 2, pp. 174–186, 2015.
- [15] A. A. Matarru, "Studi Eksperimen Arduino Uno Sebagai Pengendali Kursi Roda Elektrik," J. Informatics, Inf. Syst. Softw. Eng. Appl., vol. 4, no. 2, pp. 21–31, 2022, doi: 10.20895/inista.v4i2.499.
- [16] S. Setiawan, D. Darlis, A. Rusdinar, U. Telkom, and U. Telkom, "Implementasi Pengendali Motor Dc Pada Kursi Roda Otomatis Berbasis Arduino Implementation of Arduino-Based Dc Motor," J. Elektro Telekomun. Terap., vol. 8, no. 2, pp. 1039–1048, 2021.