

## **Pengembangan Sistem Kontrol dan Penepat Mesin CNC *Spot Welding* Untuk Perakitan *Battery Pack***

Baso Nasrullah<sup>1,\*</sup>, Uswatul Hasanah Mihdar<sup>2</sup>, Nur Harmi<sup>3</sup>, Herianto Bintang Pasau<sup>4</sup>, Muh. Nursyam<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia  
\* [basonasrullah@poliupg.ac.id](mailto:basonasrullah@poliupg.ac.id)

**Abstract:** *In Indonesia, the assembly and production of battery packs generally product are manually and semi-automatically. Manual assembly always involves using soldered wires between each battery part. In contrast, semi-automatic assembly uses an automatic spot-welding tool, but the battery movement during Spot Welding is still done manually. The CNC Spot Welding machine has been previously produced and operated by several parties. After several operations, there have been some notes and corrections that highlight potential improvements. The goal of this research is to develop a CNC Spot Welding machine that's easy to operate, to calibrate the movement of the X, Y, and Z axes on the CNC Spot Welding machine to support size precision in battery pack welding, to analyze the welding test results on the CNC Spot Welding machine, and to find out the estimated cost of making the CNC Spot Welding machine. The research Stages included literature review, problem identification, design, component selection and manufacturing, functional and component compatibility checks, assembly of mechanical, electrical, and control systems, testing, data collection, and data analysis. Data collection was done using a ruler and aluminum block to test movement accuracy. The conclusion of this study has been produced a Spot-Welding CNC machine with specifications, a table of 1200 mm x 600 mm x 743 mm, a control box of 450 mm x 260 mm x 160 mm, a machine cover of 580 mm x 560 mm x 500 mm. This machine can be easily operated and moved.*

**Keyword:** *CNC, Spot Welding, Battery Pack, Universal G-Code Sender.*

**Abstrak:** Di Indonesia, hingga saat ini proses perakitan dan produksi battery pack masih menggunakan cara manual dan semi otomatis. Perakitan manual selalu menggunakan kabel yang disolder di antara setiap bagian baterai. Sedangkan proses perakitan semi otomatis menggunakan alat titik bergerak otomatis. Namun pemindahan baterai pada proses pengelasan titik masih dilakukan secara manual. Mesin CNC *Spot Welding* ini sebelumnya diproduksi dan dioperasikan oleh beberapa pihak. Setelah beberapa kali proses pengoperasian terdapat kekurangan yang dapat diperbaiki. Penelitian ini bertujuan adalah untuk pengembangan konstruksi mesin CNC *Spot Welding* yang mudah dipindahkan, untuk sistem kontrol dan penepat yang dapat memudahkan pengoperasian mesin CNC *Spot Welding*, untuk menganalisis hasil pengujian pengelasan pada mesin CNC *Spot Welding*, dan untuk mengetahui estimasi biaya manufaktur mesin CNC *Spot Welding*. Penelitian ini dimulai dari studi literatur, identifikasi masalah, perancangan, pemilihan dan pembuatan komponen, pengecekan fungsi dan kesesuaian komponen, perakitan sistem mekanik elektrik dan sistem kontrol, pengujian dan pengambilan data, serta analisa data. Metode pengambilan data dilakukan dengan menggunakan mistar insut dan balok aluminium untuk menguji keakuratan pergerakan. Dari hasil penelitian ini telah dihasilkan mesin CNC *Spot Welding* dengan spesifikasi yaitu meja 1200 mm x 600 mm x 743 mm, control box 450 mm x 260 mm x 160 mm, cover mesin 580 mm x 560 mm x 500mm, dapat mudah dioperasikan dan dipindahkan.

**Kata kunci:** *CNC, Spot Welding, Battery Pack, Universal G-Code Sender.*

### **I. PENDAHULUAN**

Saat ini perkembangan penggunaan baterai mengalami kemajuan pesat di seluruh dunia. Transisi ke energi terbarukan diperlukan seiring dengan upaya mengurangi emisi gas dari bahan bakar fosil. Penggunaan baterai sebagai salah satu bentuk penerapan energi terbarukan dinilai bijaksana dan berperan penting dalam penyimpanan energi listrik. Secara umum, baterai dibagi menjadi dua kategori tergantung pada prosesnya, yaitu: *primary battery* (baterai sekali pakai) dan *secondary battery* (baterai isi ulang). *Secondary battery* adalah suatu komponen yang di dalamnya berlangsung reaksi elektrokimia dimana reaksinya dapat di bolak balik arah prosesnya (*reversible*). Baterai isi ulang diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berikut: (Li-ion atau LIB), lithium polymer (Li-Po), Baterai Lead Acid (Accu) dan Nickel-Metal Hydride (Ni-MH) (Wijaya et al., 2021). Tergantung pada aplikasinya, baterai lithium-

ion paling umum digunakan. Baterai lithium-ion memiliki banyak keunggulan, mulai dari kepadatan energi yang tinggi hingga kemudahan perawatannya.

Baterai kini banyak digunakan pada kendaraan listrik. Namun pada aplikasi kendaraan listrik, satu baterai tidak dapat digunakan karena tegangan dan rapat arus tidak mencukupi untuk pengoperasiannya (Masomtob et al., 2017). Oleh karena itu, baterai harus dirakit secara seri dan paralel sebagai satu battery pack. Di Indonesia, hingga saat ini proses perakitan dan produksi battery pack masih menggunakan cara manual dan semi otomatis. Perakitan manual selalu menggunakan kabel yang disolder di antara setiap bagian baterai (Zhang et al., 2019). Selain itu, proses perakitan menggunakan terminal nikel masih menggunakan perkakas tangan titik (solder) sehingga memerlukan waktu lebih lama dan hasil kurang halus. Sedangkan proses perakitan semi otomatis menggunakan alat titik bergerak otomatis. Namun pemindahan benda kerja (baterai) pada proses pengelasan titik (*Spot Welding*) masih dilakukan secara manual.

Mesin CNC *Spot Welding* atau Pengelasan titik adalah proses penyambungan logam yang menggunakan tekanan dan panas untuk menyambung benda kerja yang tumpang tindih. Istilah pengelasan titik resistensi juga dikenal di kalangan produsen. Mesin CNC *Spot Welding* ini dibuat oleh Sahrul Sabir Baharuddin, setelah beberapa kali proses pengoperasian terdapat kekurangan yang dapat diperbaiki, yaitu: perlu dudukan yang lebih bagus, perlu tambahan jig and fixture yang tepat sesuai kebutuhan, perlu kemudahan dalam kontrol, dimana kontrol tidak hanya menggunakan komputer tapi lebih memudahkan dalam hal operasional seperti kontrol tangan yang tidak membutuhkan komputer dalam proses perpindahan axis, serta desain *control box* yang simple dan estetik.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini berfokus pada pengembangan Mesin CNC *Spot Welding* yang telah ada sebelumnya untuk mengoptimalkan kinerja mesin CNC *Spot Welding*. Oleh karena itu, judul penelitian yang ditampilkan adalah “Pengembangan Sistem Kontrol dan Penepat Mesin CNC *Spot Welding* untuk Perakitan Battery Pack.”

## II. METODE PENELITIAN

Teknik analisa data yang dilakukan adalah dengan melihat kinerja pergerakan sumbu terhadap keakuratan dalam proses pengelasan. Selanjutnya, melihat dan mengamati kualitas dari hasil pengelasan. Dari analisa tersebut dapat terlihat tingkat keberhasilan dari pengembangan mesin CNC *Spot Welding* tersebut.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pembuatan Mesin

Berdasarkan hasil rancangan bangun mesin Pengembangan Sistem Kontrol dan Penepat Mesin CNC *Spot Welding* Untuk Perakitan *Battery Pack*, maka telah dihasilkan produk seperti gambar 1. berikut.



Gambar 1. Mesin CNC *Spot Welding*

Sedangkan spesifikasi mesin CNC *Spot Welding* untuk perakitan *battery pack* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin

No	Nama Komponen	Spesifikasi
1	Meja	Multipleks (1200x600x743) mm
2	Control Box	Multipleks (450x260x160) mm
3	Cover Mesin	Akrilik (580x560x500) mm
4	Joystick	Standar
5	Mini Keyboard	Standar
6	PC	Inter Pentium G690 2.80G 1066MHz Dual Core/3Mb Chace/73W LGA 1156 (Kecepatan Inti GFX 533 MHz)

Berdasarkan spesifikasi di atas, maka Mesin CNC *Spot Welding* untuk *batterypack* dapat bekerja dengan mengintegrasikan teknologi CNC (*Computerized Numerical Control*) dengan proses pengelasan titik (*Spot Welding*) untuk menghubungkan sel-sel baterai dan membentuk *battery pack*.

Pengembangan Mesin CNC *Spot Welding* ini memiliki kelebihan yang berbeda dengan mesin CNC *Spot Welding* sebelumnya, diantaranya:

1. Waktu pengelasan dapat terlihat pada tampilan utama *software*.
2. Mudah dipindahkan.
3. Penghematan waktu untuk pengaturan titik nol benda kerja dan titik nol mesin.
4. Pengontrolan sumbu X, Y, dan Z dengan mudah.

## B. Hasil Kalibrasi Pergerakan Mesin

### 1. Hasil Pergerakan Sumbu-X

Pada pengujian ini pergerakan mesin dilakukan searah sumbu-X dengan nilai input 20 mm, 30 mm, dan 50 mm kemudian didapat nilai hasil yang dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Pengujian Pergerakan Sumbu-X

No	Eksperimen	Jarak pergerakan awal (mm)		Penyimpangan (mm)
		Nilai input	Nilai hasil	
1	Jarak Pergerakan Sumbu-X	20	20,02	0,02
			20,00	0
			20,00	0
2	Jarak Pergerakan Sumbu-X	30	30,00	0
			30,02	0,02
			30,00	0
3	Jarak Pergerakan Sumbu-X	50	50,00	0
			50,02	0,02
			50,00	0

Setelah memasukkan nilai input pada *software* dan mesin melakukan pergerakan sesuai dengan perintah. Langkah selanjutnya adalah mengukur jarak dari titik awal ke titik akhir menggunakan jangka sorong ketelitian 0.02. Pengukuran ini untuk mengetahui apakah terdapat *backlash* pada hasil pergerakan mesin untuk sumbu-X. Berdasarkan tabel 4.2 terdapat nilai input 20, 30, dan 50 dimana hasil pergerakan searah sumbu-X terdapat nilai hasil penyimpangan 0 dan 0,02. Nilai hasil penyimpangan 0 artinya tidak terdapat penyimpangan dari nilai input awal dan nilai hasil 0,02 artinya terdapat penyimpangan dari nilai input awal. Untuk, penyimpangan tersebut tidak termasuk *backlash*, karena standar nilai *backlash* antara 0,05-0,20.

### 2. Hasil Pergerakan Sumbu-Y

Pada pengujian ini pergerakan mesin dilakukan searah sumbu-Y dengan nilai input 10 mm, 20 mm, dan 30 mm kemudian didapat nilai hasil yang dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Pengujian Pergerakan Sumbu-Y

No	Eksperimen	Jarak pergerakan awal (mm)		Penyimpangan (mm)
		Nilai input	Nilai hasil	
1	Jarak Pergerakan Sumbu-Y	10	10,02	0,02
			9,98	-0,02
			10,00	0
2	Jarak Pergerakan Sumbu-Y	20	20,02	0,02
			20,00	0
			20,00	0
3	Jarak Pergerakan Sumbu-Y	30	30,00	0
			30,02	0,02
			30,02	0,02

Setelah memasukkan nilai input ke dalam *software*, mesin melakukan gerakan sesuai perintah. Langkah selanjutnya adalah mengukur jarak antara titik awal dan titik akhir menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,02. Pengukuran ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat *backlash* pada hasil pergerakan mesin terhadap sumbu-Y. Berdasarkan Tabel 4.3 terdapat nilai input sebesar 10, 20 dan 30, dimana hasil pergerakan searah sumbu-Y terdapat nilai penyimpangan sebesar 0,02 dan -0,02. Nilai hasil sebesar 0 artinya tidak ada penyimpangan dari nilai input awal, nilai hasil sebesar 0,02 dan -0,02 berarti terdapat penyimpangan dari nilai input awal. Penyimpangan ini tidak termasuk *backlash* karena nilai standar *backlash* berkisar antara 0,05 hingga 0,20.

### 3. Hasil Pergerakan Sumbu-X

Pada pengujian ini pergerakan mesin dilakukan searah sumbu-Z dengan nilai input 5 mm, 10 mm, dan 15 mm kemudian didapat nilai hasil yang dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Pengujian Pergerakan Sumbu-Z

No	Eksperimen	Jarak pergerakan awal (mm)		Penyimpangan (mm)
		Nilai input	Nilai hasil	
1	Jarak Pergerakan Sumbu-Z	5	5,02	0,02
			5,00	0
			5,02	0,02
2	Jarak Pergerakan Sumbu-Z	10	10,00	0
			10,02	0,02
			10,00	0
3	Jarak Pergerakan Sumbu-Z	15	15,00	0
			14,98	-0,02
			15,00	0

Setelah nilai dimasukkan ke *software* dan mesin bergerak sesuai instruksi. Langkah selanjutnya adalah mengukur jarak dari titik awal ke titik akhir dengan jangka sorong dengan ketelitian 0,02. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat *backlash* pada gerak yang dihasilkan mesin. Berdasarkan tabel 4.4, nilai inputnya adalah 5, 10 dan 15, dimana waktu pergerakan searah sumbu-Z adalah 0, 0,02 dan -0,02. Selisih 0 berarti tidak ada perbedaan nilai awal, nilai antara 0,02 dan -0,02 berarti ada perbedaan nilai awal. Hasil penyimpangan tidak termasuk *backlash*, karena nilai standar antara 0,05 dan 0,20.

### C. Hasil Uji Coba Pengelasan

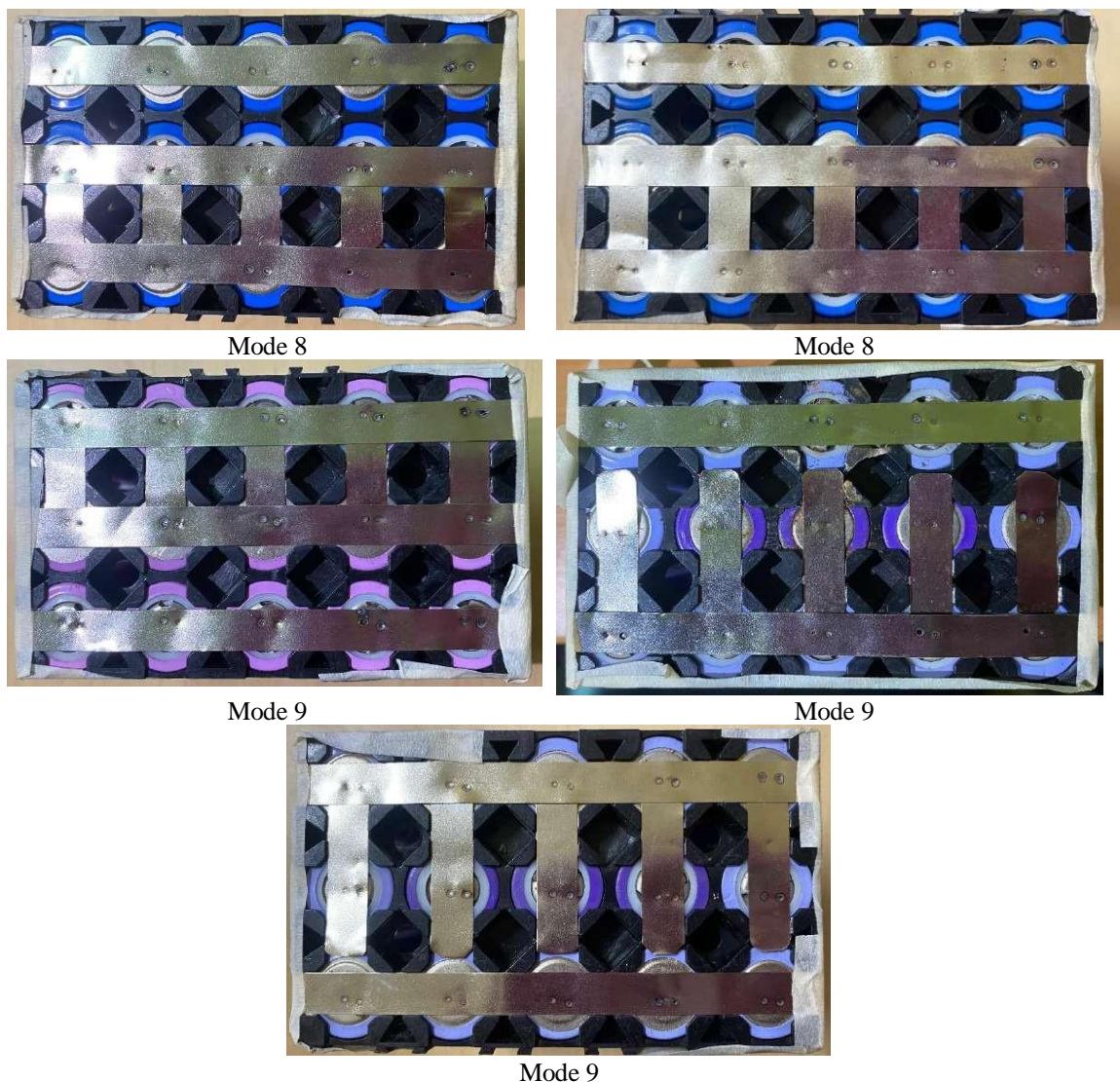
Pengujian CNC *Spot Welding* menggunakan pelat strip nikel tebal 0.1 mm dan *battery lithium-ion*. Pelat tersebut dilas menggunakan Mesin CNC *Spot Welding* dengan pola alur pemesian yang sesuai

dengan yang telah dibuat pada *software Aspire*. Selanjutnya pola alur yang telah dibuat diubah kedalam G-Code, G-Code tersebut dimasukkan ke dalam *software UGS* agar mesin dapat berjalan sesuai dengan pola alur.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian

No	Mode	Hasil Pengelasan
1	Mode-8	Hasil pengelasan untuk pengujian pertama menghasilkan 4 baterai yang tidak tersambung dengan maksimal dari 15 baterai, terdapat 2 baterai yang pengelasannya bocor. Sehingga, 9 baterai yang tersambung bagus.
2	Mode-8	Hasil pengelasan untuk pengujian kedua menghasilkan 2 baterai yang lasnya terlepas, 4 baterai yang bocor. Sehingga, ada 9 baterai yang lasnya bagus.
3	Mode-9	Hasil pengelasan untuk pengujian ketiga menghasilkan 3 baterai yang lasnya bocor dan 12 baterai yang tersambung dengan baik.
4	Mode-9	Hasil pengelasan untuk pengujian keempat menghasilkan 2baterai yang lasnya bocor dan 13 baterai yang tersambung dengan baik.
5	Mode-9	Hasil pengelasan untuk pengujian kelima menghasilkan sambungan yang baik untuk 15 baterai.

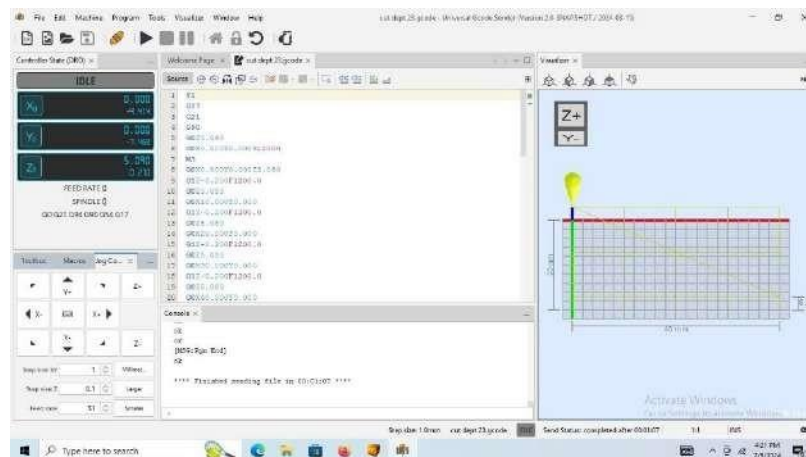
Adapun hasil pengelasan dapat dilihat beberapa mode dalam gambar berikut:



Gambar 2. Hasil pengelasan 1 hingga 5

Pada pengujian ini menggunakan dua mode yaitu mode-8 dan mode-9 dari sembilan mode yang tersedia pada mesin CNC *Spot Welding*. Pengujian ini menggunakan mode-8 dan mode-9 karena hasil pengujian sebelumnya menghasilkan tiga mode yang bagus yaitu mode-7, mode-8, dan mode-9. Pengujian ini bertujuan untuk menggabungkan lima belas buah *battery lithium ion*. Setelah melakukan 5 kali proses pengujian, rata-rata proses pengelasan membutuhkan waktu 1 menit 7 detik. Berikut tabel 4.5 untuk 5 kali proses pengujian.

Berikut gambar 3 menampilkan *software* setelah proses pengujian.



menggunakan dua mode yaitu mode-8 dan mode-9 menghasilkan kualitas pengelasan yang bagus dengan waktu pengelasan selama 1 menit 7 detik yang terlihat pada tampilan utama software Universal G-Code Sender.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariyanto, N. A. , F. F. , & P. D. (2022). Rancang Bangun Battery Pack Lithium 48V 50 AH. Eksergi: Jurnal Teknik Energi, 18(1), 102–110.
- [2] Harsono. W & T. Okumura. (2000), Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [3] Haslinda, H. (2023). Analisis Kekuatan Tegangan Geser pada Baja Karbon Sedangdari Hasil Sambungan Las Titik. JNSTA ADPERTISI Journal, 3(2), 2807–1913.
- [4] J Waluyo. (2013). Pengaruh Tebal Pelat Aluminium dan Lama Penekanan pada Pengelasan Titik terhadap Sifat Fisis, Mekanis dan Effiseinsi Panas. Jurnal Teknologi, 6.
- [5] Kuspriyanto, H. S. (2011). Mesin CNC. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [6] Masomtob, M., Sukondhasingha, R., Becker, J., & Sauer, D. U. (2017). Parametric Study of Spot Welding Between Li-Ion Battery Cells and Sheet Metal Connectors. Engineering Journal, 21(7), 457–473.
- [7] Mulyadi, D., & Nanda, R. A. (2023). Proses Produksi Manufaktur. Padang: Get Press Indonesia. (<https://www.researchgate.net/publication/374386043>)
- [8] Nasution, M. (2021). Karakteristik Baterai sebagai Penyimpan Energi Listrik secara Spesifik. Journal of Electrical Technology (Vol. 6, Issue 1).
- [9] Pahlevi, M. A. (2020). Prototipe Baterai Berbasis Karbon Aktif dari Bambu Betung (Tinjauan Pengaruh Karbon Aktif dan Elektrolit dalam Meningkatkan Daya Baterai). (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [10] S Shafira Dhaisani. (2019). Perkembangan Baterai Menuju Masa Depan. (<https://www.scribd.com/document/423875058/Perkembangan-baterai> / diakses 13 Januari 2024)
- [11] Sahrul, S. B., Neilyn, A. T. (2023). Rancang Bangun Mesin CNC Spot Welding 3 Axis untuk Battery Pack. Jurusan Teknik Mesin. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [12] Sobirin, D. M., & Utama, J. (2020). Perancangan Sistem Multi Computer Numerical Control (CNC) untuk Plotter dan Laser Engraving. Komputika: Jurnal Sistem Komputer, 9(1), 51–58. (<https://doi.org/10.34010/komputika.v9i1.2652>)
- [13] Wiguna, A. R., Toha, T., Nadhiroh, N., Kusumastuti, S. L., & Dwiyani, M. (2021). 78 Rancang Bangun dan Pengujian Battery Pack Lithium Ion. Electrices, 3(1), 28–33. (<https://doi.org/10.32722/ees.v3i1.4030>)
- [14] Wijaya, N. M. A., Kumara, I. N. S., & Divayana, Y. (2021). Perkembangan Baterai dan Charger untuk Mendukung Pemasarakatan Sepeda Listrik di Indonesia. Jurnal SPEKTRUM, 8(1), 15.
- [15] Yustiasih Purwaningrum, S. T., & Triyono, S. T. (2011). Pengaruh Tebal Plat dan Tegangan Listrik Sekunder Pengelasan terhadap Mode Patah Sambungan Las Titik (Resistance Spot Welding) Baja Karbon Rendah SS400 dan Stainless Steel JLS AUS.
- [16] Zhang, Q., Sekol, R. C., Zhang, C., Li, Y., & Carlson, B. E. (2019). Joining Lithium-Ion Battery Tabs Using Solder-Reinforced Adhesive. Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME, 141(4)