

# RANCANG BANGUN PROTOTYPE PREPARASI MATERIAL RESISTANCE SPOT WELDING

Ariyanto<sup>1)</sup> ✉, Iman Pradana A. Assagaf<sup>1)</sup>, Rifaldy Ramadhan Latief,<sup>1)</sup> Fajar Reski Maulana<sup>1)</sup>, Gusrifar<sup>1)</sup>, Muhammad Aqdar Fitrah<sup>2)</sup>, Muhammad Ikhsan<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Manufaktur Industri Agro

Politeknik ATI Makassar, Kementerian Perindustrian  
Jl Sunu No 220  
[ariyanto@atim.ac.id](mailto:ariyanto@atim.ac.id)  
[Iman.pradana@atim.ac.id](mailto:Iman.pradana@atim.ac.id)  
[rifaldy@atim.ac.id](mailto:rifaldy@atim.ac.id)  
[fajarreski0407@gmail.com](mailto:fajarreski0407@gmail.com)  
[gusrifar00@gmail.com](mailto:gusrifar00@gmail.com)

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Mesin

Akademi Komunitas Manufaktur Bantaeng, INDONESIA  
[muh.aqdarfitrah@akom-bantaeng.ac.id](mailto:muh.aqdarfitrah@akom-bantaeng.ac.id)

<sup>3)</sup>Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Bosowa, INDONESIA  
[muhhammad.ikhsan@politeknikbosowa.ac.id](mailto:muhhammad.ikhsan@politeknikbosowa.ac.id)

## Abstract

*The manufacturing process in the automotive industry is in dire need of resistance spot welding machines. Because it was easier to use, highly effective, and effective in functioning. However, there were sometimes still connection problems that were still of poor quality, both nuggets and areas that are subject to electrode pressure. To get a quality welding connection, a machine was needed that was able to carry out good material preparation in the form of sanding, able to set the welding current analogously, able to set the time with an automatic timer, able to apply pressure on the electrode measurably during the welding process. The research aimed to design a prototype of resistance spot welding material preparation that could adequately carry out material preparation and welding using a Bluetooth system connected to a mobile phone. The research methods carried out were as follows: first, designing the machine using Autodesk Inventor software, then the device was made with a focus on material preparation prototypes, then the machine elements were made for the material clamping rail, then the machine elements in the control section using Bluetooth connected to the mobile phone, the machine was tested, then the connection quality testing process was carried out on the tensile testing machine. The results showed that the design results had been made using elbows and iron plates with threaded rails with a length of 650 mm, which became material clamping rail grooves with a drive using window motors controlled by Bluetooth on the Arduino circuit. The test results of welded joints show that the roughness is 0.20  $\mu\text{m}$  which has the highest tensile strength.*

**Keywords:** Iron Plate, Bluetooth Module, Resistance Spot Welding, Quality of Welded Joints, Surface Roughness.

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi pengelasan resistance *spot welding* banyak digunakan di industri manufaktur. Proses manufaktur pada saat fabrikasi kendaraan otomotif menggunakan resistance spot welding<sup>[1]</sup>. Pengelasan adalah proses utama untuk menyambung struktur otomotif<sup>[2]</sup>. Karena dengan menggunakan *resistance spot welding* pengoperasiannya sangat mudah, sangat baik menyambung elemen-elemen otomotif khususnya *body* kendaraan<sup>[3]</sup>, karena sangat cepat penggunaannya<sup>[4]</sup>. Namun demikian kualitas sambungan dari *resistance spot welding* (RSW) masih sangat perlu ditingkatkan. Ada beberapa hal yang menyebabkan kualitas sambungan las menurun diantaranya: Persiapan material yang masih kurang baik<sup>[5]</sup>, terkadang terdapat lapisan kotoran<sup>[6]</sup>, Adanya perbedaan koefisien ekspansi *thermal* dan pembentukan senyawa

Corresponding Author:

✉ Ariyanto

Received on: 2022-12-02

Revised on: 2023-06-20

Accepted on: 2023-06-27

intermetalik rapuh <sup>[7]</sup>. Pemilihan parameter pengelasan yang belum tepat <sup>[8]</sup>. Kegagalan sambungan las karena adanya perbedaan komposisi bahan dasar dengan mikrostruktur nugget las terhadap perlakuan mekanis las <sup>[9]</sup>.

Prototipe preparasi material *resistance spot welding* (PPMRSW) diharapkan mampu menaikkan kualitas sambungan las, alat tersebut mampu melakukan proses persiapan material sebelum pengelasan atau dikenal didunia pengelasan dengan preparasi material. Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas sambungan pengelasan diantaranya: Ivan <sup>[10]</sup> meneliti mesin las titik dengan fokus pada pengatur arus, metode penelitian dengan cara mendesain menggunakan *software CAD solidworks professional 2016*, dengan pandangan *isometric 2* dan 3 dimensi. Hasil penelitian menunjukkan masih ada kekurangan dari peralatan berupa pengaturan arus yang belum maksimal. Selanjutnya subarjo dkk <sup>[11]</sup> melakukan modifikasi pada mesin last titik dengan caramenambahkan dudukan dan pedal. Hasil penelitian menunjukkan untuk mesin las yang dimodifikasi membutuhkan waktu 0.5 menit untuk pelat 0.8 mm dan 0.6 menit untuk pelat 1 mm. beberpa penelitian pula yang fokus sebelum pengelasan yaitu; modifikasi bentuk geometri dari elektroda RSW <sup>[12]</sup>. Penggunaan etsa NaOH dan asam oksalat pada permukaan yang akan disambung <sup>[13]</sup>. Penggunaan pelapisan berupa sealing pada daerah pengelasan <sup>[14]</sup>. Selama pengelasan; berupa setting parameter tekanan elektroda <sup>[15]</sup>, berupa arus RSW <sup>[16]</sup>. Perlakuan setelah pengelasan; melakukan variasi penahanan waktu pengelasan <sup>[17]</sup>. Setelah proses pengelasan diberikan hidrogen pada daerah sekitar pengelasan <sup>[18]</sup>. Berdasarkan studi literatur diatas masih belum ada peneliti yang merancang bangun prefarasi material untuk meningkatkan kualitas sambungan dengan menggunakan perlakuan mekanik berupa variasi kekasaran permukaan sambungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi rancang bangun prototipe preparasi material *resistance spot welding* dengan sistem pemilihan parameter arus mesin RSW yang mampu mengintegrasikan antara persiapan material dan pengaturan parameter pengelasan. Sehingga akan didapatkan, sambungan yang berkualitas untuk bahan AISI 304 *Stainless Steel*. Penelitian ini menjadi penting karena dengan adanya mesin yang mampu melakukan preparasi material dengan variasi kekasaran akan membuat daya rekat antara kedua spesimen lebih baik, sehingga dapat meningkatkan kualitas sambungan las. Sangat penting untuk melakukan penelitian ini sesegara mungkin agar bisa menghasilkan prototipe mesin yang mampu menaikkan kualitas sambungan las, dengan parameter yang paling tepat, yang mampu menghasilkan sambungan yang berkualitas di industri otomotif efektif dan efisien, yang akan mendorong pertumbuhan industri otomotif <sup>[19]</sup>.

## 2. METODE DAN BAHAN

Baris Untuk mendapatkan mesin yang mampu melakukan proses sambungan las yang berkualitas, maka perlu dilakukan penelitian, adapun tahapan penelitian secara umum adalah sebagai berikut; perancangan prototipe preparasi material RSW, membuat prototipe preparasi material RSW sesuai dengan rancangan, pembuatan spesimen las, preparasi sampel uji, proses pengelasan sambungan AISI 304 *stainless steel*, dan terakhir analisis kualitas hasil pengelasan sambungan las.

### 2.1. Alat Dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari laptop digunakan untuk mendesain gambar prototipe preparasi material RSW, gerinda tangan digunakan untuk memotong material pada saat proses pembuatan mesin serta pada saat pembuatan spesimen uji, mesin las *shielded metal arc welding* (SMAW) digunakan untuk menyambung elemen-elemen mesin, mesin amplas digunakan untuk melakukan persiapan material dengan

menghaluskan permukaan sambungan, bor tangan digunakan untuk melubangi elemen-elemen yang akan disambung, *motor power window* digunakan untuk menggerakkan rel penjepit material, *motor servo* digunakan untuk menggerakkan sistem kontrol arus, *driver motor* digunakan untuk menggerakkan, *solder led digital* konstan, meter dan spidol besi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *Arduino uno*, modul *Bluetooth*, amplas C60, amplas c 360, amplas c 600, baut dan mur 10, baut dan mur 12, baut dan mur 14, sekrup, pelat *mild steel* dengan tebal 1 mm, pelat *stainless steel* AISI 304 dengan tebal 1 mm, elektroda SMAW, dan mata gerinda potong.

## 2.2. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan melakukan desain prototipe RSW menggunakan *software autodesk inventor*, selanjutnya dianalisis elemen-elemennya dengan menyesuaikan kebutuhan prototipe RSW. Pembuatan elemen-elemen prototipe RSW. Merakit elemen-elemen pada mesin RSW. Menguji coba mesin prototipe RSW, pada percobaan berjalan lancar sehingga dilakukan uji coba disesuaikan dengan analisis rancangan RSW. Menguji kinerja mesin prototipe RSW dengan melakukan variasi kekasaran terhadap sampel berdasarkan kekasaran dari amplas dengan kecepatan dan waktu yang konstan. Melakukan proses pengelasan sambungan dengan pengaturan parameter yang sama dengan hanya melakukan perbedaan kekasaran pada sambungan. Pengujian kekuatan sambungan dengan menggunakan mesin uji tarik geser merek tensilo buatan jepang. Menganalisis dan membuat grafik data ujitarik geser pada aplikasi *excel*. Melakukan pembahasan berdasarkan analisis data.

## 2.3. Perancangan PPMRSW

Langkah awal dalam konstruksi mesin untuk mendapatkan mesin ideal adalah mendesain mesin <sup>[20]</sup>. Desain mesin yang di buat menggunakan *software AUTODESK Inventor*. Proses desain dilakukan pada *software Autodesk Inventor* antara lain: dudukan rel yang berfungsi untuk mengantarkan lengan penjepit spesimen las, bantalan luncur, rel, *vice grips berfungsi sebagai pemegang lengan*, stang amplas berfungsi sebagai dudukan amplas, *motor power window* berfungsi untuk menggerakkan lengan penjepit, amplas berfungsi sebagai elemen untuk menghaluskan permukaan sambungan, dan panel *box* berfungsi sebagai tempat rangkaian sistem otomasi PPMRSW .

Desain generasi pertama RSW hanya fokus pada pengelasan saja sedangkan proses persiapan material belum ada. Salah satu cara untuk meningkatka kualitas sambungan RSW adalah dengan pembuatan persiapan material dengan perlakuan mekanik yaitu pengamplasan <sup>[5]</sup>.

## 2.4. Pembangunan PPMRSW

Proses pembangunan dimulai dengan membuat elemen utama mesin, khususnya fokus pada pembuatan elemen prototipe preparasi material RSW, yang akan dipasang pada bagian sebelum proses pengelasan. Prototipe preparasi material RSW didudukkan pada mesin RSW. Pemasangan pelat dan lengan penjepit material yang akan dilas, dihubungkan dengan motor *power window* yang akan dikontrol dengan memasang arduino dan modul *bluetooth* yang akan menyambungkan dengan laptop untuk di atur program perintah geraknya, sehingga proses pengelasan bisa dikontrol melalui laptop maupun melalui *smartphone*.

### 2.5. Tahap Pembentukan Spesimen Pengelasan

Memotong spesimen stainless steel. Dimensi spesimen tebal 1 mm, panjang 100 mm dan lebar 25.5 mm. Untuk Memotong spesimen pelat *mild steel* dan *stainless steel* dengan Panjang 100 mm dan lebar 25.5 mm.

### 2.6. Tahap Pembentukan Kekasaran Kontak Spesimen

Pada tahap ini spesimen yang telah dipotong sesuai dengan dimensi pada gambar 3.17, terlebih dahulu diampelas dengan kekasaran berbeda yaitu nomor 60, 360, 600, dan tanpa pengamplasan.

### 2.7. Tahap Pengukuran Kekasaran Permukaan Kontak

Spesimen yang telah diampelas, selanjutnya diukur kekasaran permukaannya menggunakan alat ukur kekasaran profilometer merek Mitutoyo SJ 310.

### 2.8. Tahap Optimasi Pengelasan

Pada penelitian ini tiga level proses parameter yaitu: arus pengelasan, waktu pengelasan dan tekanan elektroda. Parameter dipilih berdasarkan tiga variasi berbeda yaitu terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter Pengelasan

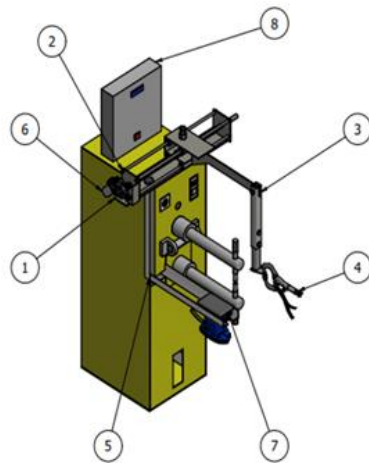
No.	Persiapan Material	Arus (kA)	Tekanan Elektroda (N/m <sup>2</sup> )	Waktu (s)
1.	Tanpa Pengamplasan	6	45	6
2.	C60	6	45	6
3.	C360	6	45	6
4.	C600	6	45	6

## 3. HASIL DAN DISKUSI

Adapun hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa desain, konstruksi, pengujian kualitas sambungan pengelasan dengan pengujian tarik.

### 3.1. Desain Prototipe Preparasi Material *Resistance Spot Welding*

Desain tiga dimensi prototipe preparasi material *resistance spot welding* Pada Gambar 1. Pada Gambar 1 terlihat bahwa desain prototipe preparasi material *resistance spot welding* pada nomor satu dudukan rel, dudukan rel berfungsi untuk menopang pergerakan motor yang menopang pencekam material. Pada nomor dua bantalan luncur berfungsi untuk membantu pergerakan dari pencekam material, dengan adanya bantalan luncur maka rel bisa bergerak dengan baik. Selanjutnya nomor tiga adalah lengan pemegang spesimen yang akan di las fungsinya menghubungkan antara rel dengan tang penjepit spesimen. Kemudian nomor empat adalah tang jepit spesimen yang dapat mencekam dengan baik digunakan untuk menjepit kedua spesimen yang akan dilas. Berikutnya nomor lima adalah elemen penyanggah mesin ampelas yang digunakan untuk melakukan persiapan material yang menyebabkan sambungan yang dihasilkan semakin baik.



**Gambar 1.** *Resistance Spot Welding*

Pada nomor enam adalah motor *power window* yang berfungsi untuk menggerakkan rel agar lengan penjepit sambungan spesimen bisa bergerak kekiri ataupun kekanan. Kemudian nomor tujuh adalah mesin amplas yang digunakan untuk menyiapkan material sehingga sambungan yang dihasilkan dengan baik. Selanjutnya nomor delapan adalah elemen kontrol yang digunakan untuk menghubungkan antara mesin dengan bluetooth pada hp sehingga mesin bisa dikontrol melalui *handphone*.

### 3.2. Struktur Mekanik Prototipe Preparasi *Material Resistance Spot Welding*

Pada gambar 2 terlihat bahwa desain 3 dimensi mesin *resistance spot welding* menggunakan amplas. Amplas berfungsi untuk memberikan perlakuan kekasaran specimen sebelum proses pengelasan berlangsung, sehingga mampu menaikkan kualitas dari sambungan las.



**Gambar 2.** Foto mesin prototipe preparasi material RSW

Struktur mekanik menjadi hal utama dalam membuat sistem otomatis <sup>[21]</sup>. Metode pengoperasian dari alat *prototype* mesin *spot welding* ini yaitu dengan memasang spesimen pada tang *grip* kemudian mengkonekkan *bluetooth* melalui laptop atau *smartphone*, selanjutnya menyalakan mesin amplas, kemudian melakukan pengamplasan spesimen, kemudian operasikan rel melalui *Smartphone* atau laptop agar bantalan rel bergeser kearah elektroda, selanjutnya atur ampere ke angka 6 kemudian lakukan pengelasan. Pada pengujian ini di operasikan melalui *Smartphone*.

### 3.3. Hasil Uji Kekasaran Pada Pelat AISI 304 *Stainless Steel*

Hasil uji kekasaran menggunakan alat ukur profilometer merek Mitutoyo dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

**Tabel 2.** Nilai Kekasaran Material

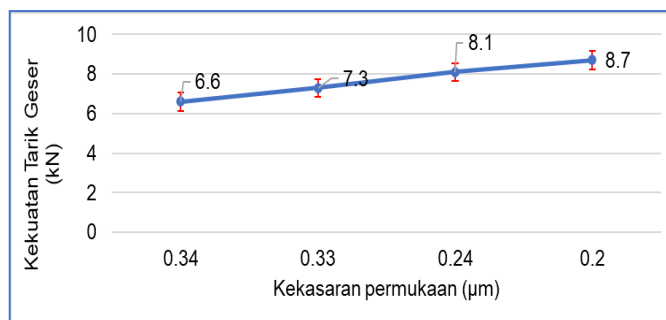
No.	Persiapan Material	Kekasaran Material
1.	Tanpa Pengamplasan	0.34 $\mu\text{m}$
2.	C60	0.33 $\mu\text{m}$
3.	C360	0.24 $\mu\text{m}$
4.	C600	0.20 $\mu\text{m}$

### 3.4. Hasil Uji Tarik

Adapun hasil uji Tarik secara numerik diperlihatkan pada Tabel 3. Agar bisa dilihat tren kekuatan Tarik maka dibuat grafik hubungan antara perlakuan mekanik berupa pengamplasan dengan kekuatan Tarik maka dibuat grafik, lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.

**Tabel 3.** Hasil Uji Tarik Geser

No.	Kekasaran Material	Kekuatan Tarik Geser
1.	0.34 $\mu\text{m}$	6.6 kN
2.	0.33 $\mu\text{m}$	7.3 kN
3.	0.24 $\mu\text{m}$	8.1 kN
4.	<b>0.21 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>8.7 kN</b>



**Gambar 3.** Grafik kekasaran permukaan dengan kekuatan tarik geser

Gambar 3. menunjukkan kekuatan tarik logam dasar dengan variasi perlakuan kekasaran berupa pengamplasan dengan seting parameter konstan berupa arus 6 kA, waktu pengelasan 6 detik dan tekanan elektroda 45 N/m<sup>2</sup>. Pada gambar 3 terlihat bahwa semakin rendah nilai kekasaran permukaan sambungan maka semakin tinggi kekuatan tarik gesernya dimana kekuatan tarik geser tertinggi pada kekasaran C600=0.2  $\mu\text{m}$ . Menurut ariyanto dkk <sup>[5]</sup>, semakin rendah nilai kekasaran permukaan sambungan, semakin baik hambatan listrik dan semakin banyak *input* panas kearea pengelasan, dengan demikian meningkatkan kualitas sambungan pengelasan.

#### 4. KESIMPULAN

Dengan berhasilnya desain, selanjutnya dibuat prototipe preparasi material yang selanjutnya diuji coba dengan melakukan pengelasan spesimen maka dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Rancang bangun prototipe preparasi material *resistance spot welding* dibuat dari plat besi dengan ketebalan 5 mm untuk rangka alat dan menggunakan besi siku dengan ketebalan 3.87 mm dan lebar 37 mm untuk dudukan mesin amplas sebagai alat preparasi sebelum pengelasan. Memanfaatkan baut ulir sepanjang 670 mm sebagai jalur gerak rel dan digerakkan oleh motor *power window* yang telah terhubung ke *arduino*, motor *servo*, dan modul *bluetooth* dengan pengaturan program perintah gerak sehingga dapat di *control* otomatis. (2) bahwa proses persiapan secara mekanik dengan pengamplasan terbaik berada pada amplas C600=0.2  $\mu\text{m}$ , dengan demikian untuk spesimen dissimilar material antara *mild steel* dengan AISI 304 *Stainless Steel*, dapat disimpulkan bahwa semakin halus sambungan spesimen maka semakin berkualitas sambungan spesimen tersebut. Hasil rancang bangun mesin *resistance spot welding* masih perlu diupayakan perbaikan, khususnya persiapan material untuk proses perlakuan panas. Dengan adanya proses persiapan material dengan perlakuan panas, maka memungkinkan untuk digunakan pada pengelasan dissimilar material khususnya pada material-material mobil listrik dimana banyak menggunakan dissimilar material.

#### PERNYATAAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami kepada unit pengabdian dan penelitian Politeknik ATI Makassar atas bantuan pendanaan, sehingga penelitian ini bisa berjalan dan dipublikasikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Bamberg, R. Seewald, A. Schiebahn, U. Reisingen, N. Precoma, and M. Epperlein, "Improvement of the resistance spot welding of Al-Mg-Si alloys by using cladding technology: An optical and mechanical characterization study," *J. Adv. Join. Process.*, vol. 5, no. December 2021, p. 100090, 2022, doi: 10.1016/j.jajp.2021.100090.
- [2] M. de Leon and H. S. Shin, "Prediction of Optimum Welding Parameters for Weld-Quality Characterization in Dissimilar Ultrasonic-Welded Al-to-Cu Tabs for Li-ion Batteries," *Met. Mater. Int.*, vol. 29, no. 4, pp. 1079–1094, 2022, doi: 10.1007/s12540-022-01271-z.
- [3] A. Chabok, H. Cao, E. van der Aa, and Y. Pei, "New insights into the fracture behavior of advanced high strength steel resistance spot welds," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 301, no. August 2021, p. 117433, 2022, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2021.117433.
- [4] T. B. Watmon, C. Wandera, and J. Apora, "Characteristics of resistance spot welding using annular recess electrodes," *J. Adv. Join. Process.*, vol. 2, no. October, p. 100035, 2020, doi: 10.1016/j.jajp.2020.100035.
- [5] Ariyanto, H. Arsyad, M. Syahid, and R. Ilyas, "Optimization of Welding Parameters for Resistance Spot Welding with Variations in the Roughness of the Surface of the AISI 304 Stainless Steel Joint to Increase Joint Quality," *Int. J. Mech. Eng. Robot. Res.*, vol. 11, no. 11, pp. 877–883, 2022, doi: 10.18178/ijmerr.11.11.877-883.
- [6] G. N. Nigon, O. B. Isgor, and S. Pasebani, "The effect of annealing on the selective laser melting of 2205 duplex stainless steel : Microstructure , grain orientation , and manufacturing challenges," *Opt. Laser Technol.*, vol. 134, no. September 2020, p. 106643, 2021, doi: 10.1016/j.optlastec.2020.106643.

- [7] H. Dong, W. Hu, Y. Duan, X. Wang, and C. Dong, "Dissimilar metal joining of aluminum alloy to galvanized steel with Al-Si, Al-Cu, Al-Si-Cu and Zn-Al filler wires," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 212, no. 2, pp. 458–464, 2012, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2011.10.009.
- [8] D. M. Rezaei, B. Heidarshenas, and F. Baniasadi, "Determination of nugget size in resistance projection welding by means of numerical method and comparison with experimental measurement," no. October, pp. 1–34, 2018, doi: 10.20944/preprints201810.0249.v1.
- [9] A. Chabok, E. Van Der Aa, and Y. Pei, "Materials Science & Engineering A A study on the effect of chemical composition on the microstructural characteristics and mechanical performance of DP1000 resistance spot welds," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 788, no. April, p. 139501, 2020, doi: 10.1016/j.msea.2020.139501.
- [10] I. Riady, "Rancang Bangun Mesin Spot Welding dengan Menggunakan Pengatur Arus Dimmer," *Univ. Muhamadiyah Surabaya*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [11] Subarjo and T. Widodo, "Subarjo: Modifikasi Mesin Las Titik Portable," *TekTanJurnal Ilm. Tek. Pertan.*, vol. 12, no. April, pp. 1–64, 2020.
- [12] S. Roth, A. Hezler, O. Pampus, S. Coutandin, and J. Fleischer, "Influence of the process parameter of resistance spot welding and the geometry of weldable load introducing elements for FRP/metal joints on the heat input," *J. Adv. Join. Process.*, vol. 2, no. June, p. 100032, 2020, doi: 10.1016/j.jajp.2020.100032.
- [13] I. K. Al Naimi, M. H. Al Saadi, K. M. Daws, and N. Bay, "Influence of surface pretreatment in resistance spot welding of aluminum AA1050," *Prod. Manuf. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 185–200, 2015, doi: 10.1080/21693277.2015.1030795.
- [14] X. Sun, Q. Zhang, S. Wang, X. Han, and Yongbing, "Effect of adhesive sealant on resistance spot welding of 301L stainless steel." 2020, doi: 10.1016/j.jmapro.2020.01.033.
- [15] K. R. Kashyzadeh *et al.*, "Resistance Spot Welding of Aluminum 6063 Alloy for Aerospace Application: Improvement of Microstructural and Mechanical Properties," *J. Inst. Eng. Ser. D*, vol. 5, no. December 2021, pp. 366–377, 2022, doi: 10.1007/s40033-021-00324-8.
- [16] Y. Lu, A. Peer, T. Abke, M. Kimchi, and W. Zhang, "Subcritical heat affected zone softening in hot-stamped boron steel during resistance spot welding," *Mater. Des.*, vol. 155, no. 2017, pp. 170–184, 2018, doi: 10.1016/j.matdes.2018.05.067.
- [17] H. Long, Y. Hu, X. Jin, J. Shao, and H. Zhu, "Effect of holding time on microstructure and mechanical properties of resistance spot welds between low carbon steel and advanced high strength steel," *Comput. Mater. Sci.*, vol. 117, pp. 556–563, 2016, doi: 10.1016/j.commatsci.2016.01.011.
- [18] T. Dai and J. C. Lippold, "The effect of postweld heat treatment on hydrogen-assisted cracking of 8630/Alloy 625 overlay," *Weld. World*, vol. 62, no. 3, pp. 581–599, 2018, doi: 10.1007/s40194-018-0578-6.
- [19] H. Haikal, "Pengaruh Parameter Pengelasan Resistance Spot Welding terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Multi-Layer Logam Tak Sejenis Berbeda Ketebalan," *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 16–24, 2021, doi: 10.33019/jm.v7i1.1661.
- [20] M. L. Sonjaya, M. Mutmainnah, and M. F. Hidayat, "Construction of Plastic Waste Extruding Machine to Produce Filaments of 3D Printing Machine," *Int. J. Mech.*, vol. 16, pp. 82–90, Jul. 2022, doi: 10.46300/9104.2022.16.10.



- [21] N. Ali Sutisna, M. Irfan Satria, J. Ki Hajar Dewantara, and C. Bekasi, "Development of Robotic Arm Controller Using Arduino Microcontroller and Mobile Device Application," *Rotasi*, vol. 24, no. 2, pp. 75–86, 2022.