

Penerapan *Electrode Tape* Menggunakan Sistem Gun *Spot Welding* Pada *End Effector Robot Arm*

Ade Saepullah, I Nyoman Budiarsa, I Made Astika
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penyambungan Las titik (*spot welding joint*) adalah langkah signifikan dalam usaha mengurangi berat body kendaraan, dimana penyambungan dapat dilakukan antara material baja dengan material ringan (Aluminium, Galvanium dll.). Penyambungan tidak saja mengurangi berat *body* kendaraan, tapi juga anti korosi dan meningkatkan kekuatan tubrukan (*Croshworthiness*). Penelitian pengelasan untuk manufaktur modern banyak dikembangkan menuju penggunaan otomatisasi dan aplikasi robot. Sedangkan untuk mengetahui pengaruh parameter dan karakteristik sudah banyak diteliti, namun terkait penyambungan merial las juga kemampuan material yang tidak sama (*dissimilar*) serta penggunaan las titik yang di rangkai pada *arm robot* belum banyak referensi yang bisa diperoleh, karenanya di lakukan penelitian penggunaan Gun *spot welding* yang di *assembly* dengan *robot arm* dimana gun *spot welding* Menggunakan *electrode tape* Pada *end effector robot arm* dirancang. Hasil dari desain ini adalah bahwa sistem pengelasan titik yang dirancang memiliki kapasitas untuk menghasilkan gaya penjepit 99,28 Newton dan tekanan maksimum 9,93 MPa yang cukup untuk melakukan pengelasan pada lembaran logam tipis seperti baja dan galvanum. Dapat juga disimpulkan bahwa sistem kelistrikan yang dirancang Ampere dengan efisiensi transformator mencapai 91% dengan penggunaan waktu penekanan rata-rata 4 detik, menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung kebutuhan energi panas untuk pengelasan titik (*Spot Welding*).

Kata kunci: *Gun Spot Welding, Electrode Tape, Robot Arm, Las Titik, Pengelasan Dissimilar. Penekanan Pengelasan*

Abstract

Spot welding joint is a significant step in an effort to reduce the weight of the vehicle body, where the connection can be made between steel materials and light materials (Aluminum, Galvanium, etc.). The connection not only reduces the weight of the vehicle's body, but also anti-corrosion and increases the impact force (Croshworthiness).

Welding research for modern manufacturing has largely been developed towards the use of automation and robotic applications. Meanwhile, to find out the influence of parameters and characteristics has been extensively researched, but related to the connection of welding merits as well as the dissimilar material capabilities and the use of spot welding assembled on the robot arm there are not many references that can be obtained, therefore research was carried out on the use of Gun spot welding which is assembled with the robot arm where Gun spot welding using electrode tape on the End Effector Robot Arm was designed.

The result of this design is that the designed spot welding system has the capacity to produce a clamping force of 99.28 Newtons and a maximum pressure of 9.93 MPa which is sufficient to perform welding on thin sheet metals such as steel and galvanium. It can also be concluded that the Ampere designed electrical system with transformer efficiency reaches 91% with an average press time of 4 seconds, indicating that the system is capable of supporting the heat energy requirements for spot welding.

Keywords: Gun spot Welding, Electrode Tape, Robot Arm, Point Welding, Dissimilar Welding. Welding Emphasis

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang manufaktur terus mengalami kemajuan yang pesat, terutama dalam proses penyambungan logam. Salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah spot welding (pengelasan titik), yaitu suatu proses penyambungan dua buah lembaran logam tipis atau lebih dengan menggunakan tekanan dan arus listrik tanpa bahan pengisi. Las titik banyak diaplikasikan di industri otomotif karena mampu menghasilkan sambungan yang rapi dan kuat dengan waktu pengerjaan yang relatif cepat [1]. Namun, proses ini juga dihadapkan pada hambatan sepeerti deformasi termal, kesulitan pengelasan pada bahan dissimilar, dan nkonsistensi hasil sambungan.

Sebagai respon atas permasalahan tersebut, integrasi sistem pengelasan dengan teknologi robotik

adalah salah satu solusi yang efektif. Aplikasi robot arm pada proses pengelasan memungkinkan terjadinya peningkatan presisi, kecepatan, serta konsistensi sambungan secara signifikan lebih baik daripada metode motde manual[2] Robotik system juga melancarkan pengelasan pada daerah yang sempit atau posisi yang tidak mudah, serta dapat di ataur untuk produksi besar. Dalam rancangannya, pemilihan aktuaktor, system kontrol, dan konfigurasi mekanik menjadi sangat penting agar system robotik dapat berjalan secara optimal dan efisien [3].

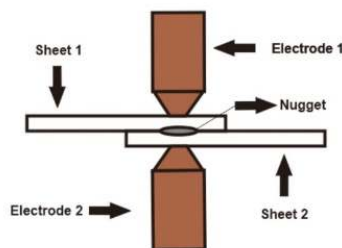
Sejalan dengan itu, penelitian ini dibuat untuk desain sistem gun *spot welding* dengan memanfaatkan electrode tape yang dapat diintegrasikan pada end effector robot arm. Tujuannya adalah menciptakan alat yang mampu menggabungkan efisiensi pengelasan titik dengan fleksibilitas dan presisi sistem

robotik. Fokus utama dari desain adalah menghasilkan gaya penjepitan dan tekanan optimal, serta efisiensi kelistrikan yang mampu memasok energi panas dalam waktu singkat untuk menciptakan sambungan yang kuat, termasuk pada material dissimilar seperti baja dan Galvanum [4].

2. Dasar Teori

2.1 Spot Welding

Las titik atau bisa juga disebut *spot welding* merupakan suatu metode pengelasan di mana dua permukaan logam yang berkontak digabungkan melalui panas yang dihasilkan dari resistansi terhadap arus listrik [5]. Proses ini umumnya digunakan untuk menyatukan dua lembaran logam dengan cara menekan dan memanaskan wilayah yang akan digabungkan [5].



Gambar 1. Proses Pengelasan Spot Welding [6]

2.2 Arm Robot

Robot lengan adalah salah satu jenis robot yang dirancang untuk meniru fungsi lengan manusia, sehingga dapat digunakan untuk melakukan berbagai tugas di lingkungan industri maupun non-industri [7]. Robot lengan terdiri dari serangkaian segmen (*links*) yang dihubungkan oleh sendi (*joints*) untuk memungkinkan pergerakan. Pergerakan ini dapat berupa translasi atau rotasi yang dikendalikan oleh aktuator, seperti motor listrik atau sistem pneumatik. Robot lengan sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan presisi tinggi, seperti pengelasan, perakitan, dan manipulasi material [8].

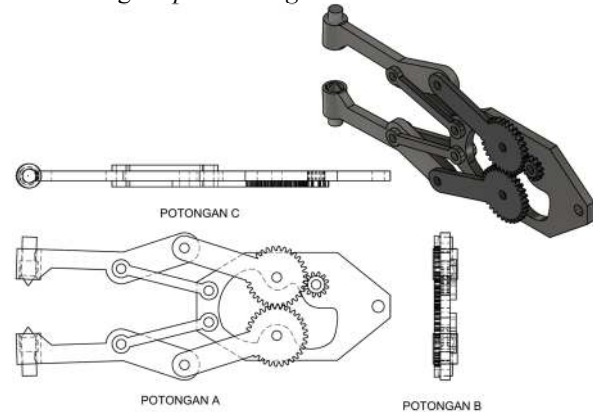


Gambar 2. Robot Arm [9]

2.3 End Effector

End effector adalah komponen pada ujung lengan robot yang berinteraksi langsung dengan objek atau lingkungan [7]. Fungsi *end effector* bergantung pada aplikasi yang diinginkan, seperti penjepit (*gripper*), alat las (*welding tool*), atau alat potong (*cutting tool*) [7]. Dalam konteks pengelasan titik (*spot welding*), *end effector* dirancang untuk menahan

elektroda dan menerapkan panas serta tekanan yang diperlukan untuk menciptakan sambungan las yang kuat oleh gun *spot welding*.



Gambar 3. Gun Spot Welding

3. Metode Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

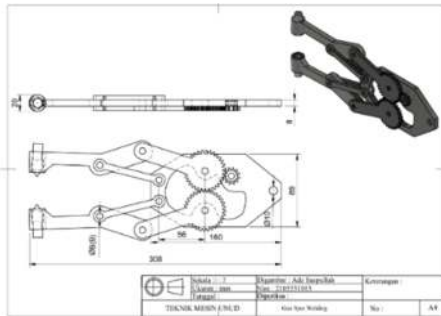
Perancangan ini dijalankan sesuai dengan tahapan pengembangan produk, yang mencakup *mechanical design*, *electrical engineering*, dan *manufacturing engineering*. *Prototype* yang dirancang terintegrasi dengan Robot Manipulator 3 AXIS sumbu x, y, dan z. Proses desain melibatkan tahap-tahap seperti persiapan, pemodelan, produksi, dan optimasi fungsi. Pengujian dilakukan dalam kondisi nyata. Data yang diperiksa untuk memverifikasi akurasi pengelasan. Penelitian ini berlangsung di Laboratorium ImeeT Udayana dan Bengkel Bubut Dwijana Teknik. Setelah stuktur *robot arm* selesai dibuat oleh peneliti (adit, 2024) dilakukan tahap perakitan system gun *spot welding* pada ujung *robot arm* (*end effector*). Gun ini berfungsi untuk mencengkram benda kerja selama proses pengelasan titik berlangsung, di Gerakan oleh motor DC. Mekanisme Gerak dilengkapi dengan GIR (Gaya Inersia Rotasi). Gaya

ini membantu menghasilkan tekanan saat proses pengelasan berlangsung. Pengujian mekanik dilakukan secara nyata untuk memastikan sistem bekerja sesuai perancangan.

3.1. Alat Penelitian

Perlengkapan yang digunakan sebagai pendukung penelitian ini harus disiapkan sesuai dengan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Berikut adalah beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Gun
2. Power Supply
3. Motor DC



Gambar 5. Desain Rancangan Gun Spot Welding

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Mekanisme Penggerak dan Sistem Penekanan

Sistem penjepitan pada perangkat gun *spot welding* dibuat untuk menciptakan gaya tekanan yang konstan selama proses pengelasan titik berlangsung. Mekanisme ini menerapkan kombinasi motor listrik arus searah (DC) dengan sistem roda gigi sebagai penggerak utama. Putaran berkecepatan tinggi dari motor ditransmisikan melalui rangkaian roda gigi untuk menurunkan kecepatan sekaligus meningkatkan torsi. Torsi yang dihasilkan kemudian diterjemahkan menjadi gerakan linier oleh mekanisme gabungan penghubung dengan penjepit rahang, sehingga memungkinkan kedua rahang menjepit benda kerja dengan cara yang tepat dan seimbang.



Gambar 6. Hasil Perancangan Arm robot dan Gun Spot Welding

1. Spesifikasi Komponen Mekanik

- Gear Kecil (Penggerak Utama)
Diameter : 21 mm
Jari – jari : 10,5 mm
- Gear Besar (Roda Gigi Output)
Diameter : 51 mm
Jari – jari : 25,5 mm
- Rasio Perbandingan Gigi
$$\text{Rasio} = \frac{51}{21} \approx 2,43$$

2. Spesifikasi Motor Penggerak DC

Tegangan Operasi : 12 Volt Dc
Kecepatan motor : 500 Rpm
Torsi Keluar Nominal: 120 Watt

Motor DC ini berfungsi sebagai penggerak utama dalam sistem. Output dari motor ini langsung dihubungkan dengan gear kecil, yang kemudian mentransfer energi rotasi ke dua roda gigi besar secara simultan.

- Perhitungan Torsi dan kecepatan Sudut

$$w = \frac{2\pi \times 500}{60}$$

$$= \frac{1.140}{60} = 52,3$$

$$T_{motor} = \frac{P}{w}$$

$$= \frac{120}{52,3} = 2,29$$

- Torsi Output Setelah Reduksi
$$T_{output} = T_{motor} \times \text{Rasio} = 2,29 \times 2,43 \approx 5,56 \text{ Nm}$$

3. Gaya Penjepitan

Untuk menghitung besarnya gaya penjepitan yang dihasilkan oleh motor perlu dikonversikan terlebih dahulu menjadi gaya linear. Konversi ini mempertimbangkan panjang tuas, yaitu jarak antara pusat poros roda gigi dengan titik engsel rahang penjepit, yang memiliki ukuran sepanjang 56 mm (0,056 m).

$$F = \frac{T}{r} = \frac{5,56}{0,056} = 99,28 \text{ N}$$

4. Tekanan Penjepitan

Dengan elektroda yang digunakan memiliki batang datar dan *electrode tape*, memiliki luas kontak permukaan dengan benda kerja sekitar 10 mm² (10 x 10⁻⁶ m² = 1 x 10⁻⁵ m²), maka besarnya tekanan penjepitan dapat didapatkan dengan melakukan pembagian total gaya penjepitan terhadap luas kontak permukaannya.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{99,28}{1 \times 10^{-5}} = 9.928.000 \text{ Pa}$$

$$= 9,93 \text{ MPa}$$

4.2. Mesin *Spot Welding*



Gambar 7. Hasil Perancangan Trafo MOT dengan 3 Lilitan kabel Las

Keterangan:

- Tegangan Primer: 220–240 V AC
- Frekuensi: 50 Hz
- Daya Nominal: 1000 Watt
- Jumlah Lilitan Sekunder Baru: 3 Lilitan
- Luas Penampang Kabel Sekunder 16 mm²
- Arus Sekunder: 42 Ampere (hasil pengukuran)
- Efisiensi Transformator (η): 91%
- Tegangan per Lilitan MOT: 2 Volt/lilitan
- Waktu Pengelasan 4 detik

Perhitungan Mesin *Spot Welding*:

a. Tegangan Skunder

$$V_2 = N_2 \times V_{\text{per lilitan}}$$

$$= 3 \times 2 = 6 \text{ Volt}$$

b. Daya Output (Skunder)

$$P_2 = V_2 \times I_2$$

$$= 6 \times 42 = 252 \text{ Watt}$$

c. Daya Input (Primer)

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta}$$

$$= \frac{252}{0.91} \approx 276.92 \text{ Watt}$$

d. Arus Primer

$$I_1 = \frac{P_2}{V_1} = \frac{276.92}{220} \approx 1.26 \text{ Ampere}$$

e. Hambatan Beban Skunder

$$R = \frac{V_2}{I_2} = \frac{6}{42} \approx 0.143 \text{ Ohm}$$

f. Energi panas daerah las

$$Q = I^2 \times R \times t$$

$$= 42^2 \times 0.143 \times 2$$

$$= 1764 \times 0.143 \times 2$$

$$\approx 504.5 \text{ Joule}$$

g. Muatan listrik yang mengalir

$$Q_{\text{muatan}} = I \times t$$

$$= 42 \times 2 = 84 \text{ Coulomb}$$

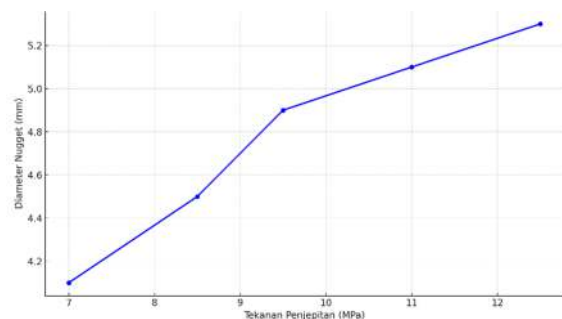
4.2 Analisi Hasil Teknan Pengelasan *Spot Welding*

Dari hasil perhitungan tekanan pengelasan dan *spot welding* dengan uji coba pengaruh tekanan pengelasan terhadap kualitas hasil sambungan las titik (*spot welding*), dilakukan serangkaian uji coba pada rentang tekanan 7- 12 Mpa, sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pengujian *Spot Welding* dengan Variasi Tekanan

Tekanan Penjepitan (MPa)	Diameter Nugget (mm)	Keterangan Visual
7	4.1	Kurang padat, sedikit terbakar
8.5	4.5	Cukup rata dan menyatu
9.93	4.9	Optimal dan simetris
11	5.1	Melebar, sedikit overhear
12.5	5.3	Terlalu lebar, risiko deformasi

Grafik berikut ini menunjukkan pengaruh terhadap penekanan pengelasan. Titik optimal dicapai pada tekanan pengelasan 9,93 Mpa selaras dengan diameter elektroda tape (5mm), menandakan perpindahan panas dan pengaruh tekanan telah mencapai kondisi ideal untuk logam tipis data hasil uji di tunjukan pada Tabel 1.



Gambar 8. Pengaruh Tekanan Pengelasan terhadap Diameter Nugget (Diameter Electrotape 5 mm, Waktu Pengelasan 4 detik, Arus 42 A)

Hasil pengujian Tekan pengelasan titik menggunakan variasi tekanan 7 - 12 terhadap material pelat tipis ditunjukkan pada Gambar 8 tersebut menunjukkan hubungan antara penekanan pengelasan dan diameter nugget yang dihasilkan, dengan tekanan penjepitan sebesar 9,93 MPa dan arus sekunder 42 A. Dari grafik terlihat bahwa diameter nugget maksimal seiring dengan tekanan pengelasan, dengan pembuktian secara Visual capaian dengan hasil kondisi optimal terdapat pada tekanan pengelasan 9.93 Mpa hal ini selaras dengan hasil perhitungan pada sistem *gun spot welding*.

5. Kesimpulan

Gun *spot welding* telah dibuat dan di *assembly* pada *robot arm*. Mekanisme penjepitan dari Gun *spot welding* tersebut mampu diintegrasikan secara efektif pada *end effector robot arm*. Desain *robot arm* yang digunakan memiliki 1 *degree of freedom*, dilengkapi dua segmen utama Arm dan satu sendi, memberikan jangkauan kerja baik. Gun *spot welding* di rancang dengan menggunakan sistem berbasis roda gigi yang digerakkan oleh motor DC. Instalansi *spot welding* di rancang untuk pengelasan titik, hasil perancangan tersebut di *assembly* pada gun *spot welding* dan *robot arm*. Instalansi *spot welding* memiliki beberapa komponen kelistrikan, trafo dirancang menggunakan tiga lilitan kabel sekunder yang mampu menghasilkan arus sebesar 42 Ampere dengan efisiensi transformator mencapai 91% dengan penggunaan tekanan pengelasan 9.93 Mpa dengan waktu penekanan digunakan 4 detik pada penggunaan material dissimilar Galvanum dan Baja Karbon ST.

Daftar Pustaka

- [1] Y. Andrianto, I. Maulana Fadhila, A. Sifa, And T. Endrawan, "Perancangan Mesin Rocker Arm Spot Welding."
- [2] T. S. Hong, M. Ghobakhloo, And W. Khaksar, "Robotic Welding Technology," In *Comprehensive Materials Processing: Thirteen Volume Set*, Vol. 6, Elsevier, 2014, Pp. V6-77-V6-99. Doi: 10.1016/B978-0-08-096532-1.00604-X.
- [3] I. N. Budiarsa, I. D. G. A. Subagia, I. W. Widhiada, And N. P. G. Suardana, "Characterization Of Material Parameters By Reverse Finite Element Modelling Based On Dual Indenters Vickers And Spherical Indentation," In *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2015, Pp. 124–129. Doi: 10.1016/J.Promfg.2015.07.022.
- [4] Md. Abdul Karim And Y.-D. Park, "A Review On Welding Of Dissimilar Metals In Car Body Manufacturing," *Journal Of Welding And Joining*, Vol. 38, No. 1, Pp. 8–23, Feb. 2020, Doi: 10.5781/Jwj.2020.38.1.1.
- [5] Y. Andrianto, I. Maulana Fadhila, A. Sifa, And T. Endrawan, "Perancangan Mesin Rocker Arm Spot Welding."
- [6] A. Sifa, M. A. Ichwan, And T. Endramawan, "Pengaruh Arus Dan Waktu Pada Micro Resistance Spot Welding Terhadap Baja Aisi 304 Dan Aluminium Paduan," *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 14, No. 1, Pp. 115–125, May 2023, Doi: 10.21776/Jrm.V14i1.1100.
- [7] P. Singh, A. Kumar, And M. Vashisth, "Design Of A Robotic Arm With Gripper & End Effector For Spot Welding," *Universal Journal Of Mechanical Engineering*, Vol. 1,

No. 3, Pp. 92–97, Oct. 2013, Doi: 10.13189/Ujme.2013.010303.

- [8] T. S. Hong, M. Ghobakhloo, And W. Khaksar, "Robotic Welding Technology," In *Comprehensive Materials Processing: Thirteen Volume Set*, Vol. 6, Elsevier, 2014, Pp. V6-77-V6-99. Doi: 10.1016/B978-0-08-096532-1.00604-X.
- [9] Rizky Setyawan, Prihadi Murdiyat, And Marson Ady Putra, "Rancang Bangun Robot Delta Berbasis Arduino Uno," *Poligrid*, Vol. 4, No. 1, Nov. 2023, Doi: 10.46964/Poligrid.V4i1.23.



Ade Saepullah menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2025. Memiliki ketertarikan pada bidang Rekayasa Manufaktur.

Judul tugas akhir. Perancangan gun *spot welding* Menggunakan *electrode tape* Untuk Sistem Las Titik Pada *end effector robot arm*.



Prof. Ir. I Nyoman Budiarsa, M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng. menyelesaikan Sarjana dan Magister di bidang Teknik Mesin di Universitas Udayana dan ITS Surabaya. Menyelesaikan Ph.D di Liverpool John Moores University. UK tahun 2013 di bidang *Mechanical engineering Materials* dan sampai sekarang aktif dalam penelitian, terutama dalam bidang *Welding engineering*, FEM, *Materials characterization, simulated based on instrumented indentation* serta *Corrosion inhibitor*.



Dr. I Made Astika, S.T., M.Erg., M.T. menyelesaikan Sarjana dan Magister di bidang Teknik Mesin di Universitas Udayana dan ITS Surabaya menyelesaikan Dr di universitas udayana. Sejak tahun 2007 sampai sekarang aktif mengajar di Jurusan Teknik Mesin FT Unud, mengajar Menggambar Teknik dan Mesin, Metrologi Industri, Elemen Mesin dan Praktikum Proses Produksi. aktif penelitian dibidang Material Komposit.