

Pengaruh Variasi Tool dan Pemanas Terhadap Hasil Pengelasan Friction

Stir Spot Welding pada Material Aluminium AA1100

Muhamad Zaki Saban^a, Erwin^a, Asyari^a, Juan Pratama^a, Yefri Chan^a,
Herry Susanto^a, Yos Novendri^b, Ferry Budhi Susetyo^c, Didik Sugiyanto^{a1}

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Darma Persada, Jakarta, 13450

^bProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Prof. Hamka, Jakarta, 12130.

^cProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, 13220

¹ didik_sugiyanto@ft.unsada.ac.id

ABSTRACT

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh variasi tool dan pemanas tambahan terhadap hasil pengelasan *Friction Stir Spot Welding* (FSSW) pada material Aluminium AA1100. Metode FSSW adalah teknik pengelasan *solid-state* yang memanfaatkan gesekan untuk menghasilkan panas, sehingga material dapat disatukan tanpa mencairkannya. Metode penelitian menggunakan variasi tool dan tambahan pemanas untuk mengamati perubahan terhadap hasil hasil pengelasan, parameter yang digunakan pada hasil pengelasan kekuatan tarik, penetrasi dan struktur makro pada area las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tool dan penggunaan pemanas tambahan secara signifikan mempengaruhi kualitas pengelasan. Tool yang berbeda memberikan variasi dalam kekuatan dan kekerasan hasil las, sementara penerapan pemanas tambahan meningkatkan homogenitas struktur makro serta memperbaiki kekuatan dan kekerasan pada area las. Penelitian ini memberikan wawasan mendalam mengenai optimasi proses FSSW pada material Aluminium AA1100, serta memberikan rekomendasi untuk peningkatan kualitas hasil pengelasan.

Keywords: FSSW, Pengelasan, Friction stir spot welding, Aluminium AA1100

Received 2 September 2024; Presented 2 Oktober 2024; Publication 20 Januari 2025

DOI: 10.71452/590897

PENDAHULUAN

Aluminium adalah logam yang biasa digunakan dalam peralatan manufaktur otomotif. Bahan logam ini adalah bahan logam dengan ketahanan korosi dan kemampuan las yang sangat baik, yang bervariasi tergantung pada paduannya, serta termasuk salah satu logam dengan sifat penghantar listrik yang baik. Aluminium merupakan material yang lebih ringan dibandingkan baja. Dampak pengurangan bobot bodi kendaraan sangatlah signifikan, dan diyakini bahwa bobot yang lebih ringan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan performa kendaraan. Karena keunggulan aluminium dibandingkan logam lainnya, penggunaan logam aluminium semakin meluas di berbagai bidang seperti dirgantara, transportasi, dan pelayaran. Sambungan titik pada aluminium dapat dibuat dengan menggunakan pengelasan. Saat ini, metode penyambungan titik yang banyak digunakan dalam bidang manufaktur adalah pengelasan titik resistansi/*resistance spot welding* (RSW) dan keling (*rivets*). Kerugian dari metode ini termasuk konsumsi energi yang tinggi dan penggunaan bahan habis pakai. Selain itu, disebabkan sifat fisik paduan aluminium maka diperlukan daya listrik yang tinggi serta tingkat cacat di area las lebih tinggi

dibandingkan pada pengelasan lembaran baja [1]. Kelemahan *resistance spot welding* yang lain jika digunakan pada paduan aluminium yaitu porositas dan retakan (*crack*). Solusi yang bisa dipakai yaitu melakukan pengelasan dengan suhu dibawah titik cair logam induk (*solid state welding*). *Friction stir spot welding* (FSSW) adalah teknik pengelasan benda padat dan tidak dapat dikonsumsi yang tidak memerlukan bahan tambahan atau instalasi gas, tetapi memanfaatkan energi panas yang dihasilkan selama proses gesekan antara pahat dengan logam dasar yang akan disambung. Beberapa penelitian berkaitan dengan FSSW sudah pernah dilakukan diantaranya dilakukan pengaruh tool geometry dan parameter proses terhadap struktur makro serta kekuatan statis nya pada pengelasan lembaran polyethelene [2]. Investigasinya melakukan upaya untuk memahami pengaruh diameter shoulder tool pada sifat mekanik dari sambungan dengan menggunakan empat variasi diameter 10, 13, 16 dan 19 mm [3]. FSSW pada paduan aluminium 5083 dengan ketebalan berbeda masing-masing 1,64 dan 1,24 mm, serta *shoulder tool* berdiameter 12 mm dengan pin silinder konvensional dan pin segitiga [4][5]. Investigasi pengaruh parameter pengelasan FSSW pada plat AA1100 dengan ketebalan 0.42 mm [6]. FSSW pada paduan aluminium 5083 dengan

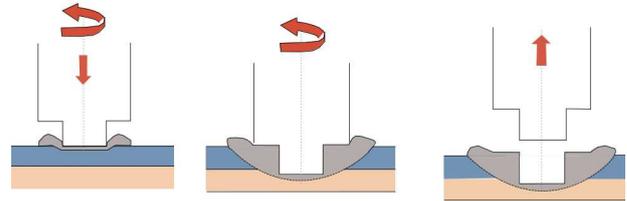
ketebalan 3mm dengan pin silinder tirus dengan tinggi 5mm, diameter atas 6mm dan bawah 3mm serta dengan diameter shoulder tool 20mm, menyatakan bahwa kecepatan rotasi tool berpengaruh cukup signifikan pada temperatur proses pengelasan [7]. pengujian tarik dan kekerasan menunjukkan bahwa kekuatan sambungan terutama ditentukan oleh kecepatan rotasi dan tidak dipengaruhi secara signifikan oleh dwell-time [8]. Oleh karena itu, Pada penelitian ini menggunakan variasi tool dan pemanas tambahan dieksplorasi untuk melihat pengaruhnya terhadap hasil pengelasan FSSW pada aluminium AA1100. Variasi tool mencakup perubahan bentuk dan ukuran pin serta shoulder pada tool FSSW, yang diharapkan dapat mempengaruhi kualitas dan kekuatan sambungan [9]. Sementara itu, penggunaan pemanas tambahan bertujuan untuk mengontrol distribusi panas selama proses pengelasan, sehingga dapat mengurangi risiko distorsi dan meningkatkan integritas sambungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi tools terhadap hasil pengelasan friction stir spot welding dengan material plat Aluminium AA1100 dan mengetahui pengaruh pengelasan friction stir spot welding menggunakan tambahan pemanas terhadap hasil pengelasan.

REVIEW LITERATUR

FSSW konvensional ditemukan oleh Mazda Motor Corporation pada tahun 1993 [10], Friction Stir Welding adalah proses pengelasan *solid-state* yang menggabungkan dua atau lebih lembaran logam tanpa melelehkan bahan tersebut. Proses ini menggunakan panas yang dihasilkan dari gesekan antara alat yang berputar (tool) dengan material logam. FSSW adalah variasi dari *Friction Stir Welding* (FSW), tetapi berfokus pada pengelasan titik dari pada pengelasan memanjang, proses FSSW terdiri dari tiga tahap: mencelupkan, mengaduk, dan menarik kembali [11].

Metode kerja FSSW dimulai dengan alat berputar dengan kecepatan sudut tinggi. Kemudian pahat dipaksa menjadi benda kerja sampai bahu pahat menyentuh permukaan atas benda kerja atas untuk membentuk titik las. Gerakan terjun alat menyebabkan pengusiran material. Setelah terjun, tahap pengadukan dimulai ketika alat mencapai kedalaman yang telah ditentukan. Pada tahap ini, alat terus berputar di benda kerja. Gesekan Panas dihasilkan pada tahap terjun dan pengadukan, dan dengan demikian bahan yang berdekatan dengan alat dipanaskan, dilunakkan, dan dicampur dalam tahap pengadukan di mana sambungan solid-state akan

terbentuk. Ketika ikatan yang dapat diterima diperoleh, alat ditarik dari benda kerja, Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sambungan ini memiliki lubang kunci karakteristik di tengah, yang secara signifikan mengurangi sifat mekanik sambungan [11].

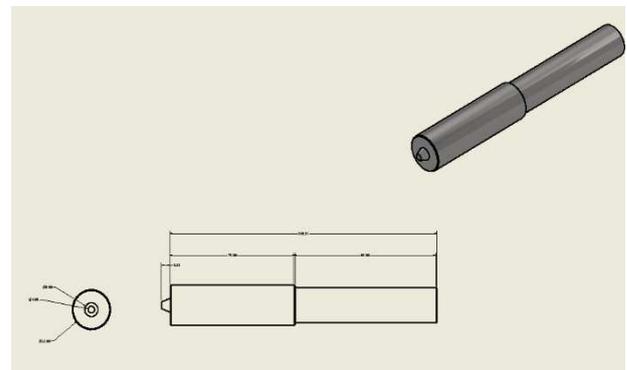


Gambar 1 : Ilustrasi proses FSSW : (a)mencelupkan, (b) mengaduk, (c) menarik kembali [11].

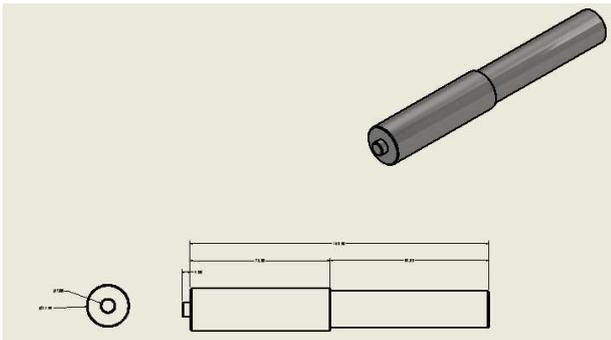
METODOLOGI

Desain Tool Friction Stir Spot Welding

Material yang digunakan pada tool untuk proses pengelasan friction stir spot welding yaitu baja AISI H13. Baja AISI H13 merupakan baja tool pengerjaan panas yang paling sering digunakan. Baja ini memiliki sifat kekuatan, ketahanan aus, dan ketangguhan yang sangat baik serta titik cair yang tinggi. Ditinjau dari sifat baja AISI H13, baja tipe ini cocok digunakan untuk dibuat menjadi tool friction stir spot welding. Dalam pembuatan tool friction stir spot welding agar dapat meningkatkan ketangguhan pada tool maka dilakukan proses heat treatment pada tool yang akan digunakan.



Gambar 1. Desain 1 dan dimensi tool friction stir spot welding.

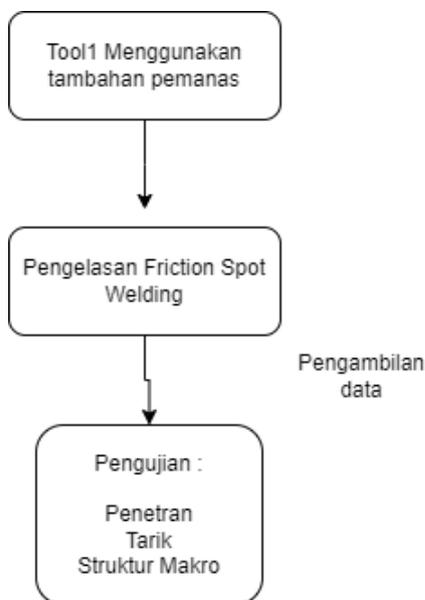


Gambar 2. Desain 2 dan dimensi tool friction stir spot welding

Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan gambaran dari proses eksperimen yang akan diteliti seperti gambar rancangan, gambar desain/foto sampel uji, wiring diagram dan diagram alir proses pengujian. Desain eksperimen menyesuaikan rumusan masalah yang diteliti yang menggambarkan proses pengujian yang akan dilaksanakan, jika rumusan masalah lebih dari satu desain eksperimen disesuaikan dengan jumlah rumusan masalah yang dicari dan masing diberi keterangan cara kerja atau prosesnya.

Uraian langkah-langkah penelitian diatas dapat dijabarkan ke dalam flow chart penelitian sebagai berikut :



Gambar 3. Langka eksperimen penelitian

Diagram alir di atas menggambarkan tahapan proses pengelasan Friction Stir Spot Welding (FSSW)

dengan penambahan pemanas dan pengujian hasilnya. Berikut penjelasan tiap tahap:

1. Tool1 Menggunakan tambahan pemanas

Tahap ini melibatkan penggunaan alat atau tool 1 yang dilengkapi dengan pemanas tambahan. Fungsi dari pemanas tambahan ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dari proses pengelasan Friction Spot Welding.

2. Pengelasan Friction Spot Welding:

Setelah alat yang menggunakan tambahan pemanas dipersiapkan, proses pengelasan Friction Spot Welding dilakukan. Friction Spot Welding adalah teknik pengelasan yang menggunakan gesekan untuk menghasilkan panas dan mengelas material tanpa mencairkannya.

3. Pengujian:

Tahap ini adalah pengujian hasil pengelasan yang meliputi beberapa jenis pengujian:

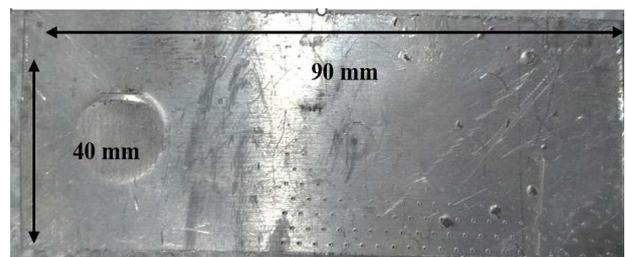
Penetran: Pengujian penetran untuk mendeteksi cacat permukaan pada hasil pengelasan.

Tarik: Uji tarik untuk mengukur kekuatan tarik dari sambungan las.

Struktur Makro: Pengujian struktur makro untuk menganalisis struktur internal dan kualitas sambungan las secara keseluruhan

Ukuran Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah aluminium seri 1100. Pembuatan specimen dimulai dengan pemotongan plat aluminium seri 1100 yang akan di las dan digunakan sebagai specimen uji. Lembaran plat aluminium dipotong menggunakan mesin potong menjadi ukuran 90 mm x 40 mm sebanyak 8 bagian yang setelah itu dilakukan pengelasan dengan metode friction stir spot welding dengan memvariasikan tools dan pemanas tambahan.



Gambar 4 Specimen sebelum pengelasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Variasi Bentuk Tools Terhadap Hasil Pengelasan FSSW Aluminium AA1100

Dari hasil eksperimen maka didapatkan bentuk hasil visual eksperimen metode pengelasan FSSW dengan menggunakan variasi bentuk tool sebagai berikut:

Table 2. Bentuk Hasil Pengelasan Frictions Spot Stir Welding

No.	Variasi Bentuk Tool	Hasil Pengelasan <i>Frictions Spot Stir Welding</i>
2.	<i>Tool 1 Tirus (Specimen 1)</i>	
2.	<i>Tool 1 Tirus (Specimen 2)</i>	
3.	<i>Tools 2 cylindrical (Specimen 3)</i>	
4.	<i>Tools 2 cylindrical (Specimen 4)</i>	

Table 2. Hasil Pengujian Tarik Rata-rata Hasil Pengelasan FSSW

No.	Variasi Tool	<i>Tensile Strength (σ)</i>	<i>Strain (e)</i>	<i>Modulus of Elasticity (E)</i>
		(MPa)	(%)	(GPa)
1	Sampel dengan Tool 1	21,34	1,33	1,605
2	Sampel dengan Tool 2	7,015	1,22	0,574

Pengujian Variasi Bentuk Tools Terhadap Hasil Pengelasan FSSW Alumunium AA1100 Menggunakan Pemanas Tambahahan

Dari hasil eksperimen maka didapatkan bentuk hasil visual eksperimen metode pengelasan FSSW dengan menggunakan variasi bentuk tool dan pemanas untuk pemanas menggunakan torch dengan suhu 200°C untuk hasil bentuk sambungan las secara visual dapat dilihat sebagai berikut :

Table 3. Bentuk Hasil Pengelasan Friction Spot Stir Welding ditambah Pemanas dengan suhu 250°C

No.	Variasi Bentuk Tool	Hasil Pengelasan <i>Frictions Spot Stir Welding</i>
1	<i>Tool 1 Tirus (Specimen 1)</i>	
2	<i>Tool 1 Tirus (Specimen 2)</i>	
3	<i>Tools 2 cylindrical (Specimen 3)</i>	
4	<i>Tools 2 cylindrical (Specimen 4)</i>	

Dari hasil uji penetrant material menunjukkan adanya beberapa cacat berupa retakan atau porositas yang terbuka ke permukaan, Pada specimen 1 terdapat dua indikasi utama. Pertama, indikasi melingkar di sekitar lubang, kedua terdapat indikasi merah muda

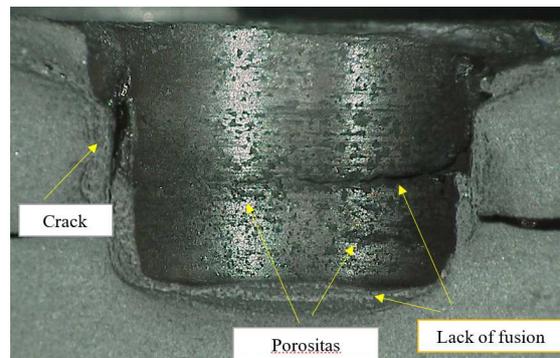
berbentuk garis melengkung di sebelah kanan lubang. Indikasi melingkar menunjukkan adanya retakan atau porositas di sekitar lubang, sementara garis melengkung menunjukkan adanya retakan atau celah pada permukaan material.

Table 4. Hasil Pengujian Tarik Rata-rata Hasil Pengelasan FSSW dengan penambahan pemanas

No.	Variasi Tool	<i>Tensile Strength (σ)</i>	<i>Strain (e)</i>	<i>Modulus of Elasticity (E)</i>
		(MPa)	(%)	(GPa)
1	Sampel dengan Tool 1	22,35	1,23	1,505
2	Sampel dengan Tool 2	8,015	1,25	0,874

Dari data tabel hasil pengujian pengelasan FSSW maka didapatkan hasil pengujian tarik rata-rata dapat di ketahui bahwa specimen 1 dengan menggunakan tool 1 bentuk tirus lebih tinggi dari specimen tools 2 bentuk silider. Penambahan pemanas pada proses friction stir spot welding meningkatkan suhu operasi dan mempengaruhi sifat mekanik hasil pengelasan. Dalam kasus ini, penggunaan pemanas tambahan meningkatkan kekuatan tarik maksimum (22,35 MPa) dibandingkan dengan proses tanpa pemanas (21,34 MPa).

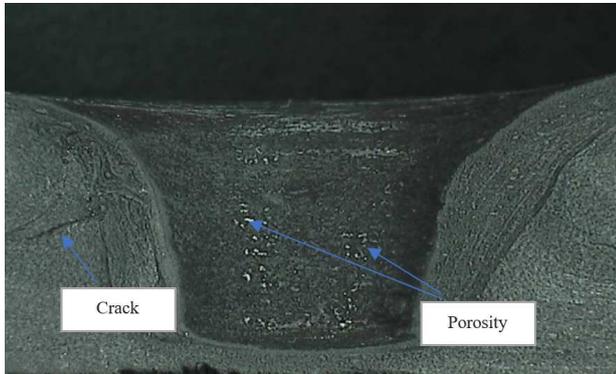
Dari pengecekan menggunakan struktur makro maka terlihat pada tampilah sebagai berikut:



Gambar 5. Gambar Struktur Makro Sambungan FSSW

Beberapa cacat diidentifikasi dari gambar yang ditunjukkan pada gambar. Pertama, terdapat retakan vertikal pada sisi kiri lasan yang disebabkan oleh

pendinginan yang cepat atau tegangan sisa yang tinggi. Selain itu, bagian atas dan bawah lasan menunjukkan kurangnya peleburan, kemungkinan akibat tekanan atau suhu yang tidak mencukupi selama proses pengelasan. Selain itu, porositas kecil juga terdeteksi di beberapa titik yang mungkin disebabkan oleh kontaminasi permukaan atau gas yang terperangkap



Gambar 6. Gambar Struktur Makro Sambungan FSSW dengan penambahan pemanas

Hasil diidentifikasi dari foto struktur makro yang ditunjukkan pertama penyebab dari setiap cacat menunjukkan bahwa face crank lama proses pengelasan, material mengalami pemanasan dan pendinginan yang cepat, yang dapat menghasilkan tegangan sisa. Tegangan ini dapat menyebabkan retakan jika tidak terdistribusi dengan baik. Porosity biasanya disebabkan oleh kontaminasi permukaan atau gas yang terperangkap selama proses pengelasan.

KESIMPULAN

1. Penggunaan tool dengan desain tirus (Tool 1) menghasilkan kekuatan tarik maksimum yang lebih tinggi (21,34 MPa) dibandingkan dengan tool berbentuk cylindrical pin (Tool 2) yang hanya mencapai 7,015 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa desain geometri tool memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan hasil pengelasan.
2. Penambahan pemanas pada proses friction stir spot welding meningkatkan suhu operasi dan mempengaruhi sifat mekanik hasil pengelasan. Dalam kasus ini, penggunaan pemanas tambahan meningkatkan kekuatan tarik maksimum (22,35 MPa) dibandingkan dengan proses tanpa pemanas (21,34 MPa), meskipun dengan regangan maksimum yang sedikit lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua yang terlibat dalam penulisan ini dan Universitas Darma Persada yang telah mendukung kegiatan penelitian ini.

DANA PENELITIAN

Penelitian ini telah didanai dari hibah internal penelitian Fakultas Teknik Universitas Darma Persada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mahoney, M. W., & Mishra, R. S. (2007). Friction stir welding and processing. ASM international.com
- [2] Bilici, M. K., & Yüklér, A. I. (2012). Influence of tool geometry and process parameters on macrostructure and static strength in friction stir spot welded polyethylene sheets. *Materials & Design*, 33, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.06.059>
- [3] Al-khateeb, M. A., & Takhakh, A. M. (2011). Effect of tool shoulder diameter on the mechanical properties of 1200 aluminum friction stir spot welding. *Journal of Engineering*, 17(6), 1517-1523.
- [4] Badarinarayan, H., Shi, Y., Li, X., & Okamoto, K. (2009). Effect of tool geometry on hook formation and static strength of friction stir spot welded aluminum 5754-O sheets. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 49(11), 814-823. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2009.06.001>
- [5] Baskoro, A., S., Hadisiswojo, S., Kiswanto, G., Winarto, Amat, M.A., Chen, Z.W., (2019), Influence of welding parameter on macrostructural and thermomechanical properties in micro friction stir welded under highspeed rotation, *The International Journal of Advanced manufacturing Technology*, 106 (1), 163-175.
- [6] Baskoro, A.S., Ritanto, A., Arifardi, M.F., and Rupajati, P. (2020) Influence of Tool diameter and plunge depth on mechanical properties of micro friction stir spot welding materials A1100, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 727(2020)012008
- [7] Aris Widyo Nugro, Fajar Hari Purnomo,

- Muhamad Budi Nur Rahman.(2021)
Karakterisasi Sambungan Friction Stir
Spot Welding pada Plat Aluminium 5083.
Vol. 24, No.1, 34-46, DOI:
<https://doi.org/10.18196/st.v24i1.12603>
- [12] Didik Sugiyanto, Herry Susanto, Taufikul
Ahdi, Analisa Buckling pada Spring JIS
SWP B7 dengan Beban 1183 N, Jurnal
Rekayasa Mesin, Universitas Brawijaya,
Malang. Vol. 12 No. 3 (2021)DOI:
[https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.
03.4](https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.03.4)
- [9] Daryanto, 2001. Ketrampilan Praktik
Teknik Mengelas dan Mematri Logam,
CV.Aneka Ilmu, Semarang.
- [10] R. Sakano, K. Murakami, K. Yamashita et
al., "Pengembangan sistem robot FSW
spot untuk anggota bodi mobil," dalam
Prosiding Simposium Internasional ke-3
Pengelasan Aduk Gesekan, Kobe, Jepang,
2004.
- [11] N.-T. Nguyen, D.-Y. Kim, dan H. Y. Kim,
"Penilaian beban kegagalan untuk
sambungan las spot aduk gesekan
AA6061-T6," Prosiding Lembaga Insinyur
Mesin B: Jurnal Teknik Manufaktur, vol.
225, no. 10, hlm. 1746–1756, 20 vt11.