

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR *TOOL* TERHADAP KEKUATAN MEKANIK  
SAMBUNGAN LAS ALUMINIUM 1XXX KETEBALAN 2 MM DENGAN METODE *FRICTION  
STIR WELDING***

**M. Kharis Romadhoni**

**Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Taman Tirta, Kasihan Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
romadhonikharis@gmail.com**

**ABSTRAK**

Friction stir welding (FSW) adalah proses pengelasan yang memanfaatkan putaran dari tool yang bergesek terhadap dua buah lempengan logam yang akan disambung. Plat yang akan disambung diletakkan berjejer dan di cekam, kemudian tool yang berputar digerakan secara kontinyu dan dengan gerakan aksial yang konstan. Menggunkan plat aluminium 1xxx dengan ukuran 170 x 50 mm ketebalan 2 mm. Setelah itu disambung menggunakan metode FSW dengan variasi kecepatan putar *tool*. Lalu diamati kekuatan tarik diuji dengan mesin uji tarik, nilai kekerasan dengan alat uji vickers, dan struktur mikro dengan mikroskop optik. Pengelasan menggunakan *feed rate* 20 mm/menit, dan variasi kecepatan putaran pada mesin 2700 rpm, 2300 rpm, dan 980 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan tegangan luluh tertinggi ke terendah terjadi pada putaran *tool* 980 rpm sebesar 80,7 dan 79,4 MPa, kemudian terendah 2700 rpm sebesar 68,73 MPa dan 64,5 MPa. Regangan tarik tertinggi terjadi pada kecepatan putar *tool* 2300 rpm, sebesar 14,1%, dan terendah 2,9% pada putaran 980 rpm. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada putaran *tool* 980 rpm sebesar 51,9 VHN dan terendah terdapat pada putaran *tool* 2300 rpm dengan nilai kekerasan 33,4 VHN. Hasil foto struktur makro menunjukkan terdapat cacat *incomplete fusion* sepanjang daerah lasan pada tiap variasi kecepatan putaran *tool*.

Keyword: Aluminium 1xxx, FSW, *feed rate*, Las gesek,

## 1. Latar Belakang

Aluminium dikenal memiliki sifat tahan terhadap korosi, konduktor listrik yang cukup baik, dan aluminium lebih ringan dari besi dan baja, sehingga banyak digunakan pada pipa hidrolis, bagian-bagian dalam kendaraan, perkapalan, bidang kedirgantaraan, dan lain-lain.

Pada umumnya penyambungan aluminium menggunakan metode rivet dan las TIG, kedua penyambungan ini sangat terbatas jika dilihat dari beberapa aspek misal hasil penyambungan menggunakan rivet yang mana hasilnya akan menambah tebal, menggunakan bahan tambah dan ada juga bahan yang terbuang dari sisa pengeboran, hal tersebut sangatlah tidak efektif jika kita melihat dari teknologi yang sekarang sedang berkembang pesat. Salah satu alternatif untuk penyambungan aluminium adalah dengan menggunakan *friction stir welding*. *Friction Stir Welding* (FSW) adalah salah satu teknik atau metode pengelasan yang

memanfaatkan gaya gesek tool pin terhadap material dan tanpa adanya penggunaan logam pengisi (*filler material*). Penelitian teknologi tentang pengelasan *friction stir welding* masih terus dikembangkan baik secara sifat-sifat material, bentuk dari *tool pin*, kecepatan putar *tool*, dan *feed rate* yang digunakan.

Aluminium paduan jenis Al-Mg (seri 1xxx), jenis paduan aluminium magnesium ini termasuk jenis yang tidak dapat diperlakukan-panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al-Mg banyak digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair, dan oksigen cair, peralatan rumah tangga, struktur rangka kendaraan dan kapal laut.

Peneliti terdahulu telah meneliti tentang pengaruh putaran tool terhadap sifat mekanis sambungan FSW telah banyaknya diteliti. Sudarajat (2014), menggunakan material AA 1100

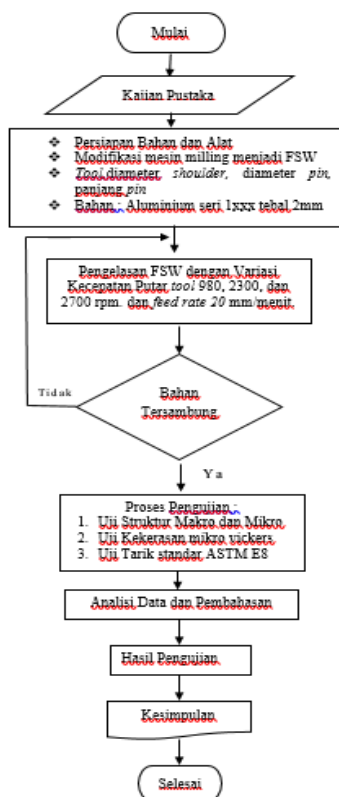
pada variasi putaran 780, 980, 1120 rpm, didapatkan hasil kekuatan tarik yang tertinggi adalah dengan menggunakan putaran tool 1120 rpm dengan nilai 56.528 Mpa dan pada putaran tool 980 rpm sebesar 38.472 Mpa. Cacat wormholes pada pengelasan dengan putaran tool 980 rpm adalah hal utama yang mengurangi kekuatan Tarik.

Berdasarkan uraian di atas, diketahui bahwa kecepatan putar tool mempengaruhi kekerasan sambungan las. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar tool pada FSW ini dilakukan, memberikan informasi baru tentang kekuatan tarik, tingkat kekerasan dan struktur makro dan mikro pada FSW dengan variasi kecepatan putar tool pada AA 1xxx.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Diagram Alir penelitian

Langkah-langkah utama dalam proses pengelasan dengan metode FSW dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Diagram Alir Percobaan FSW Pada Plat Aluminium 1xxx

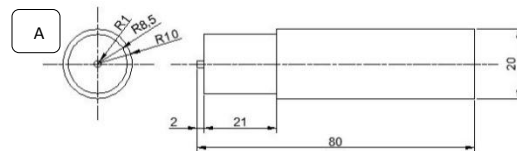
### 2.2. Prosedur Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium 1xxx ketebalan 2mm.



Gambar 2 Aluminium seri 1xxx

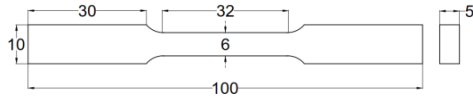
Proses FSW dilakukan dengan menggunakan mesin milling dengan variasi kecepatan tool 9800, 2300, dan 2700 rpm. Tool yang digunakan adalah baja yang dengan bentuk pin silinder seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 3 (a) Desain tool dan (b) bentuk tool

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk melihat zona-zona yang terbentuk dan batasan zona akibat pengelasan FSW dan karakteristik metalurgi dengan menggunakan mikroskop optik. Zona tersebut ialah logam induk, HAZ, TMAZ, dan NZ.

Pengamatan juga dilakukan terhadap sifat mekanik hasil lasan seperti kekerasan dan kekuatan tarik. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Vicker di zona lasan dengan 21 titik dan bentuk spesimen uji tarik yang digunakan mengikuti standart ASTM E8, seperti pada gambar 4.

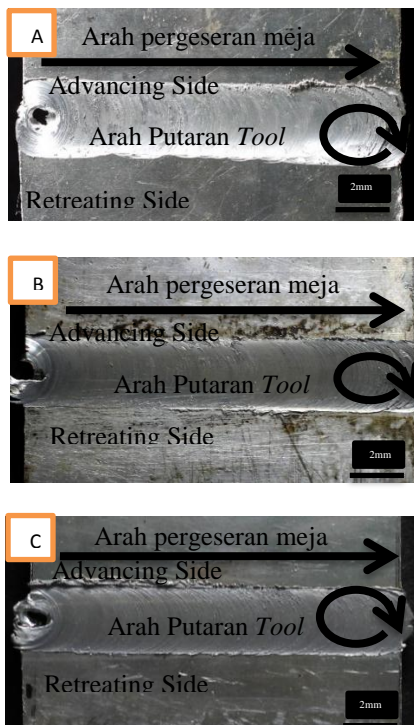


Gambar 4 Spesimen uji tarik ASTM E8

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisa visual permukaan lasan

Profil permukaan atas dan bawah yang dihasilkan dari proses pengelasan dengan variasi *feed rate* ditunjukkan pada Gambar 5 pada permukaan lasan masih terlihat adanya *ripple*. Akhir lasan terdapat lubang pin dari tool yang digunakan, ini merupakan kekurangan pengelasan FSW.



Gambar 5 (a). hasil pengelasan dan tampak belang dengan metode FSW kecepatan putar tool 980 rpm (b). 2300 rpm. (c). 2700 rpm.

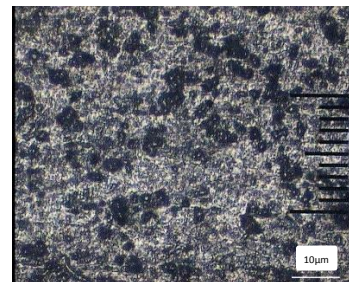
#### 3.2. Struktur Makro dan Mikro

Pada hasil foto makro terlihat adanya adanya cacat yang berupa cacat incomplete fusion. Cacat ini terjadi akibat material yang teraduk hanya sepertiga dari seluruh material yang dilas. Hasil foto makro terlihat pada Gambar 6.



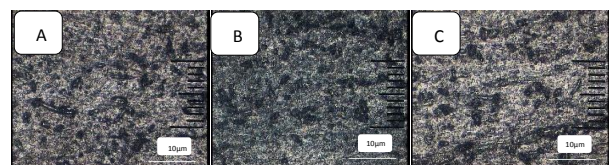
Gambar 6 (a) Struktur makro sambungan las FSW dengan variasi putaran tool 980 rpm, (b) 2300 rpm, dan (c) 2700 rpm.

Pengamatan struktur mikro lasan di daerah BM, HAZ, dan NZ untuk lasan FSW dengan variasi *feed rate*. Pada Gambar 7 menunjukkan struktur mikro dari BM.



Gambar 7 Struktur mikro *base metal* Aluminium 1xxx setelah pengujian mikrostruktur dengan pembesaran 100x

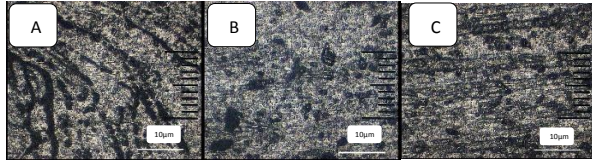
Pada daerah base metal bentuk butir memiliki ukuran partikel yang lebar karena pada daerah base metal tidak terpengaruh efek panas yang dapat merubah struktur mikronya.



Gambar 8 (a) Struktur Mikro HAZ kecepatan tool 980 rpm (b)2300 rpm dan (c)2700 rpm

Pada Gambar 8 (a), (b) dan (c) menunjukkan daerah HAZ, di daerah tersebut

mengalami perubahan bentuk partikel, pada daerah tersebut ukuran partikel terlihat lebih kecil jika dibandingkan dengan daerah base metal dan partikel masih terlihat kasar. Dari penjelasan tersebut bahwa daerah HAZ partikel masih berbentuk kasar dikarenakan daerah HAZ hanya terpengaruh panas dari gesekan *tool* pada saat proses pengelasan.

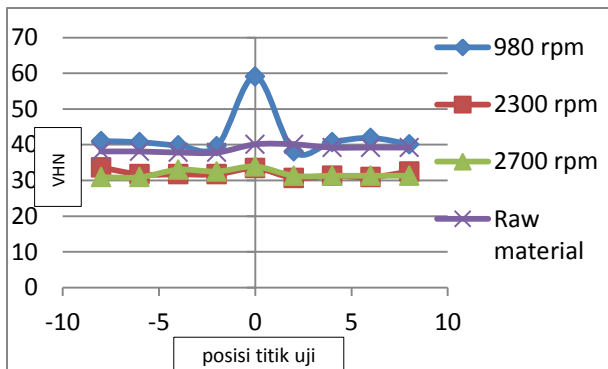


Gambar 9 Struktur mikro daerah *stir zone* variasi putar *tool* (a) 980 rpm, (b) 2300 rpm, dan (c) 2700 rpm dengan pembesaran 100x

Pada Gambar 9(a) dan (c) Struktur mikro pada daerah *stir zone* terlihat bentuk partikel terlihat kasar dan terlihat mengikuti alur dari putaran pin tersebut, hal ini diakibatkan kurangnya efek panas dan tidak stabilnya panas yang dihasilkan pada proses pengelasan. Pada Gambar 9(b) menunjukkan daerah *stir zone*, pada daerah ini partikel mengalami pertumbuhan dan partikel terlihat lebih lembut terjadi akibat adanya rekristalisasi yang disebabkan oleh proses puntiran pada saat pengelasan.

### 3.3. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan pada tiap spesimen hasil pengelasan dengan variasi *Feed rate* pengujian kekerasan dengan menggunakan uji kekerasan mikro *Vicker*.



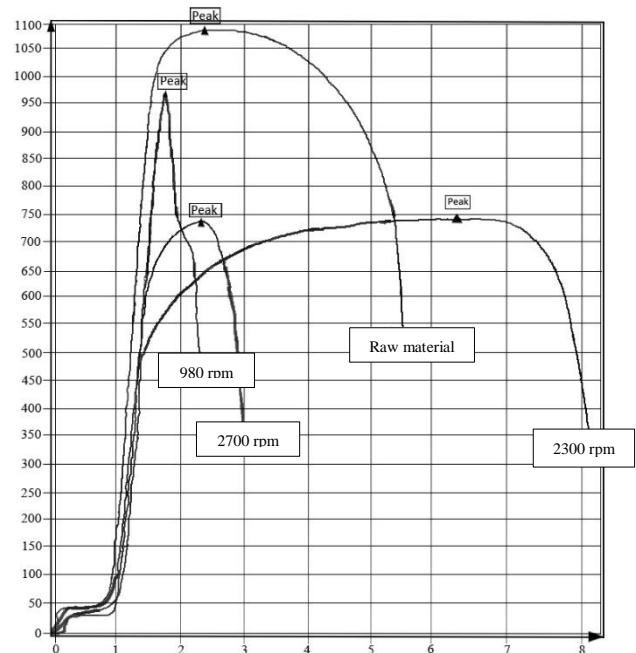
Gambar 10 Grafik Uji Kekerasan

Pada garafik 10 terlihat nilai kekerasan tertinggi terdapat pada kecepatan putar *tool* 980

rpm dengan nilai kekerasannya 51.9 VHN nilai kekerasannya melebihi dengan kekerasan raw material, pada putaran *tool* 2300 rpm terjadi penurunan nilai kekrasan dengan nilai kekrasan sebesar 33.4 VHN.

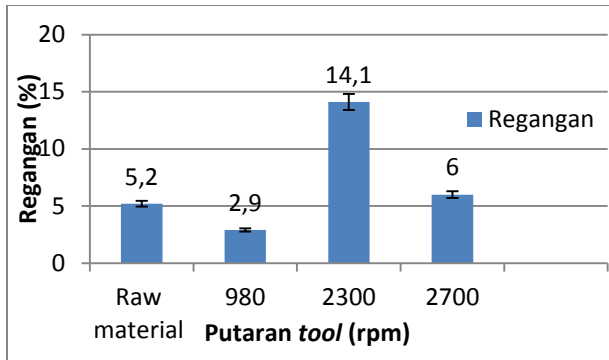
### 3.4. Uji Tarik

Pengujian uji tarik dilakukan pada material aluminium lxxx pada logam hasil pengelasan. Dimensi specimen uji tarik untuk material pengelasan menggunakan standar ASTM E8. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik berupa nilai tegangan dan regangan dari hasil pengelasan yang akan dibandingkan dengan nilai tegangan dan regangan *raw material*.



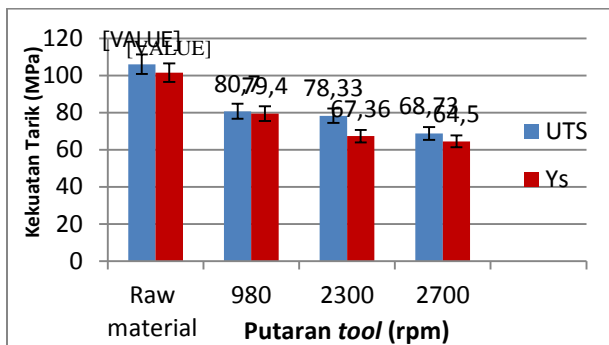
Gambar 11 Grafik Uji Tarik UTM

Gambar 11 menunjukkan bahwa antara logam induk aluminium lxxx dengan logam yang sudah dilas memiliki perbedaan tegangan tarik yang sangat signifikan, yang hampir mencapai 76% dari kekuatan *raw material*nya



Gambar 12 Grafik pengaruh putaran *tool* terhadap regangan hasil las FSW

Untuk regangan pada gambar 12 yang terjadi pada pengujian tarik ini regangan terbesar terjadi pada putaran *tool* 2300 rpm sebesar 14,1%, kemudian 2700 rpm sebesar 6% dan yang terendah 980 rpm sebesar 2.9%. Pada hasil pengujian tarik tersebut nilai regangan tertinggi pada putaran *tool* 2300 rpm disebabkan pada hasil las tidak terlihat retak maupun rongga dan membentuk butiran-butiran halus.



Gambar 13 Grafik UTS dan Yield Strength

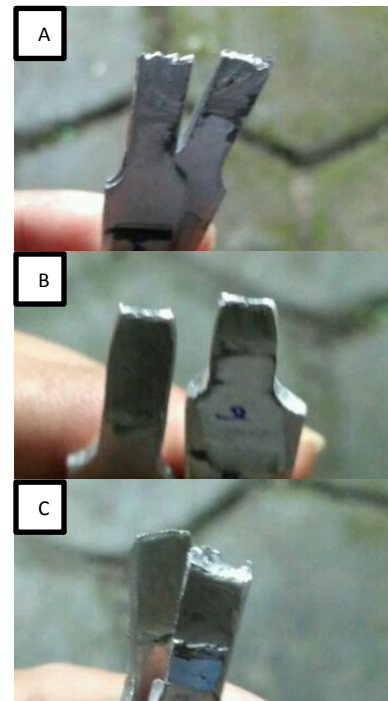
Dari Gambar 13 yang memiliki nilai *ultimate tensile strength* (UTS) tertinggi terdapat pada pengelasan FSW dengan variasi putaran *tool* 980 yaitu sebesar 80.7 MPa, kemudian berturut-turut putaran *tool* 2300 rpm yaitu sebesar 87,33 MPa, dan yang terendah pada penggunaan putaran *tool* 2700 rpm yaitu sebesar 68,73 MPa, jika dibandingkan dengan *raw material* nilai *raw material* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 106.08 MPa.

Untuk nilai *yield strength* nilai tertinggi terdapat pada putaran *tool* 980 rpm sebesar 79.4 Mpa, kemudian putaran *tool* 2300 rpm sebesar 67,36 MPa, dan nilai *yield strength* terendah

terdapat pada putaran *tool* 2700 rpm sebesar 64.5 MPa.

Namun jika dibandingkan dengan base materialnya, nilai UTS ini besarnya 76% nilai UTS base materialnya. Hal ini dikarenakan masih terdapat cacat *incomplete fusion* pada daerah lasan, seperti terlihat pada Gambar 5, inilah yang menyebabkan nilai UTS yang dihasilkan dari tiap hasil lasan masih lebih kecil dibandingkan dengan base material.

### 3.5. Frakturasi



Gambar 14 Tampak atas bagian patahan pada pengelasan (a) putaran *tool* 980 rpm, (b) putaran *tool* 2300 rpm, dan (c) putaran *tool* 2700 rpm.

Dari hasil yang telah dilakukan setelah uji tarik diperoleh bahwa spesimen gambar 14 (a) dan (c) hasil pengelasan FSW mengalami patahan getas. Hal ini dikarenakan pada pada spesimen (a) proses pengelasan kecepatan tersebut terlalu rendah yang tidak mengalami pemanasan yang optimal diduga pula terdapat lubang dan retak, kemudian pada spesimen (c) proses pengelasan pin menancap terlalu dalam dan mengakibatkan celah / rongga pada spesimen bagian bawah. Sedangkan gambar 4.14 (b) mengalami patahan ulet, hal ini

disebabkan hasil las menyatu dengan baik, tidak teramati retak, dan terdapat lubang kecil pada hasil las FSW.



Gambar 15 Tampak samping patahan pada pengelasan putaran (a) *tool* 980 rpm, (b) *tool* 2300 rpm, dan (c) *tool* 2700 rpm,

Pada Gambar 15 diatas menunjukkan patahan dari hasil pengelasan FSW, letak patahan terjadi pada bagian pada bagian lasan. Hal ini dikarenakan adanya cacat berupa *incomplete fusion*. Cacat *incomplete fusion* terjadi pada semua hasil lasan. Cacat *incomplete fusion* yang terbentuk berupa lubang kecil yang terjadi sepanjang pengelasan. Hal ini dapat terjadi akibat material yang teraduk hanya sepertiga dari seluruh material yang dilas.

#### 4. Kesimpulan

1. Hasil foto makro terdapat cacat *wormholes*, pada setiap variasi pengelasan. Cacat *wormholes* terbesar terjadi pada putaran *tool* 980 rpm dan juga adanya celah / rongga. Hasil foto mikro semakin tinggi putaran *tool* maka *heat input* yang dihasilkan semakin besar dapat mengakibatkan terjadinya rekristalisasi yang menyebabkan butiran partikel semakin kecil.
2. Nilai kekerasan tertinggi pada putaran *tool* 980 rpm sebesar 59,1 VHN sedangkan terendah di putaran *tool* 2300 rpm sebesar 33,4 VHN. Dikarenakan semakin tinggi putaran maka *heat input* yang dihasilkan akan semakin besar. dan menyebabkan butiran semakin berkembang sehingga menyebabkan ukuran butir semakin besar, maka jumlah butir perluasan akan semakin

berkurang sehingga menyebabkan tingkat kekerasannya menurun.

3. Hasil kekuatan tarik dan tegangan luluh tertinggi pada sambungan las FSW dengan putaran *tool* 980 rpm sebesar 80.7 dan 79.4 MPa yang terendah pada putaran *tool* 2700 sebesar 68,73 MPa dan 64,5 MPa. Kekuatan tarik sambungan las FSW mencapai 76% dari base metal. Nilai regangan tertinggi pada putaran *tool* 2300 rpm sebesar 14,1% mengalami patahan ulet dan terendah pada putaran *tool* 980 rpm
- 4.
5. sebesar 2,9% mengalami patahan getas tepat pada daerah las.

#### 5. Daftar Pustaka

- Amini, S., 2015. “*Pin Axis Effects On Forces in Friction Stir Welding Process*” University of Khashan.
- ASTM, 2010. “*Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic materials, ASTM E8/E8M-09*”.
- Erwanto, R., 2015. “*Pengaruh Variasi putar Tool Terhadap Sifat Mekanik Pada Friction Stir Welding Alumunium 5052*” Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Nurdiansyah, 2012. “*Pengaruh RPM Terhadap Metalurgi dan Kualitas Sambungan Las Sepanjang Joint Line pada Alumunium Seri 5083 dengan Proses Friction Stir Welding untuk Pre-Fabrication Panel Bangunan Atas Kapal Alumunium*” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Sudrajad, A., 2012, “*Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Alumunium AA 1100 Dengan Metode Friction Stir Welding (FSW)*” Universitas Jember, Jember.
- Sumarlin, M., (2015), “*Pengaruh Penggunaan Tool Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan friction stir welding alumunium (Al)*”.
- Wijayanto, J., (2012), pengaruh *feed rate* terhadap sifat mekanik pada *friction stir welding* alumunium.