

**PENGARUH KECEPATAN PUTAR TOOL TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN MATERIAL ALUMINIUM 5083-H116 DENGAN METODE FRICTION STIR WELDING**

***THE EFFECT OF TOOL SPEED ON STRENGTH PULL THE ALUMINUM MATERIAL JOINT 5083-H116 WITH FRICTION STIR WELDING METHOD***

**Irsyad Chalid<sup>(1)</sup>, Nofri Helmi<sup>(2)</sup>, Purwantono<sup>(3)</sup>, Bulkia Rahim<sup>(4)</sup>**

<sup>(1),(2),(3),(4)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

[Irsyadchalid5@gmail.com](mailto:Irsyadchalid5@gmail.com)

[nofri.helmi@yahoo.com](mailto:nofri.helmi@yahoo.com)

[purwantonomsn@gmail.com](mailto:purwantonomsn@gmail.com)

[bulkiarahim@rocketmail.com](mailto:bulkiarahim@rocketmail.com)

**Abstrak**

Bagian mesin pembangkit yang dilakukan *maintanance* adalah *heat exchanger* yang terdapat di bagian *furnace boiler* permasalahan yang sering terjadi adalah pada saat dilakukan *periodic maintenance* pada bagian *tube sheet* di *heat exchanger* telah ditemukan *hot crack* dalam jangka waktu 2 bulan pengelasan TIG, Hal itu sangat membebani mekanik dimana waktu pemakaian sebelum dilakukan *maintanance* yang sebelumnya 3 bulan dalam waktu 2 bulan sudah harus dilakukan *overhaul*. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran *tool* terhadap kekuatan tarik sambungan material aluminium 5083-H116 pada hasil pengelasan dengan metode FSW dan untuk mengetahui kecepatan putaran *tool* optimal dari beberapa variasi kecepatan putaran *tool* terhadap kekuatan tarik sambungan material aluminium 5083-H116. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk melihat adanya akibat dari hal yang diberi objek, caranya adalah dengan membandingkan satu atau lebih kelompok eksperimen yang tidak diberi perlakuan dengan satu atau lebih kelompok eksperimen yang diberi perlakuan. semua hasil pengujian tarik variasi kecepatan putar *tool* 800 rpm, 1120 rpm, dan 1600 rpm di dapat hasil dari regangan setelah dilakukan pengujian yaitu untuk kecepatan 800 rpm sebesar 20,3 %, untuk kecepatan 1120 rpm sebesar 21 %, serta untuk kecepatan 1600 rpm 22,7 % dan untuk hasil kekutan tarik di dapat untuk kecepatan 800 rpm sebesar 120,42 Mpa, untuk kecepatan 1120 rpm sebesar 129,14 MPa, serta kecepatan 1600 rpm sebesar 150,35 MPa. dari penelitian ini dapat disimpulkan parameter proses pengelasan dengan menggunakan parameter kecepatan putaran *tool* memberikan pengaruh besar terhadap nilai kekuatan tarik sambungan pengelasan dan nilai kekuatan tarik hasil pengelasan rata-rata tertinggi terdapat pada variasi kecepatan putaran *tool* tertinggi.

**Kata Kunci :** Pengaruh, Kecepatan Putar *Tool*, Kekuatan Tarik, Alumunium 5083-H116, *Friction Stir Welding*

**Abstract**

*The part of the generator engine that is carried out is the heat exchanger in the furnace boiler, the problem that often occurs is that when periodic maintenance is carried out on the tube sheet section of the heat exchanger, hot cracks have been found within 2 months of TIG welding, it is very burdensome to the mechanics where the time of use before maintenance was carried out, which was previously 3 months within 2 months, must be overhauled. The purpose of this study was to determine the effect of variations in tool rotation speed on the tensile strength of the 5083-H116 aluminum material connection on welding results with the FSW method and to determine the optimal tool rotation speed from several variations of tool rotation speed on the tensile strength of 5083-H116 aluminum material joints. This research is a type of experimental research which is research that is intended to see the consequences of the thing given the object, the method is to compare one or more experimental groups that are not treated with one or more experimental groups that are treated. all tensile test results for variations in tool rotational speed of 800 rpm, 1120 rpm, and 1600 rpm obtained the results of the strain after testing, namely for a speed of 800 rpm of 20.3%, for a speed of 1120 rpm of 21%, and for a speed of 1600 rpm 22.7% and for the tensile strength results obtained for a speed of 800 rpm of 120.42 MPa, for a speed of 1120 rpm of 129.14 MPa, and a speed of 1600 rpm of 150.35 MPa. From this study it can be concluded that the welding process parameters using the tool rotation speed parameter have a major influence on the tensile strength value of the welding joint and the highest average tensile strength value is found in the highest tool rotation speed variation.*

**Keywords :** Effect, Tool Rotation Speed, Tensile Strength, Aluminum 5083-H116, *Friction Stir Welding*

## I. Pendahuluan

Perubahan industri manufaktur tumbuh dengan adanya revolusi industri 4.0 (Gunawan, 2019). Industri manufaktur memiliki peran penting dalam meningkatkan ekonomi dan membuat lapangan kerja (Aurachman, 2018). Salah satu industri yang memegang peranan penting dalam pembangunan nasional dalam bidang konstruksi adalah pengelasan (Bakhori, 2017). Kemajuan teknologi bidang konstruksi yang semakin meningkat tidak bisa dipisahkan mengenai pengelasan (Latif & Yufrizal, 2022).

Pengelasan ialah proses penyambungan material dengan mencairkan setengah logam utama dan logam pengisi (Sohabat, 2019). Pengelasan digunakan untuk reparasi dan *maintenance* alat yang berbahan logam (Hamid, 2016). Adanya perubahan terhadap sifat mekanik, fisik, dan material las akan mempengaruhi kekuatan las (Nurdin, 2015). Proses pengelasan logam makro dibagi menjadi dua bagian, yaitu *Liquid state welding*, dan *Solid state welding* (Askar et al., 2013). LSW ialah pengelasan logam yang dikerjakan dalam kondisi cair (Margono et al., 2021). SSW ialah pengelasan logam yang dikerjakan dalam kondisi padat (Hernowo, 2018). Proses pengelasan ini mulai banyak dikembangkan dan digunakan dalam dunia industri salah satunya adalah *Friction Stir Welding* (Tarmizi, T., & Prayoga, 2016).

*Friction Stir Welding (FSW)* ialah proses penyambungan bahan dalam keadaan solid (uhamad Tunjung Aji and , Ir. Bibit Sugito, 2019). Prinsip kerja FSW menggunakan gesekan bahan yang berputar dengan bahan lain yang tidak bergerak membuat material meleleh dan dapat bersambung antara dua benda tersebut (Wijayanto & Gufrans, 2019). Putaran terhadap *tool* menyebabkan panas karena adanya gesekan bahan terhadap *tool* yang berputar yang membuat panas ditimbulkan 70% - 85% dari titik cair logam pada kondisi padat *solid* (Pratisna, P., Anggertyo, I., & NA, 2016). Kekuatan dari sambungan pengelasan dipengaruhi beberapa faktor contohnya posisi pengelasan (Erizon et al., 2021)

Bahan logam tidak semuanya memiliki sifat mampu las yang baik (Priyono et al., 2021). Proses pengelasan FSW ini banyak digunakan pada material khususnya Aluminium. Aluminium ialah *nonferrous metal*, yang mempunyai karakter positif contohnya anti korosi, pengantar panas dan listrik cukup baik serta ringan (Muku, I. D. M. K., & Krishna, 2009). Metode pengelasan FSW untuk material khususnya aluminium 5083-H116 ini sering dipakai dalam industri seperti *heat exchanger*, pesawat, dan otomotif. Salah satu industri yang mulai menggunakan pengelasan ini adalah PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin.

PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin ialah BUMN beroperasi pada penyediaan tenaga listrik. PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin selalu berusaha untuk menjaga agar setiap pasokan listrik kepada masyarakat terus terjamin.

PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin selalu mengupayakan untuk mesin mampu berjalan dengan baik, dan berusaha menjauhi kerusakan mesin. fungsi yang mempunyai peranan utama adalah *maintenance* mesin. salah satu bagian mesin pembangkit yang dilakukan *maintenance* adalah *heat exchanger* yang terdapat di bagian *furnace boiler*.

*Heat exchanger* ialah alat yang dipakai guna menukarkan panas secara berlanjut dari medium satu ke medium lain yang membawa energi panas (Egeten et al., 2014). Permasalahan yang sering terjadi dilapangan adalah pada saat dilakukan *periodic maintenance* pada bagian *tube sheet* di *heat exchanger* telah ditemukan *hot crack* dalam jangka waktu 2 bulan. sambungan pengelasan yang digunakan adalah pengelasan TIG. Hal itu sangat membebani mekanik dimana perkiraan jangka waktu pemakaian sebelum dilakukan *maintenance* yang sebelumnya 3 bulan dalam waktu 2 bulan sudah harus dilakukan *overhaul*. Oleh karena itu PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin mulai menggunakan pengelasan FSW untuk proses penyambungan *tube sheet*.

Pengelasan FSW ini bukan tanpa tantangan. Pengelasan ini mempunyai banyak parameter yang harus di pertimbangkan. seperti *Rotation Speeds* (rpm), *welding speeds* (mm/s), *axial forced* (kN), dan *geometri tool*. dimana masih banyak mekanik yang masih awam tentang proses pengelasan FSW. Salah satu parameter yang sangat berpengaruh yaitu penggunaan parameter kecepatan putaran *tool*. dimana parameter kecepatan putaran *tool* yang tidak optimal akan mengakibatkan cacat pada sambungan pengelasan. jika hasil pengelasan yang dihasilkan dirasa masih belum optimal. maka mekanik mengulangi pekerjaan lagi dengan menyetting ulang parameter untuk pengelasan dengan mengira-ngira hingga hasil yang didapatkan pada benda kerja lebih optimal. padahal dalam proses penyambungan menggunakan pengelasan ini tidak ada yang namanya parameter pengelasan yang diperoleh dengan perkiraan/coba-coba melainkan perlu diperhitungkan sesuai dengan teori yang ada. hal ini akan mengakibatkan waktu untuk proses *maintenance* menjadi lebih lambat dari yang di tetapkan.

Permasalahan ini peneliti tertarik melakukan penelitian pengaruh kecepatan putar *tool* terhadap kekuatan tarik sambungan material aluminium 5083-H116 dengan Metode *Friction Stir Welding (FSW)*.

## II. Metode Penelitian

### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen yang merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk Penelitian eksperimen baik digunakan guna melihat hubungan sebab-akibat menggunakan pengujian hipotesis yang bersifat analisis (Margono, 2010). Teknik eksperimen disebut penelitian yang dipakai guna melihat adanya perlakuan (Sugiyono, 2012).

### B. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan dalam jangka waktu 6 Bulan Juni–November 2021. Mulai dari pengajuan proposal, penelitian dan menyimpulkan data hasil penelitian. Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah Pembuatan Spesimen di Workshop PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangunan Ombilin dan Uji Tarik di Laboratorium Pengujian Bahan dan Metrologi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

### C. Perancangan Penelitian

#### 1. Perhitungan Parameter Proses Bubut

Proses pembubutan *tool* mata pahat yang digunakan adalah jenis Widia Carbide TMCT 16T304 NN LT 10. Berdasarkan tabel yang diperoleh dari *machining condition* untuk parameter kecepatan potong minimal dan maksimal serta *feeding* minimal dan maksimal nya. Berdasarkan hasil perhitungan parameter menggunakan pembubutan *tool* mata pahat yang digunakan adalah jenis Widia Carbide TMCT 16T304 NN LT 10. untuk material HSS didapatkan nilai untuk kecepatan potong proses *roughing* 1.273,88 rpm disesuaikan dengan kecepatan potong mesin menjadi 1170 rpm sedangkan *finishing* 891,719 rpm disesuaikan dengan kecepatan potong mesin menjadi 900 rpm Sedangkan untuk *feeding* pada proses *roughing* didapatkan nilai *feeding roughing* sebanyak 4 kali dan *feeding* untuk proses *finishing* sebanyak 2 kali.

#### 2. Perhitungan Parameter Proses Pengelasan pada Mesin Frais

Hasil perhitungan parameter menggunakan *tool* material HSS  $\phi 25$  mm untuk material Aluminium 5083-H116 didapatkan nilai kecepatan putar *tool* (*Spindle speed*) minimal yaitu 1553 rpm dan nilai maksimalnya yaitu 3883 rpm. Untuk nilai minimal *feedrate* yang didapatkan dari hasil perhitungan tersebut yaitu 118,33 mm/menit dan nilai *feedrate* maksimalnya yaitu 1084,91 mm/menit Sehingga dalam penelitian ini untuk nilai variasi kecepatan putar *tool* yang akan digunakan disesuaikan dengan

yang tersedia di mesin yaitu 800 rpm, 1120 rpm, 1600 rpm. sedangkan *feedrate* yang akan digunakan disesuaikan dengan yang tersedia di mesin menjadi 30 mm/menit.

### D. Prosedur Penelitian

Langkah pertama proses penelitian dilakukan dengan mempersiapkan spesimen dan alat alat yang dibutuhkan selama proses penelitian. Selanjutnya yaitu proses pembuatan *tool* FSW Untuk proses pembuatan *tool* nya berdasarkan penelitian Malik dan Hasan dkk. dimana untuk ukuran diameter dan panjang pin 4 mm dan 4.5 mm. sedangkan ukuran diameter dan panjang shoulder 12 mm dan 20 mm. setelah dilakukan pembuatan *tool* FSW maka dilanjutkan dengan proses pengelasan, selanjutnya dilakukan proses pemotongan material-material yang telah dilakukan pengelasan untuk pelaksanaan pengujian. dan terakhir dilaksanakan proses pengujian dimana yang dipakai yaitu uji tarik, untuk uji tarik dilakukan di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin FT UNP. Pengujian tarik dilaksanakan tegak lurus terhadap arah pengelasan. Mesin Uji tarik yang dipakai yaitu *Computer Universal Testing Machines* dengan tipe HT-2402 buatan China.

## III. Hasil dan Pembahasan

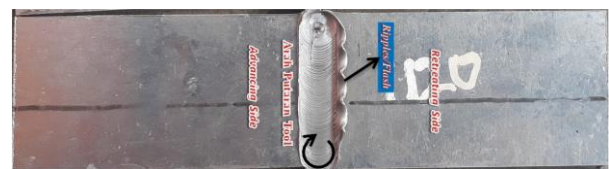
### A. Hasil Pengelasan

#### 1. Hasil Pengamatan Visual Tampak Atas

Hasil pengelasan *friction stir welding* yang dilaksanakan, didapatkan hasil pengamatan tampak atas sebagai berikut.



**Gambar 1.** Hasil Tampak Atas Pengelasan FSW 800 rpm



**Gambar 2.** Hasil Tampak Atas Pengelasan FSW 1120 rpm



**Gambar 3.** Hasil Tampak Atas Pengelasan FSW 1600 rpm

Pada gambar tampak atas hasil pengelasan pada masing-masing variasi kecepatan putar *tool* dapat dilihat dari perbedaan bentuk dan kehalusan permukaan sambungan las dengan menggunakan metode FSW pada kecepatan putar *tool* 800 rpm, 1120 rpm, 1600 rpm dengan kecepatan pemakanan 30 mm/min.

## 2. Hasil Pengamatan Visual Tampak Bawah

Hasil pengelasan *friction stir welding* menghasilkan penampakan bawah yang hampir sama pada tiap parameter pada semua proses pengelasan.



**Gambar 4.** Hasil Tampak Bawah Pengelasan FSW 800 rpm



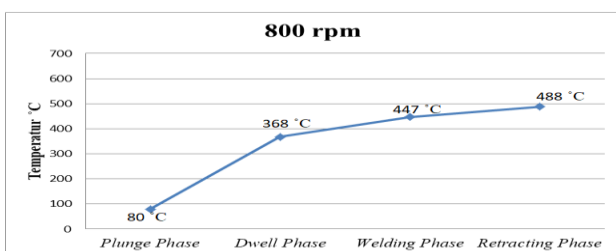
**Gambar 5.** Hasil Tampak Bawah Pengelasan FSW 1120 rpm



**Gambar 6.** Hasil Tampak Bawah Pengelasan FSW 1600 rpm

## B. Distribusi Temperatur Proses Pengelasan FSW

### 1. Variasi Kecepatan Putar *Tool* 800 rpm

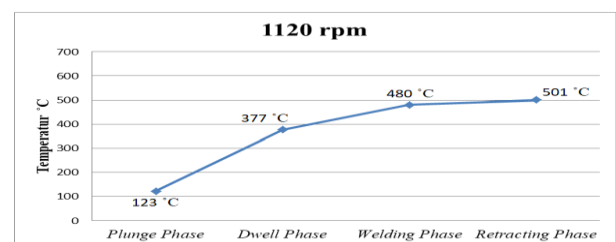


**Gambar 7.** Grafik Distribusi Temperatur pada Variasi Kecepatan Putar *Tool* 800 rpm

Grafik diatas didapat bahwa pada simulasi variasi parameter dengan nilai kecepatan putar *tool* sebesar 800 rpm untuk grafik pengaruh variasi kecepatan putar *tool* terhadap distribusi temperatur plat

aluminium 5083-H116 memiliki trend yang cenderung naik. Temperatur maksimum didapat pada titik akhir dari pengelasan sebesar 488 oC. Berdasarkan gambar 7, pada proses *plunge phase* sampai proses *retracting phase* temperatur mengalami kenaikan yang signifikan dikarenakan pada waktu tersebut merupakan waktu dimana panas mulai timbul dari permukaan plat yang mulanya diam kemudian diberi gesekan oleh *tool* yang bertekanan, berputar dan spesimen bergerak maju. Ketika *tool* bergerak pada saat proses *dwell phase* pada temperatur 368 oC, penyebaran panas yang timbul pada *tool* dan plat akibat gesekan sudah mulai merata, sehingga pada proses *dwell phase* sampai proses *retracting phase* terjadi kenaikan temperatur yang konstan.

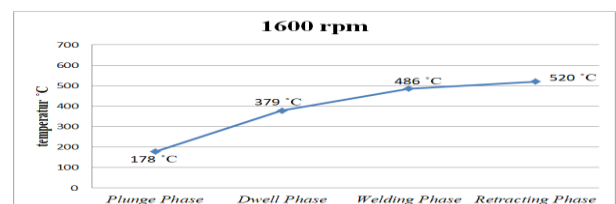
### 2. Variasi Kecepatan Putar *Tool* 1120 rpm



**Gambar 8.** Grafik Distribusi Temperatur pada Variasi Kecepatan Putar *Tool* 1120 rpm

Grafik diatas didapat bahwa pada simulasi variasi parameter dengan nilai kecepatan putar *tool* sebesar 1120 rpm untuk grafik pengaruh variasi kecepatan putar *tool* terhadap distribusi temperatur plat aluminium 5083-H116 memiliki trend yang cenderung naik. Temperatur maksimum didapat pada titik akhir dari pengelasan sebesar 501 oC. Gambar grafik menunjukkan pada proses *plunge phase* sampai proses *retracting phase* temperatur mengalami kenaikan yang signifikan dikarenakan pada waktu tersebut merupakan waktu dimana panas mulai timbul dari permukaan plat yang mulanya diam kemudian diberi gesekan oleh *tool* yang bertekanan, berputar dan spesimen bergerak maju. ketika *tool* bergerak pada saat proses *dwell phase* pada temperatur 377 oC, penyebaran panas yang timbul pada *tool* dan plat akibat gesekan sudah mulai merata, sehingga pada proses *dwell phase* sampai proses *retracting phase* terjadi kenaikan temperatur yang konstan.

### 3. Variasi Kecepatan Putar *Tool* 1600 rpm

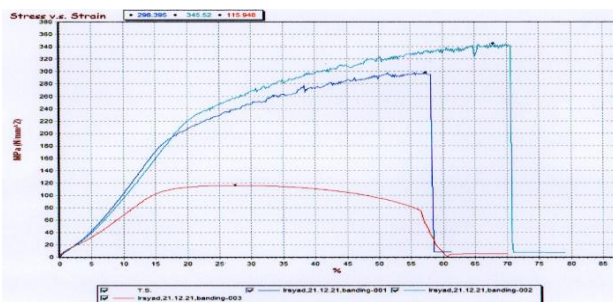


**Gambar 9.** Grafik Distribusi Temperatur Variasi Kecepatan Putar *Tool* 1600 rpm

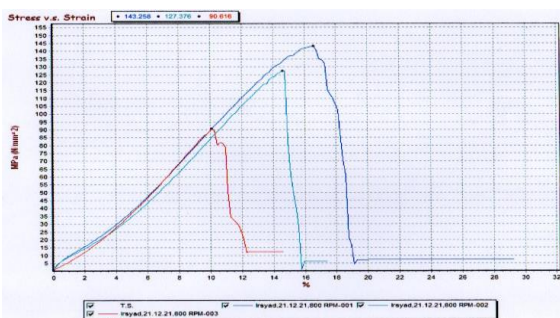
Grafik diatas didapat bahwa pada simulasi variasi parameter dengan nilai kecepatan putar *tool* sebesar 1600 rpm untuk grafik pengaruh variasi kecepatan putar *tool* terhadap distribusi temperatur plat alumunium 5083-H116 memiliki trend yang cenderung naik. Temperatur maksimum didapat pada titik akhir dari pengelasan sebesar 520 oC. Gambar grafik menunjukkan pada proses *plunge phase* sampai proses *retracting phase* temperatur mengalami kenaikan yang signifikan dikarenakan pada waktu tersebut merupakan waktu dimana panas mulai timbul dari permukaan plat yang mulanya diam kemudian diberi gesekan oleh *tool* yang bertekanan, berputar dan spesimen bergerak maju. Ketika *tool* bergerak pada saat proses *dwell phase* pada temperatur 379 oC, penyebaran panas yang timbul pada *tool* dan plat akibat gesekan sudah mulai merata, sehingga pada proses *dwell phase* sampai proses *retracting phase* terjadi kenaikan temperatur yang konstan.

### C. Hasil Pengujian Tarik

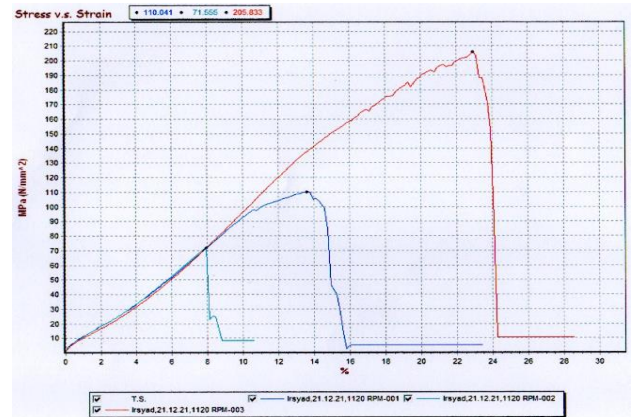
Pengujian tarik dilaksanakan guna melihat sifat mekanis yang dimiliki oleh suatu material seperti sifat kekakuan, keuletan, dan kekuatan material tersebut (Ardi et al., 2021). Pengujian uji tarik dilakukan pada spesimen hasil pengelasan FSW aluminium seri 5083-H116. dimensi spesimen untuk pengujian tarik memakai standar ASTM E8. Hasil yang didapat dari pengujian tarik berupa angka tegangan dan regangan hasil pengelasan 800 rpm, 1120 rpm dan 1600 rpm yang akan dibandingkan dengan nilai tegangan dan regangan dari spesimen pembanding.



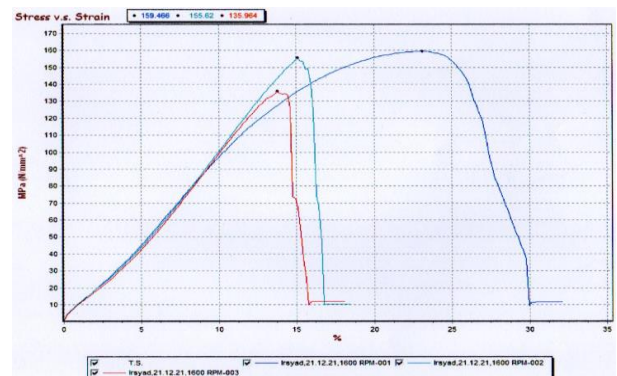
**Gambar 10.** Grafik Hasil Pengujian Tarik Spesimen Pembanding



**Gambar 11.** Grafik Hasil Pengujian Tarik Sambungan Pengelasan FSW 800 rpm



**Gambar 12.** Grafik Hasil Pengujian Tari Sambungan Pengelasan FSW 1120 rpm

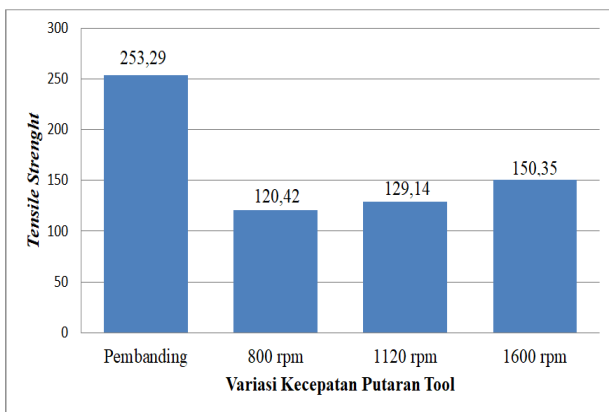


**Gambar 13.** Grafik Hasil Pengujian Tari Sambungan Pengelasan FSW 1600 rpm

Grafik spesimen pengelasan dengan kecepatan putaran *tool* 1120 rpm menunjukkan bahwa pada kurva spesimen pengujian berwarna biru menunjukkan *yield stress* terjadi pada titik 102,37 MPa dan terjadi *elongation* yang tidak begitu panjang sebelum material spesimen pengujian mencapai *ultimate tensile stress* pada titik 110,04 MPa setelah itu terjadi *fracture stress* pada spesimen pengujian. pada kurva spesimen pengujian berwarna hijau menunjukkan *yield stress* terjadi pada titik 28,54 MPa dan terjadi *elongation* yang cukup panjang sebelum material spesimen pengujian mencapai *ultimate tensile stress* pada titik 71,55 MPa setelah itu terjadi *fracture stress* pada spesimen pengujian. pada kurva spesimen pengujian berwarna merah menunjukkan *yield stress* terjadi pada titik 153,82 MPa dan terjadi *elongation* yang cukup panjang sebelum material spesimen pengujian mencapai *ultimate tensile stress* pada titik 205,83 MPa setelah itu terjadi *fracture stress* pada spesimen pengujian. Grafik spesimen pengelasan dengan kecepatan putaran *tool* 1600 rpm menunjukkan bahwa pada kurva spesimen pengujian berwarna biru menunjukkan *yield stress* terjadi pada titik 115,63 MPa dan terjadi *elongation* yang cukup panjang sebelum material spesimen pengujian mencapai *ultimate tensile stress* pada titik 159,47 MPa setelah itu setelah itu spesimen pengujian mengalami *necking* hingga terjadi *fracture stress* pada spesimen

pengujian. pada kurva spesimen pengujian yang berwarna hijau menunjukkan *yield stress* terjadi pada titik 121,39 MPa dan terjadi *elongation* yang cukup panjang sebelum material spesimen pengujian mencapai *ultimate tensile stress* pada titik 155,62 MPa setelah itu terjadi *fracture stress* pada spesimen pengujian. pada kurva spesimen pengujian berwarna merah menunjukkan *yield stress* terjadi pada titik 104,01 MPa dan terjadi *elongation* yang cukup panjang sebelum material spesimen pengujian mencapai *ultimate tensile stress* pada titik 135,96 MPa setelah itu terjadi *fracture stress* pada spesimen pengujian.

Perbedaan nilai kekuatan tarik yang signifikan pada proses pengujian tarik spesimen pembandingan dan spesimen proses pengelasan fsw 800 rpm, 1120 rpm, dan 1600 rpm. yang mana jika nilai kekuatannya di rata-rata kan perbedaannya yaitu spesimen pembandingan dan spesimen proses pengelasan fsw 800 rpm mencapai 47,54%. spesimen pembandingan dan spesimen proses pengelasan fsw 1120 rpm mencapai 50,98% sedangkan spesimen pembandingan dan spesimen proses pengelasan fsw 1600 rpm mencapai 59,36%. Hal ini disebabkan daerah las terjadi perubahan struktur mikro dampak proses pengelasan. pada spesimen pembandingan material aluminium seri 5083-H116 mengalami patahan ulet dimana terjadi perpanjangan material yang cukup panjang sebelum akhirnya spesimen tersebut patah.

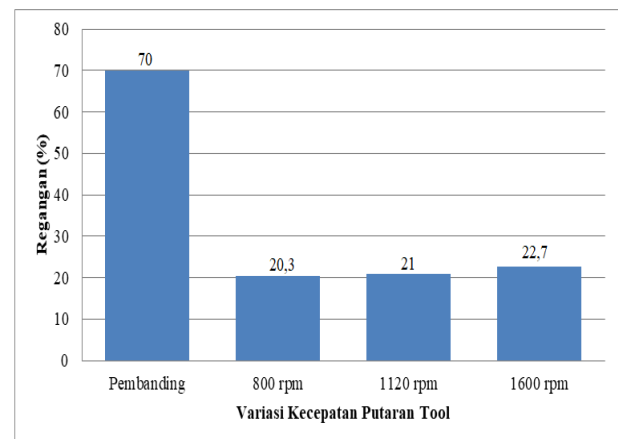


**Gambar 14.** Grafik Pengaruh Kecepatan Putar *Tool* terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan FSW Aluminium 5083-H116

Gambar 14. menunjukkan bahwa kekuatan tarik maksimum dari sambungan FSW terdapat pada pengelasan menggunakan kecepatan putar *tool* 1600 rpm yaitu sebesar 150,35 MPa atau 59,36% dari spesimen pembandingan aluminium seri 5083-H116. Hal ini terjadi karena pengadukan material benda kerja yang merata sesuai dengan kecepatan putaran *tool* dan kecepatan pemakanan yang digunakan. Sedangkan. nilai kekuatan tarik yang paling rendah terdapat pada pengelasan FSW menggunakan kecepatan putaran *tool* 800 rpm dengan nilai sebesar 120,42 MPa atau 47,54% dari spesimen pembandingan

aluminium seri 5083-H116. hal yang menyebabkan kekuatan tarik menjadi rendah karena pengadukan material benda kerja yang tidak merata dan terdapat cacat pada sambungan las yang akan mengurangi nilai kekuatannya. untuk variasi kecepatan putaran *tool* 1120 rpm diperoleh kekuatan tarik sebesar 129,14 MPa atau 50,98% dari spesimen pembandingan aluminium seri 5083-H116.

Menurunnya nilai kekuatan tarik hasil pengelasan dengan metode FSW variasi kecepatan putaran *tool* di dibandingkan dengan kekuatan tarik dari spesimen pembandingan terjadi karena beberapa faktor, yaitu kedalaman penetrasi/pembendaman *welding tool* pada saat proses pengelasan berlangsung. semakin dalam penetrasi *welding tool* menyebabkan keluarnya *ripples/flash* disepanjang jalur lasan sehingga mengakibatkan ketebalan dari hasil lasan material berkurang yang dapat menurunkan nilai kekuatan tarik. memperlihatkan adanya *ripples/flash* di sepanjang jalur lasan yang diduga menjadi penyebab tinggi rendahnya nilai kekuatan uji tarik pada pengelasan FSW ini, semakin banyak *ripples/flash* di sepanjang jalur lasan maka semakin berkurang juga nilai kekuatannya. bentuk dan dimensi dari cacat lasan juga menjadi penyebab menurunnya nilai kekuatan tarik dari spesimen uji. Semakin besar cacat yang terjadi pada hasil lasan maka nilai kekuatan tarik menurun.



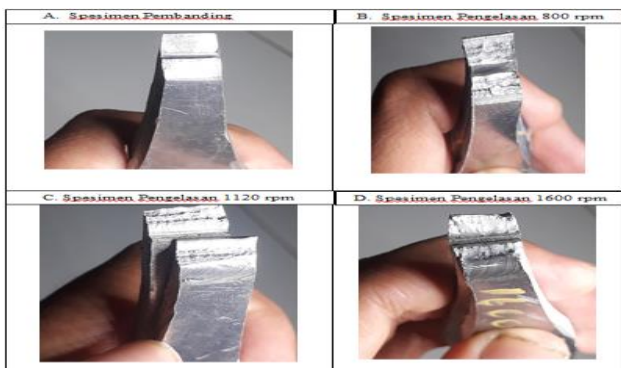
**Gambar 15.** Grafik Pengaruh Kecepatan Putar *Tool* terhadap Regangan Hasil Pengelasan FSW Aluminium 5083-H116

Gambar 15. menunjukkan bahwa nilai regangan hasil pengelasan dengan metode FSW variasi kecepatan putaran *tool* mengalami perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan nilai regangan yang dimiliki spesimen pembandingan material aluminium seri 5083-H116. hal ini disebabkan karena patahan yang terjadi akibat pengujian tarik pada daerah sambungan lasan dimana sering mendapat perlakuan, sehingga membuat kekuatan dari spesimen menurun.

Nilai regangan pada pengujian tarik ini untuk spesimen pembandingan sebesar 70%. Sedangkan nilai regangan tertinggi pada hasil pengelasan FSW

dengan variasi kecepatan putaran *tool* terdapat pada kecepatan putaran *tool* 1600 rpm dengan nilai 22,7%, kemudian pada kecepatan putaran *tool* 1120 rpm sebesar 21%. untuk nilai regangan terendah terdapat pada pengelasan FSW dengan menggunakan kecepatan putaran *tool* 800 rpm yaitu sebesar 20,3%. pada hasil penelitian FSW variasi kecepatan putar *tool* 490, 653, dan 910 di dapat nilai pengujian tarik paling tinggi pada penggunaan kecepatan putar *tool* 910 rpm sebesar 90,33 MPa. sedangkan menurut Rian Fermana (2021) pada hasil penelitian FSW variasi kecepatan putar *tool* 800, 1120, dan 1600 rpm di dapat nilai pengujian tarik paling tinggi pada penggunaan kecepatan putar *tool* 800 rpm sebesar 51,78 MPa. Jika dibandingkan dengan dengan hasil penelitian yang dilakukan penulis nilai pengujian tarik tertinggi didapatkan pada penggunaan kecepatan putar *tool* 1600 rpm sebesar 150,35 MPa, dimana nilai kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan FSW yang penulis lakukan ini sekitar 60% nilai perbandingan kekuatan tarik nya dengan penelitian yang dilakukan oleh M.T.S.M. Said, dan D.A. Hamid, dkk. dan 34% nilai perbandingan kekuatan tarik yang penulis lakukan dengan penelitian yang dilakukan oleh rian fermana. dimana bisa disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik pengelasan FSW yang penulis lakukan lebih tinggi dari pada pengelasan yang dilakukan oleh M.T.S.M. Said, dan D.A. Hamid, dkk pada tahun (2016) dan Rian Fermana (2021).

#### D. Fraktografi



**Gambar 16.** Penampang Bentuk Patahan Spesimen Uji Tarik Tampak Atas Hasil Pengelasan FSW dengan Variasi Kecepatan Putar *Tool*

hasil pengamatan fraktografi yang telah dilakukan pada spesimen uji diperoleh bahwa pada Gambar menunjukkan hasil spesimen setelah pengujian tarik mengalami patahan ulet pada material pembeding dan pada spesimen pengelasan 1600 rpm terjadi patahan ulet tepat di daerah lasan. Hal yang menyebabkan spesimen pengelasan variasi 1600 rpm mengalami patahan ulet dikarenakan distribusi panas yang dihasilkan oleh gesekan antara *shoulder* dengan benda kerja pada saat proses pengelasan merata dan

dapat melelehkan material sehingga pin *tool* dapat mengaduk material lunak secara sempurna. Sedangkan pada Gambar 16 spesimen yang di las FSW menggunakan variasi kecepatan putar *tool* 800 rpm dan 1120 rpm hasil pengujian spesimen uji tarik menunjukkan spesimen mengalami patah getas. hal ini terdapat cacat *incomplete penetration* pada bagian dalam hasil lasan. dimana hal ini punya pengaruh yang cukup besar pada kekuatan sambungan spesimen yang di las. kurang nya distribusi panas yang dihasilkan oleh gesekan antara *shoulder* dengan benda kerja menyebabkan *pin tool* tidak mengaduk material lunak secara sempurna. sehingga bagian dalam spesimen benda kerja tidak menyatu dengan sempurna. Hal ini dibuktikan dari hasil pengujian tariknya yang memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah.

Perbedaan bentuk patahan yang dihasilkan dari pengujian tarik hasil lasan FSW variasi kecepatan putar *tool* 1600, dan variasi kecepatan putaran *tool* 800 rpm, 1120 rpm. disebabkan oleh pengaruh tekanan *tool* pada benda kerja sehingga menyebabkan cacat pengelasan *rippled/flash* pada benda kerja seperti pada gambar dan gesekan antara *shoulder* dengan benda kerja pada saat proses pengelasan tidak merata sehingga mengakibatkan proses pengadukan terhadap material kurang sempurna.



**Gambar 17.** Penampang Patahan Tampak Atas Spesimen Pembeding



**Gambar18.** Penampang Patahan Tampak Atas Spesimen Pengelasan Variasi Kecepatan Putar *Tool* 800 rpm



**Gambar 19.** Penampang Patahan Tampak Atas Spesimen Pengelasan Variasi Kecepatan Putar *Tool* 1120 rpm



**Gambar 20.** Penampang Patahan Tampak Atas Spesimen Pengelasan Variasi Kecepatan Putar *Tool* 1600 rpm

Penampang patahan spesimen uji tarik tampak atas semua hasil pengujian tarik variasi kecepatan putar *tool* 800 rpm, 1120 rpm, dan 1600 rpm mengalami patahan pada daerah las (*stir zone*) yang disebabkan oleh pengadukan *pin tool*. dapat dilihat pada Gambar 17. spesimen pembanding mengalami penyusutan terlebih dahulu sebelum patah. Pada gambar 20 variasi kecepatan putar *tool* 1600 rpm patahan hasil uji tarik berada pada daerah las dan spesimen uji tarik mengalami penyusutan terlebih dahulu sebelum patah. hal ini menunjukkan bahwa hasil lasan dengan menggunakan variasi kecepatan putar *tool* 1600 rpm menyatu dengan baik dan tidak terdapat cacat las pada sambungan pengelasan. Sedangkan pada Gambar 18, 19. spesimen pengelasan variasi kecepatan putar *tool* 800 rpm dan 1120 rpm patahan hasil uji tarik berada pada daerah las (*stir zone*), hal ini dikarenakan pengadukan yang dilakukan *pin tool* terhadap material kurang sempurna dan kemungkinan terdapat *incomplete penetration* pada bagian dalam pengelasan sehingga logam lunak pada saat pengelasan di bagian daerah las (*stir zone*) tidak menyatu dengan sempurna.

Berdasarkan analisa dan pembahasan di atas, maka untuk mendapatkan kecepatan putaran *tool* yang optimal pada proses pengelasan *friction stir welding* aluminium 5083-H116, diperlukan tabulasi perbandingan hasil. Tabulasi ini dipengaruhi oleh parameter kekuatan tarik yang dihasilkan, nilai regangan yang dihasilkan, kuat luluh yang dihasilkan, dan modulus elastisitas yang dihasilkan seperti pada tabel berikut.

**Tabel 1.** Tabulasi Perbandingan Hasil

Kecepatan Putar Tool	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Kuat Luluh (N/mm <sup>2</sup> )	Modulus (kN/mm <sup>2</sup> )
800	120,42	20,3	90,93	5,57
1120	129,14	21	94,91	6,13
1600	150,35	22,7	113,68	6,32

Nilai kekuatan tarik terbesar, nilai regangan terbesar, nilai kuat luluh terbesar, dan nilai modulus elastisitas terbesar. terdapat pada kecepatan putaran *tool* tertinggi. Sehingga pada penelitian ini diperoleh hasil bahwa kecepatan putaran *tool* paling optimal adalah kecepatan 1600 rpm.

## E. Kesimpulan

Penelitian tentang proses penyambungan menggunakan metode pengelasan *friction stir Welding* pada logam aluminium 5083-H116 dengan memperhatikan pengaruh kecepatan putaran *tool* terhadap kekuatan sambungan pengelasan. Kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut: Parameter proses pengelasan dengan menggunakan parameter kecepatan putaran *tool* memberikan pengaruh besar terhadap nilai kekuatan tarik

sambungan pengelasan. Kekuatan tarik hasil pengelasan rata-rata tertinggi terdapat pada kecepatan putaran *tool* tertinggi. Regangan pengelasan rata-rata tertinggi terdapat pada kecepatan putaran tertinggi. Keuletan hasil pengelasan sudah baik (20,3% - 22,7%) didapat nilai keuletan tertinggi mencapai angka 32,42% nilai keuletan spesimen pembanding. Melihat tabulasi perbandingan hasil menunjukkan putaran yang paling optimal pengelasan aluminium 5083-H116 adalah kecepatan putaran *tool* 1600 rpm.

## Referensi

- Ardi, J. L., Nurdin, H., Arafat, A., Rizki, S., & Primandani, P. (2021). *Analysis of Tensile Strength of Citronella ( Cymbopogon Nardus ) Fiber Reinforced Composite Materials*. 4(2).
- Askar, S., Sinarep, S., & Sari, N. H. (2013). Pengaruh Preheat dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja Jis Ss 400. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(1), 16–25. <https://doi.org/10.29303/d.v3i1.84>
- Aurachman, R. (2018). Perancangan Influence Diagram Perhitungan Dampak dari Revolusi Industri 4.0 Terhadap Pengangguran Kerja. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, 4(2), 7–12. <https://doi.org/10.36040/jtmi.v4i2.237>
- Bakhori, A. (2017). Perbaikan Metode Pengelasan Smaw ( Shield Metal Arc Welding ) pada Industri Kecil di Kota Medan. *Perbaikan Metode Pengelasan Smaw ( Shield Metal Arc Welding ) pada Industri Kecil di Kota Medan*, 13(1), 14–21.
- Egeten, H. S. F., Sappu, F. P., & Maluegha, B. (2014). Efektivitas Penukar Kalor Tipe Plate P41 73TK di PLTP Lahendong Unit 2. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 3(1), 67–76.
- Erizon, N., Mulyadi, R., Rahim, B., Mesin, J. T., Teknik, F., Padang, U. N., Tawar, K. A., Tarik, A. U., & Pengelasan, P. (2021). *Analisis Pengaruh Perbedaan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las Smaw Menggunakan Material St37 Analysis of the Effect of Difference in Welding Position on the Tensile Strength of the Smaw Welded Joints Using St37 Material*. 3(2), 17–24.
- Gunawan. (2019). *Mencari Peluang di REVOLUSI INDUSTRI 4.0 Untuk Melalui Era Disrupsi 4.0*. queency Publisher.
- Hamid, A. (2016). Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. *Jurnal Teknologi Elektro*, 26–36. <https://media.neliti.com/media/publications/142425-ID-analisa-pengaruh-arus-pengelasan-smaw-pa.pdf>



- Hernowo, A. (2018). *Analisa Pengaruh Kecepatan Putar Spindel 800 Rpm dan 1250 Rpm pada Sambungan Fe-Al dengan Metode FSW (Friction Stir Welding) Single Track*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Latif, A., & Yufrizal, A. (2022). *Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan Smaw ( Shield Metal Arc Welding ) dan Las Mig ( Metal Inert Gas ) Terhadap kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah St 37 Analysis Of The Results Of Smaw Welding ( Shield Metal Arc Welding ) and Mig Welding ( Metal Inert Gas*. 4(2), 39–43.
- Margono. (2010). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Rineka Cipta.
- Margono, B., Sudargo, P. H., Suryono, E., & Arsita, I. A. (2021). *Pengaruh Feed Rate Terhadap Pengujian Uji Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Sejenis Aluminium 7075 dengan Metode Friction Stir Welding*. 7(April), 2–7.
- Muku, I. D. M. K., & Krishna, D. M. (2009). *Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 dengan Variasi Kuat Arus Listrik pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM*, 3(1), 11–17.
- Nurdin, I. & H. (2015). *Analisis Kekuatan Tarik Sambungan Las pada Pipa Baja Karbon Menggunakan Elektroda E 7018 dengan Posisi Pengelasan 5G*. *Proceeding FPTK*, 3, 437.
- Pratisna, P., Anggertyo, I., & NA, P. A. (2016). *Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 dengan Variasi Bentuk dan Kecepatan Putar Probe pada Konstruksi Kapal*.
- Priyono, B., Nurdin, H., Arus, V. K., & Charpy, U. I. (2021). *Analisis Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Metal Inert Gas ( Mig ) Terhadap Ketangguhan Material Sambungan Las pada Baja St 37 Analysis the Effect Strong Variation of Welding Current Metal Inert Gas ( Mig ) on the Strength of St 37 Welding Connection* . 3(3), 8–14.
- Sohabat, I. (2019). *Analisis Sifat Fisik dan Mekanik pada Sambungan Las Gesek Dua Jenis Material Baja Tahan Karat Ss 304 dengan Baja Karbon St 40*. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kualitatif dan RND* (Bandung). Alfabeta.
- Tarmizi, T., & Prayoga, B. (2016). *Analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Proses Friction Stir Welding Alumunium 5052*. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 2(10), 105–118.
- Muhamad Tunjung Aji and , Ir. Bibit Sugito, M. . (2019). *Uji Pengelasan Friction Stir Welding dengan Bentuk Pin yang Berbeda pada Material AA 6061 - AA 6061 dengan Preheating 200° C terhadap Perubahan Sifat Fisis dan Mekanis*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wijayanto, J., & Gufrans, A. (2019). *Heat Generation dan Pengamatan Visual Cacat Sambungan Aluminium Seri Seri Al-Mg-Si dengan Friction Stir Welding ( Fsw )*. 5662(November), 1–9.