

# PENGARUH KECEPATAN PUTAR *TOOL* TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN ALUMINIUM 1XXX DENGAN METODE *FRICTION STIR WELDING*

Tri Angga Prasetyo  
(20120130136)

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Taman Tirto, Kasihan, Bantul, DI yogyakarta, Indonesia, 55183  
trianggaprasetyo@gmail.com

## Abstrak

FSW adalah sebuah metode pengelasan gesek, yang pada prosesnya tidak memerlukan bahan penambah atau pengisi. Panas yang digunakan untuk melunakkan logam kerja dihasilkan dari gesekan antara benda yang berputar (*pin*) dengan benda yang diam (*benda kerja*). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar *tool* terhadap sifat mekanis pada FSW aluminium 1xxx.

Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aluminium 1xxx dengan dimensi 1700 mm x 50 mm dan ketebalan 3,5 mm. Kecepatan putar *tool* yang digunakan berturut-turut yaitu 3310 RPM, 2220RPM, dan 1300 RPM, sedangkan *feed rate* menggunakan 20 mm/menit. Hasil penyambungannya diamati dengan cara diuji tarik sesuai standart ASTM E-8, uji kekerasan makro vickers, melihat struktur makro dan mikro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan putaran *tool* mengakibatkan struktur makro lasan semakin sedikit terjadi cacat *joint line remnant* dan pada struktur mikro mengakibatkan butiran atom semakin rapat dan seragam. Untuk hasil kekerasannya peningkatan putaran *tool* mengakibatkan nilai kekerasannya meningkat, nilai kekerasan tertinggi terjadi pada putaran 3310 RPM dengan nilai 28 VHN. Pada hasil kekuatan tariknya bahwa peningkatan putaran *tool* mengakibatkan kuat tariknya juga meningkat, adapun nilai kuat tarik tertinggi terjadi pada putaran 3310 RPM dengan nilai 108,07 MPa. Sedangkan untuk patahan las yang terjadi peningkatan putaran *tool* mengakibatkan material mengalami patah mendekati base metalnya.

**Keyword: Aluminium 1xxx, FSW, Kecepatan Putar.**

## 1. Pendahuluan

Aluminium adalah logam yang lunak, tahan terhadap korosi dan lebih ringan dibandingkan dengan baja. Selain itu aluminium juga termasuk logam yang baik dalam penghantar listrik. Dengan sifat ini maka aluminium banyak digunakan pada pipa hidrolik, bagian-bagian dalam kendaraan, perkapalan, bidang kedirgantaraan. Pada umumnya penyambungan aluminium menggunakan metode rivet dan las TIG, dan FSW. Dimana dari penyambungan rivet dan TIG masih menggunakan bahan tambah atau logam pengisi, selain itu asap dan cahaya dari las TIG juga dapat mengganggu kesehatan. Salah satu alternative untuk pengelasan aluminium adalah dengan menggunakan *friction stir welding* (FSW). FSW adalah proses pengelasan *solid-state* di mana sebuah *tool* yang berputar ditekan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. *Tool* yang berputar ditekan pada garis sambungan tersebut sebagai sumber panas yang digunakan untuk proses pengelasan, (Iqbal, 2014).

Aluminium seri 1xxx adalah jenis aluminium murni dengan 99% kandungan aluminium, aluminium

seri 1xxx ini termasuk jenis yang tidak dapat diperlaku-panaskan, tetapi mempunyai sifat yang baik dalam daya tahan korosi. aluminium seri 1xxx banyak digunakan dalam bidang industri kelistrikan dan kimia sebagai bahan untuk heat exchangers, *pressure vessels*, pipa, dan dan lain-lain. (teknikpengelasan.com).

Erwanto (2015), meneliti tentang pengaruh kecepatan putar *tool* terhadap kekuatan mekanik sambungan las FSW menggunakan aluminium 5052-H34 standar ASM tahun 2015 memiliki propertis *Hardness Vickers* sebesar 78 VHN. Kemudian dilakukan pengelasan dengan variasi kecepatan putar *tool* 950, 1500, 2500 dan 3600 rpm. Dimana hasil uji kekerasan dan uji tarik yang paling tertinggi pada kecepatan putar *tool* 3600 rpm 207 MPa dan 70,6 VHN, sedangkan hasil uji kekerasan dan uji tarik terendah pada putaran *tool* 1500 rpm yaitu 112 MPa dan 56,5 VHN. Hal ini dikarenakan adanya perubahan stuktur mikro akibat pemanasan pada saat pengelasan dan juga terdapat cacat *wormholes* yang terjadi pada

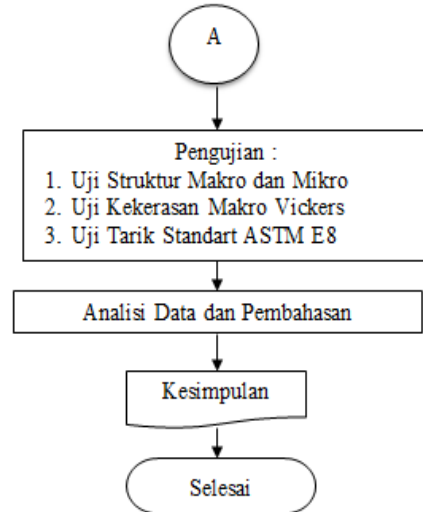
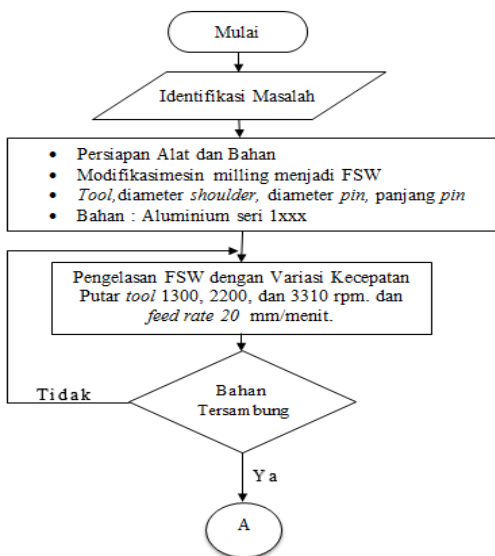
logam las, hal tersebut yang membuat tegangan tarik dan kekerasan pada logam las menjadi rendah.

Haryanto (2010), meneliti sifat kuat tarik AL 1100 dengan variasi putaran tool 1450, 1850, dan 2250 rpm, dengan kecepatan feed rate 6 mm/menit menyatakan bahwa kekuatan tarik paling tinggi terjadi pada variasi putaran tool 1850 rpm dengan nilai kuat tarik sebesar 120,68 MPa, sedangkan untuk kuat tarik terendah terjadi pada variasi putaran 2250 rpm dengan nilai kuat tarik sebesar 105,85 MPa. Hasil tersebut menyatakan bahwa nilai kuat tarik logam las lebih rendah dari kuat tarik logam induk yang memiliki nilai kuat tarik sebesar 12604 MPa. Peningkatan putaran tool mengakibatkan batas butir material membesar dan presipitat yang terbentuk kasar, sehingga arial memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah.

Berdasarkan uraian tersebut, pengkajian terhadap FSW terhadap proses pengelasan dalam dunia industri masih sangat luas. Pengelasan FSW dengan menggunakan Putaran *tool* masih jarang dan masih banyak ilmu yang bisa digali untuk menjelaskan pengelasan FSW baik dari sisi metode pengelasan, kekerasan tool, bahan yang digunakan, kecepatan putar, kecepatan pemakanan, gas pelindung dan sebagainya. Untuk itulah penelitian tentang pengaruh Putaran *tool* terhadap kekuatan mekanik dengan FSW pada aluminium seri 1xxx ini dilakukan, dengan harapan dapat memberikan informasi baru tentang kekuatan tarik, tingkat kekerasan, struktur mikro dan makro, dan bentuk dari patahan pengelasan dari variasi putaran *tool* dengan menggunakan pengelasan FSW.

## 2. Metode Penelitian

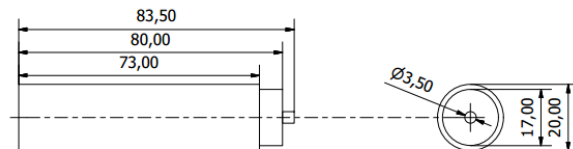
### 2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian FSW Pada Plat Aluminium 1xxx

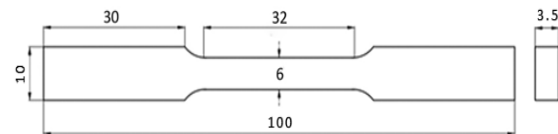
### 2.2. Proses Penelitian

Pada penelitian FSW ini digunakan mesin milling yang ada di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan bentuk *tool* pada Gambar 2.2., material *tool* dari baja pejal dengan tujuan agar tidak mengalami deformasi pada saat dilakukan pengelasan. Adapun parameter penelitian ini menggunakan feed rate 20mm/menit. Dengan variasi kecepatan putar tool 1300, 2220, dan 3310 RPM.



Gambar 2.2. Desain *Tool* Modifikasi dari (Hariyanto,2010).

Material hasil las diamati struktur mikro dan makro menggunakan mikroskop optik, kemudian dilakukan uji kekerasan didaerah lasan dan dilakukan uji tarik sesuai standart ASTM E-8 pada Gambar 2.3. untuk melihat nilai tegangan dan regangan yang dihasil pada material lasan.

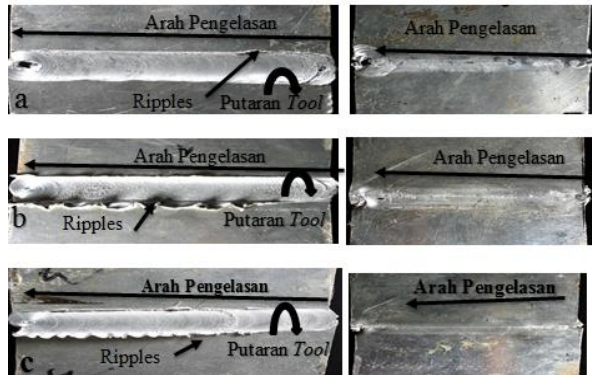


Gambar 2.3. spesimen uji tarik standart ASTM E-8

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Pengelasan

Pada Gambar 3.1. (a) hasil pengelasan dengan metode FSW dengan kecepatan putar *tool* 3310 RPM menghasilkan permukaan lasan yang lebih baik jika dibandingkan dengan kecepatan putar *tool* 2220 (b) dan 1300 RPM (c), dimana permukaan lasnya lebih halus dan tidak terdapat *ripples*, sedangkan bagian belakang lasan terlihat material las lebih baik. Pada Gambar 3.1. (b) dan (c) terlihat permukaan sambungan las yang dihasilkan terdapat *ripples* yang cukup banyak, dimana hal tersebut terjadi karena kedalaman penekanan *tool* yang terlalu dalam saat pengelasan.

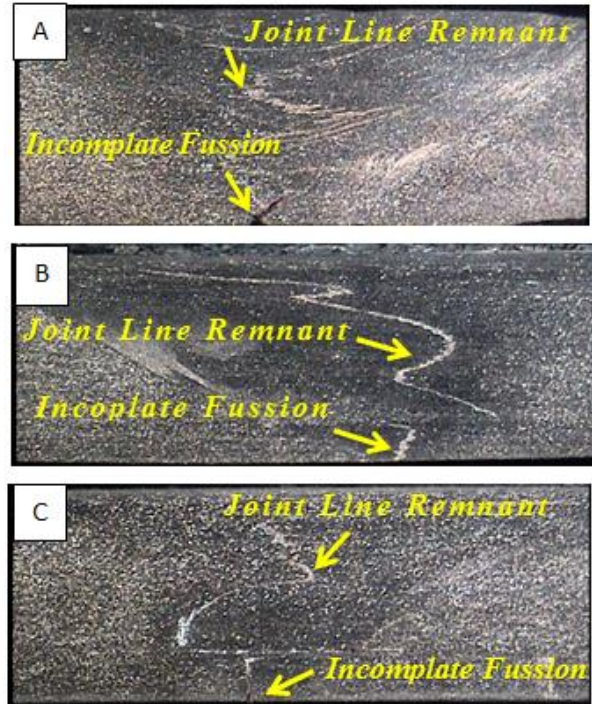


Gambar 3.1. Hasil FSW Tampak Depan (Bawah) Dan Tampak Belakang (Atas) Pada Variasi Putaran (a) 3310 RPM, (b). 2220 RPM, Dan (c). 1300 RPM.

#### 3.2. Hasil Foto Makro

Berdasarkan hasil foto struktur makro untuk tiap spesimen memiliki perbedaan yang signifikan yang terlihat dari beberapa cacat yang terjadi pada material hasil las. Setelah dilihat ternyata pada tiap hasil lasan masih terdapat cacat *incomplete fusion*. Cacat *incomplete fusion* adalah cacat yang terjadi karena material las tidak menyatu dengan sempurna sehingga terjadi celah pada pusat sambungan las. Penyebab dari *incomplete fusion* diantaranya adalah input yang dilakukan pada saat proses pengelasan kurang besar, sehingga material las tidak bisa melunak dan menyatu dengan sempurna, selain itu *feed rate* yang terlalu tinggi juga mengakibatkan cacat *incomplete fusion* dalam FSW jika *feed rate* terlalu tinggi maka waktu proses pengelasan semakin cepat, sehingga memungkinkan material las tidak dapat menyatu dengan baik.

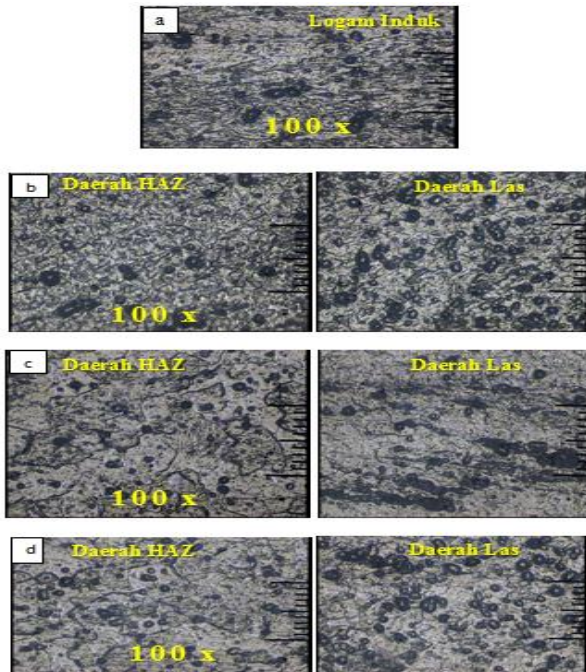
Selain itu pada semua hasil lasan terdapat *joint line remnant*, dimana terlihat seperti garis-garis lengkung pada daerah las, *joint line remnant* terbentuk karena adanya oksida yang terjebak pada saat proses pengelasan berlangsung. (Threadgill. 2009).



Gambar 3.2 Struktur makro sambungan las FSW pada Putaran *Tool* (a) 3310 RPM, (b) 2220 RPM, dan (c) 1300 RPM

#### 3.3. Hasil Foto Mikro

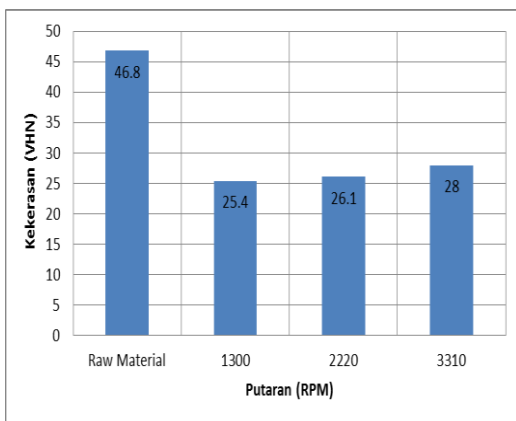
Ketiga daerah (*stir zone*, HAZ, dan Logam Induk) mendapatkan perlakuan yang berbeda pada saat proses pengelasan berlangsung, dengan adanya perlakuan yang berbeda maka ketiganya memiliki struktur mikro yang berbeda. Pada Gambar 3.3.(b) terlihat bahwa pada daerah las butiran atom lebih merata dan memiliki ukuran yang lebih besar dari logam induknya. Untuk Gambar 3.3.(c) terlihat bahwa butiran atom FeAl<sub>3</sub> memiliki jarak yang berjauhan antar partikel dan memiliki ukuran yang besar dan kecil tidak seragam dari pada daerah HAZ dan logam induk. Sedangkan untuk Gambar 3.3.(d) terlihat butiran atom FeAl<sub>3</sub> dengan jumlah yang merata tetapi tidak lebih padat dari variasi putaran 3310 RPM pada Gambar 3.3.(b).



Gambar 3.3. Struktur Mikro Pengaruh Kecepatan Putar Tool Terhadap Daerah HAZ (Kiri) Dan Daerah Las (Kanan) Dengan Variasi Putaran (a) Logam Induk, (b) 3310 RPM, (c) 2220 KRPM, (d) 1300 RPM

### 3.4. Uji Kekerasan

Pada proses pengelasan aluminium dengan metode FSW dengan variasi kecepatan putar *tool* kali ini dapat diketahui bahwa semakin tinggi putaran *tool* maka nilai kekerasannya semakin tinggi, begitu juga sebaliknya jika putaran *tool* rendah maka nilai kekerasan hasil lasan juga lebih rendah.



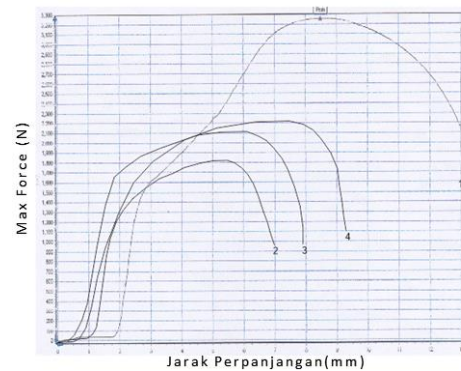
Gambar 3.4. Grafik Hubungan Putaran *Tool* Terhadap Nilai Kekerasan Pada Sambungan FSW

Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada variasi putaran 3310 RPM dengan nilai sebesar 28 VHN, sedangkan untuk nilai terendah terjadi pada variasi putaran 1300 RPM dengan nilai 25,4 VHN. Nilai

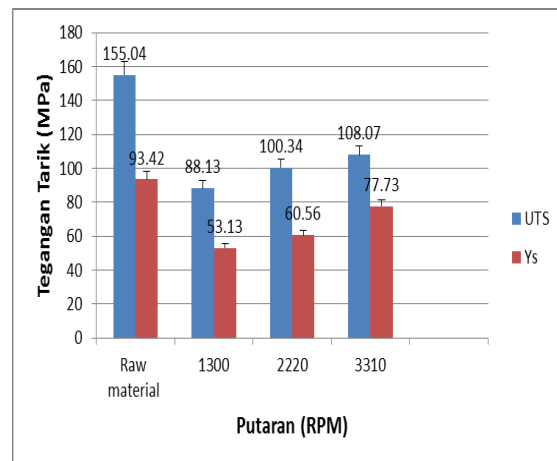
tertinggi dan terendah untuk kekerasan ini dimulai dari pusat pengelasan, dimana nilai kekerasannya mengalami kenaikan menuju *base metal*.

### 3.5. Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan dimensi spesimen uji tarik menggunakan standar ASTM E8. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian tarik berupa nilai tegangan dan regangan dari hasil pengelasan.

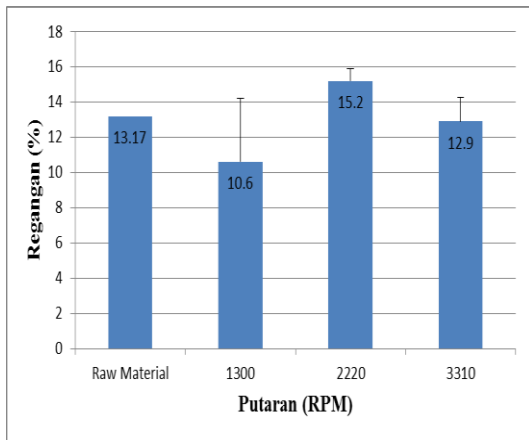


Gambar 3.5 Grafik Uji Tarik Hasil FSW pada variasi Kecepatan Putar *Tool*



Gambar 3.6. Grafik UTS dan Yield Strength Pada Sambungan FSW Dengan Variasi Putaran *Tool*.

Dari Gambar 3.5 dan 3.6 di atas dapat diketahui bahwa nilai UTS dan YS tertinggi terjadi pada variasi putaran *tool* 3310 RPM dengan nilai 108.07 MPa dan 77,73 MPa, sedangkan nilai UTS dan YS terendah terjadi pada variasi putaran *tool* 1300 RPM dengan nilai 88,13MPa dan 53,13 MPa



Gambar 3.7. Grafik Hubungan Variasi Putaran Tool Terhadap Regangan Pada Sambungan FSW

Dari gambar grafik 3.7. diatas dapat diketahui bahwa regangan hasil las dengan variasi putaran tool 2220 RPM memiliki nilai yang paling tinggi yaitu sebesar 15.9 % bahkan 15.4 % lebih tinggi dari raw material yang memiliki nilai regangan sebesar 13.17 %. Sedangkan nilai regangan terkecil terjadi pada material hasil lasan dengan Variasi putaran tool 1300 RPM dengan nilai 10.6 % yaitu lebih kecil dari raw material yang memiliki nilai regangan sebesar 13.17%.

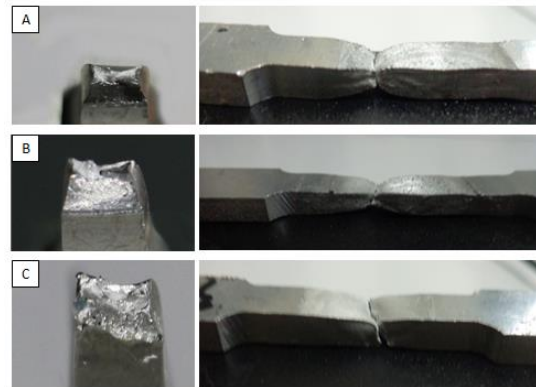
Tabel 1. Tabel Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu

Penelitian Sekarang			Penelitian Terdahulu (Sudrajat, 2012)		
Bahan AL 1xxx			Bahan AA 1100		
Parameter Penelitian	TS	$\epsilon$	Parameter Penelitian	TS	$\epsilon$
	MPa	%		MPa	%
Raw Material	155.04	13.17	Raw Material	120	10
1300 RPM	88.13	10.6	780 RPM	52.22	21.8
2220 RPM	100.34	15.2	980 RPM	38.47	15.6
3310 RPM	108.07	12.9	1120 RPM	56.52	20.3
Feed Rate (20 mm/min)			Feed Rate (15 mm/min)		

Pada Tabel 1. terlihat hasil pengujian kuat tarik dan regangan yang didapatkan dari penelitian ini terdapat perbedaan jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yaitu, Sudrajat (2012) yang menganalisa sifat mekanik hasil pengelasan aluminium AA1100 dengan metode FSW dengan variasi putaran tool 780, 980, dan 1220 RPM, dengan feed rate 15 mm/menit. Dimana untuk kekuatan tarik

menyatakan hasil yang sama yaitu putaran tool tertinggi memiliki nilai kuat tarik yang paling tinggi juga. Sedangkan untuk presentase hasil nilai kuat tarik penelitian ini lebih mendekati nilai kuat tarik raw materialnya yaitu sebesar 69,71% dibandingkan dengan nilai kuat tarik peneliti terdahulu yaitu 47.1% dari raw material. Kemudian dari nilai regangannya terdapat perbedaan, jika pada penelitian ini nilai regangan tertinggi terjadi pada variasi putaran tertinggi kedua yaitu 2220 RPM dengan 15.41 % lebih tinggi dari raw material untuk peneliti terdahulu nilai regangan tertinggi terjadi pada putaran yang paling rendah yaitu 780 RPM dengan 218 % dari raw material. Adapun untuk perbedaan hasil penelitian yang lebih spesifik di tunjukkan pada tabel 4.2.

### 3.6. Faktografi



Gambar 3.8. Tampak Depan Bagian Patahan Las (kiri) dan tampak samping (kanan) (a) Putaran Tool 1300 RPM, (b) Putaran Tool 2220 RPM, dan (c) Putaran Tool 3310 RPM

Pada gambar 3.8. diatas menunjukkan patahan dari hasil pengelasan FSW, letak patahan terjadi pada daerah las. Hal ini dikarenakan adanya cacat berupa incomplete fusion yang terbentuk berupa celah kecil di logam las. Sedangkan untuk gambar 3.8. (a) terlihat bahwa hasil patahan tidak terjadi pada pusat daerah las tetapi pada daerah mendekati logam induknya. Selain itu pada semua hasil patahan las menunjukkan kriteria patah ulet, dimana sebelum patah terjadi perpanjangan terlebih dahulu.

### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang FSW dengan variasi kecepatan putaran tool, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada hasil foto makro menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putar tool mengakibatkan cacat joint line remnant semakin kecil. Sedangkan pada struktur mikronya peningkatan putaran tool mengakibatkan butiran atom menjadi lebih besar dan seragam, dimana variasi putaran

- tool* 3310 RPM memiliki susunan butiran atom paling rapat dan seragam.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran *tool* mengakibatkan nilai kekerasannya meningkat. Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada variasi putaran *tool* 3310 RPM dengan nilai 28 VHN yaitu 59,8% dari kekerasan *raw materialnya*.
  3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran *tool* mengakibatkan nilai kekuatan tarik semakin besar. Dimana kekuatan tarik tertinggi terjadi pada variasi putaran 3310 RPM dengan nilai 108,07 MPa yaitu 69,7 % dari kekuatan tarik *raw materialnya*.
  4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran *tool* mengakibatkan patahan las semakin mendekati *raw material*. Selain itu pada semua logam las menunjukkan sebelum terjadi patah material las terlebih dahulu mengalami perubahan ukuran, dimana hal tersebut menunjukkan bahwa material hasil las ulet.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. “*Jenis Alumunium*”.  
<http://teknikpengelasan.com>. (diakses pada 10 Juni 2016).
- ASTM. 2010. “*Standart Test Methods for Tension Testing of Metallic Material, ASTM E8/E8M-09*”.
- Erwanto, 2012, “*Pengaruh Kecepatan Putar Tool Terhadap Kekuatan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding Pada Alumunium 5052*”.
- Hariyanto, 2010, “*Pengaruh Putaran Dan Kecepatan Tool Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Tumpu Las FSW Tak Sejenis Antara Al 2024-T3 Dengan AL 1100*”.
- Iqbal, 2014, “*Pengaruh Putaran Dan Kecepatan Tool Terhadap Sifat Mekanik Pada Pengelasan Friction Stir Welding Allumunium 5052*”.
- Sudrajad, A., 2012, “*Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Alumunium AA 1100 Dengan Metode Friction Strir Welding (FSW)*”.
- Threadgill, 2009. “*Friction stir welding of aluminium alloys*”.