

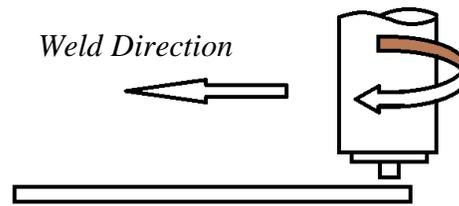
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

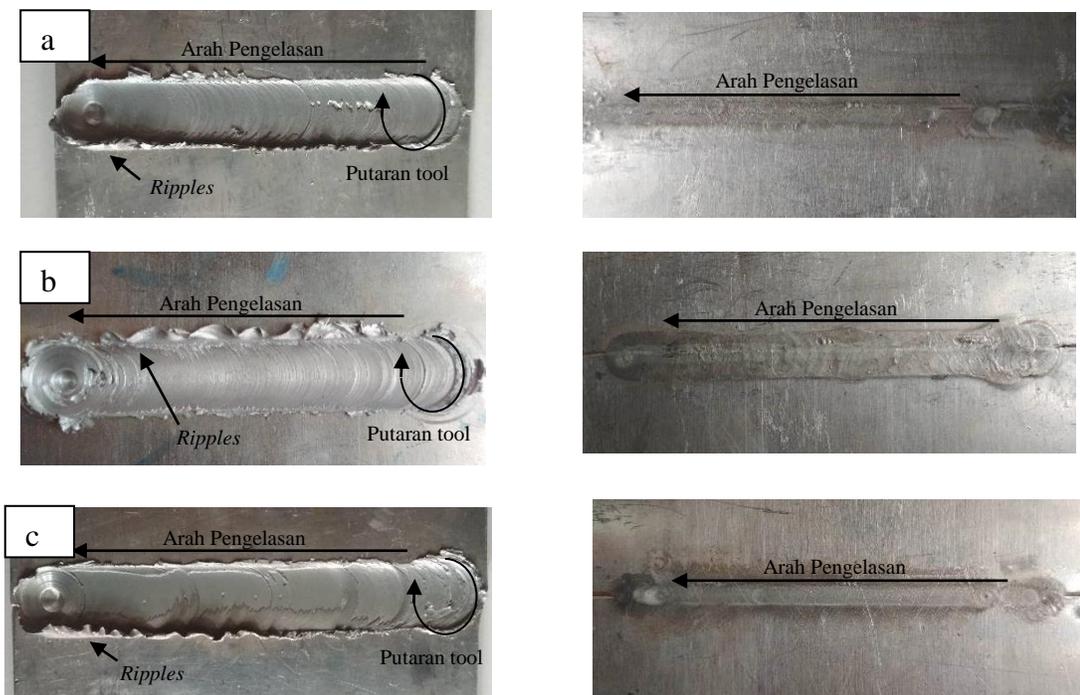
4.1 Hasil Pengelasan

Proses pengelasan dengan menggunakan (*Friction Stir Welding*) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. pada gambar dibawah terlihat pengelasan yang terbentuk akibat gesekan pin terhadap dua plat aluminiun dengan ketebalan 5 mm. Pin berputar dengan kecepatan 1500 RPM searah jarum jam sehingga menimbulkan panas. Panas yang terbentuk dari gesekan yang terjadi pada plat mengakibatkan terjadinya pengadukan pada daerah las. Plat/benda kerja berpindah dengan kecepatan 3 mm/s ke arah kanan secara horizontal sehingga terjadi proses pengelasan. Pengelasan tersebut diulangi dengan mengganti pin yang sudah di siapkan dan dipasang pada mesin frais.

Pada Gambar 4.2. (a) hasil pengelasan dengan metode FSW menggunakan bentuk pin tool silinder ulir menghasilkan permukaan yang kurang halus hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan dari putaran pin tool tidak bias melunakkan material yang akan dilas dengan . Pada Gambar 4.2. (b) permukaan hasil sambungan las lebih halus dibandingkan dengan pengelasan dengan bentuk pin tool silinder ulir akan tetapi pada ujung pengelasan terdapat cacat yang dilihat jelas pada permukaan pengelasan hal ini disebabkan panas yang dihasilkan dari putran tool sangat kurang sehingga tidak bias meleunakkan material yang dilas. Pada Gambar 4.2. (c) terlihat pada permukaan hasil pengelasan tidak ada cacat sama sekali dan sangat halus dibandingkan dengan hasil pengelasan dengan menggunakan bentuk pin tool silinder ulir dan pin tool tirus ulir. Pada ketiga hasil pengelasan dibawah terdapat *ripples* disepanjang alur pengelasan hal ini disebabkan kareana penekanan tool yang terlalu dalam sehingga permukaan benda yang di las menjadi terkelupas.



Gambar 4.1. Skema Pengelasan



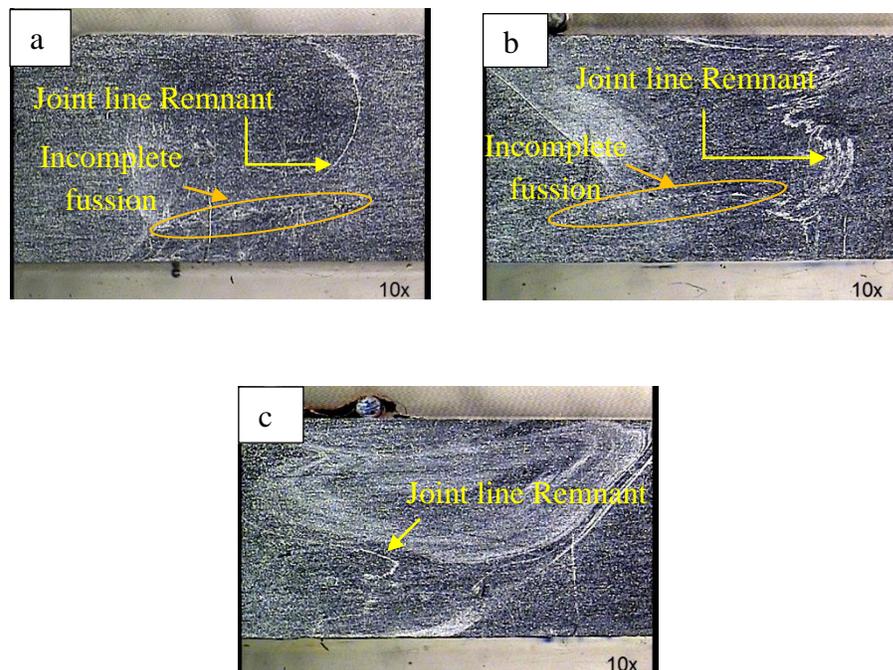
Gambar 4.2. Hasil FSW Terhadap Variasi Profil Pin Tool (Kiri Tampak Atas dan Kanan Tampak Bawah), (a). Pin Tool Silinder Ulir, (B). Pin Tool Tirus Ulir, (C). Pin Tool Silinder Lurus.

4.2 Pengujian Makro dan Mikro

a. Pengujian Makro

Pengujian makro bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur makro dari setiap spesimen yang telah dilas menggunakan metode friction stir welding, hasil foto makro menunjukkan hasil yang berbeda-beda pada setiap spesimen hal tersebut dikarenakan variasi profil yang berbeda-beda sehingga struktur yang terbentuk pada saat proses pengelasan berbeda. Hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan dari variasi profil tidak sama sehingga mempengaruhi panas yang digunakan untuk pelunakan material dalam proses penyambungan, proses pengadukan sangat penting dalam proses FSW agar hasil penyambungan bisa menyatu sempurna.

Dilihat dari hasil pengujian foto makro juga terdapat cacat lasan *incomplete fusion*. Cacat *incomplete fusion* adalah sebuah cacat dimana hasil lasan tidak menyatu dengan sempurna sehingga terdapat celah pada pusat sambungan las. Cacat las ini disebabkan karena profil *tool* yang berulir sehingga mengangkat material aluminium yang sudah melunak dan juga *feed rate* yang tinggi sehingga panas yang dihasilkan tidak bisa melunakkan material yang akan disatukan pada bagian bawah pin tool dengan sempurna. Pada setiap hasil lasan terdapat *joint line remnant*, hal itu terlihat seperti garis melengkung pada daerah hasil lasan, garis-garis ini terbentuk karena ada oksida yang terjebak pada saat pengelasan berlangsung (Threadgill, 2009). Joint line remnant biasanya terjadi di daerah pengelasan, hal ini dikarenakan oksigen yang berada di celah-celah pada material las tidak bisa keluar sepenuhnya dan terjebak pada saat proses pengelasan berlangsung.

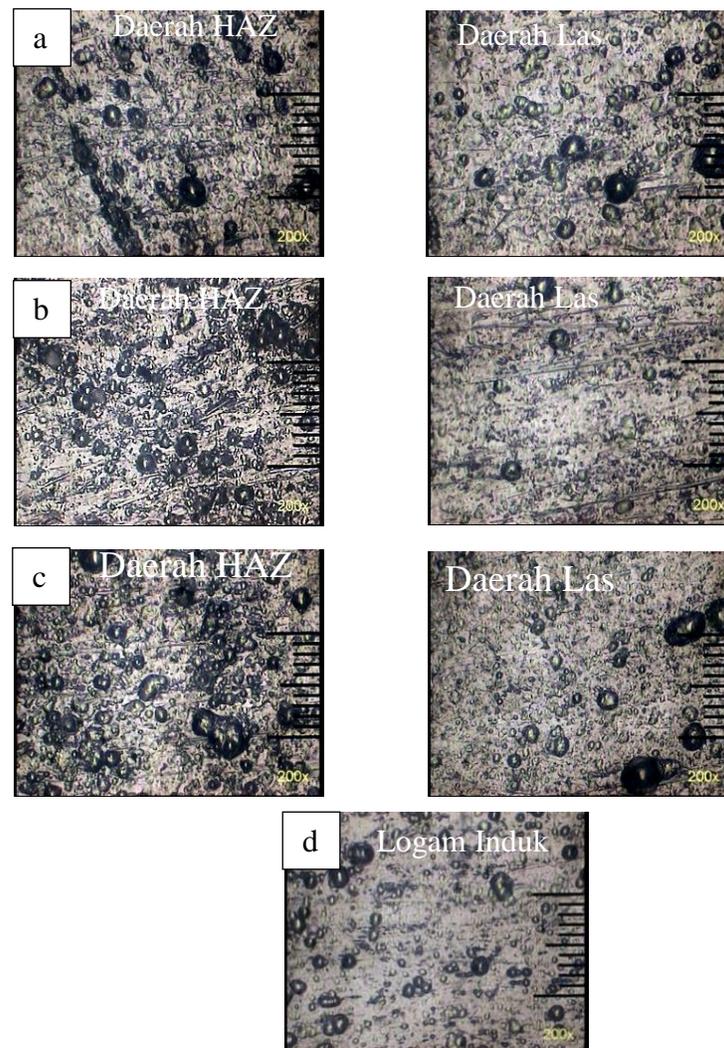


Gambar 4.3. Struktur mikro sambungan las fsw dengan variasi bentutool (a) silinder ulir, (b)tirus ulir, dan (c) silinder biasa.

b. Pengujian Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur makro yang terbentuk setelah dilakukannya pengelasan pada suatu material dengan menggunakan FSW, yaitu pada daerah Las, HAZ, dan Logam Induk. hasil pengelasan FSW pada aluminium 1xxx terdapat partikel hitam pada daerah las. Partikel hitam tersebut adalah $FeAl_3$ seperti yang terdapat pada *ASM Hand Book Metallography and mikrostructures*, seperti yang terdapat pada Gambar 4.4. Partikel hitam terlihat lebih rapat dan besar pada semua hasil pengelasan, hal ini diakibatkan karena bentuk profil tool yang bervariasi.

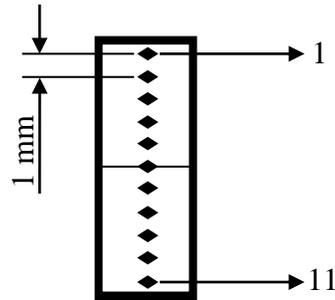
Pada Gambar 4.4.(b) pada daerah las dapat dilihat bahwa partikel $FeAl_3$ sangat banyak, untuk daerah HAZ terlihat banyak dan saling mengikat. Untuk Gambar 4.4.(c) pada daerah las dapat dilihat bahwa partikel $FeAl_3$ sedikit, untuk daerah HAZ terlihat banyak tapi menyebar. Untuk Gambar 4.4.(d) pada daerah las dapat dilihat bahwa partikel $FeAl_3$ cukup banyak, untuk daerah HAZ terlihat banyak dan saling mengikat.



Gambar 4.4. Struktur Mikro Pengaruh Profil Pin Tool Terhadap Daerah HAZ (Kiri) Dan Daerah Las (Kanan) Dengan Bentuk Profil Tool, (a) Silinder Ulir, (b)Tirus Ulir, (c) Silinder Biasa dan, (d) Logam Induk

4.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan pada semua spesimen yang telah dilakukan pengelasan dengan variasi profil pin *tool* menggunakan skema seperti pada Gambar 4.5. Adapun hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan *Makro Vickers* ditunjukkan pada Tabel 4.1.



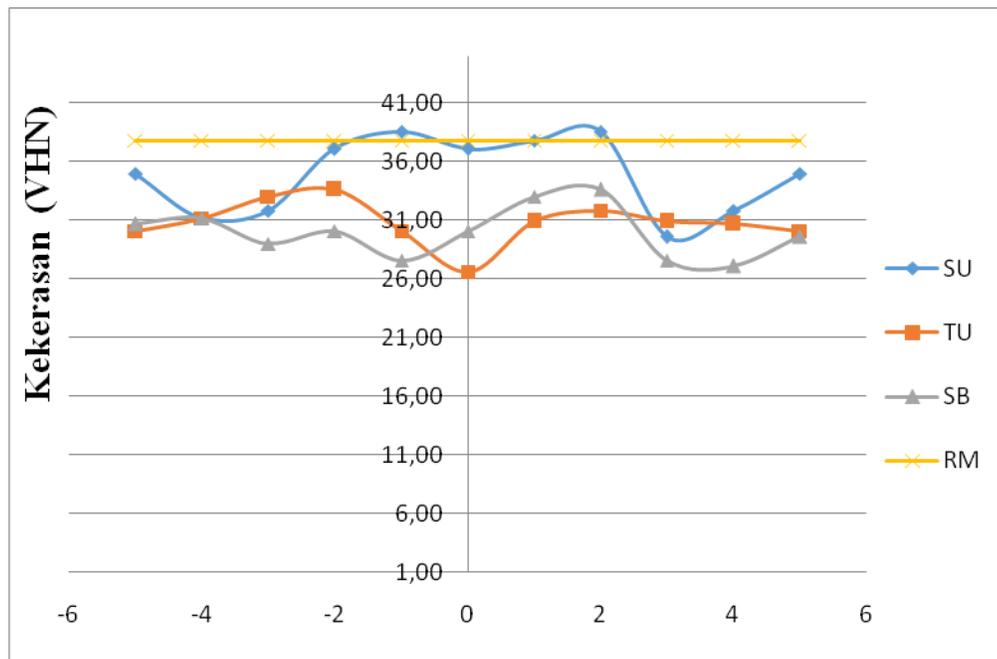
Gambar 4.5. Skema Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 4.1. Nilai Hasil Uji Kekerasan

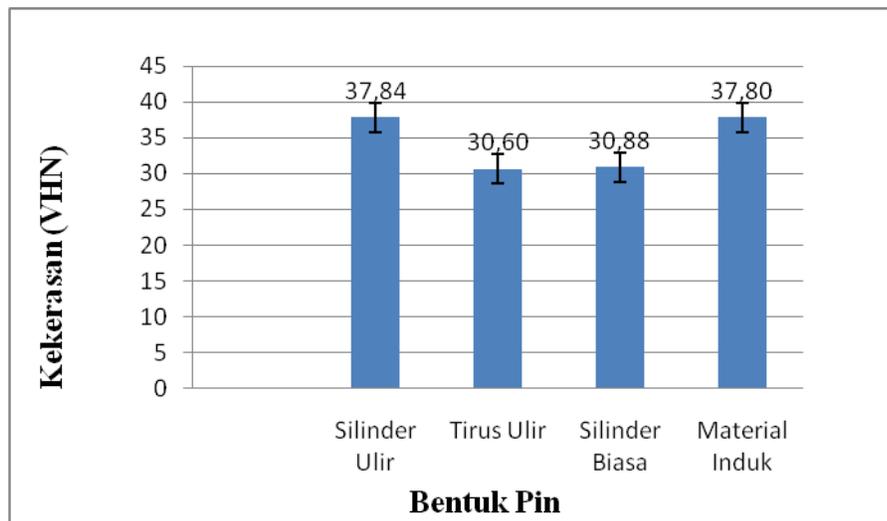
No	Posisi Titik Uji	Nilai Kekerasan VHN			Raw Material
		Profil Tool			
	Mm	Silinder Ulir	Tirus Ulir	Silinder Biasa	
1	-5	35.0	30.1	29.6	37.8
2	-4	31.8	30.7	27.1	
3	-3	29.6	30.9	27.6	
4	-2	38.6	31.8	33.6	
5	-1	37.8	30.9	33.0	
6	0	37.1	26.6	30.1	
7	1	38.6	30.1	27.6	
8	2	37.1	33.6	30.1	
9	3	31.8	33.0	29.0	
10	4	31.2	31.2	31.2	
11	5	35.0	30.1	30.7	

Pengelasan aluminium dengan proses *Friction Stir Welding* dengan *feed Rate* 2 mm/menit dengan putaran 1500 rpm dan dengan variasi pin tool (Tirus Berulir,

Silinder Berulir, dan Silinder Biasa). Dari Tabel 4.1 hasil pengujian diatas dapat dilihat bahwa adanya perbandingan tingkat kekerasan pada daerah Las yang disebabkan oleh partikel $FeAl_3$ seperti yang terlihat pada pengujian struktur mikro yang mengakibatkan butiran lebih besar sehingga nilai kekerasannya meningkat. Nilai kekerasan tertinggi pada sambungan las terjadi pada variasi Profil Tool Silinder Ulir dengan nilai sebesar 37.1 VHN, sedangkan untuk nilai kekerasan terendah pada sambungan las terjadi pada variasi Profil Tool Tirus Ulir dengan nilai sebesar 26.6 VHN.



Gambar 4.6. Grafik Dstribusi Kekerasan pada Sambungan FSW



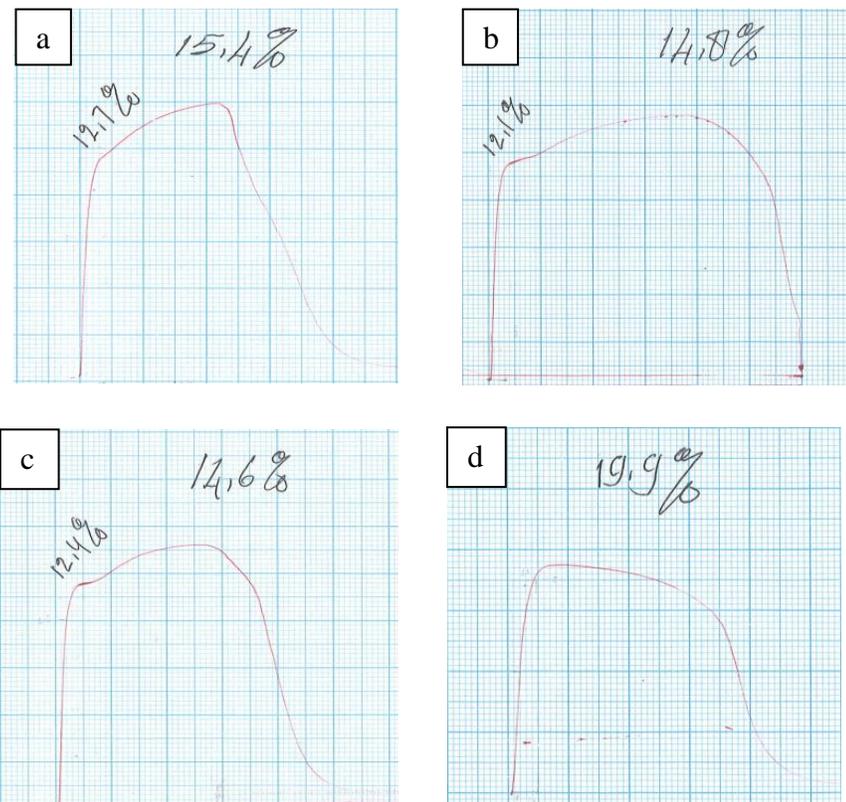
Gambar 4.7. Grafik Hubungan Bentuk Pin Tool Dengan Kekerasan Pada Daerah Las FSW

Pengelasan dengan menggunakan metode *Priction Stir Welding* dengan variasi profil tool diketahui dari hasil pengujian kekerasan pada Gambar 4.7. menunjukkan bahwa profil silinder ulir memiliki tingkat kekerasan rata-rata paling tinggi yaitu 37,84 VHN. Sedangkan untuk profil silinder biasa memiliki tingkat kekerasan rata-rata paling rendah yaitu 30,60 VHN. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.6. dan 4.7. bentuk profil tool mempengaruhi kekerasan dari hasil pengelasan FSW, dan tingkat kekerasan pada setiap titik sangat bervariasi hal ini disebabkan oleh pengambilan titik pada saat pengujian kekerasan ada yang bertepatan dengan garis las sehingga pada titik itu nilai kekerasannya menurun.

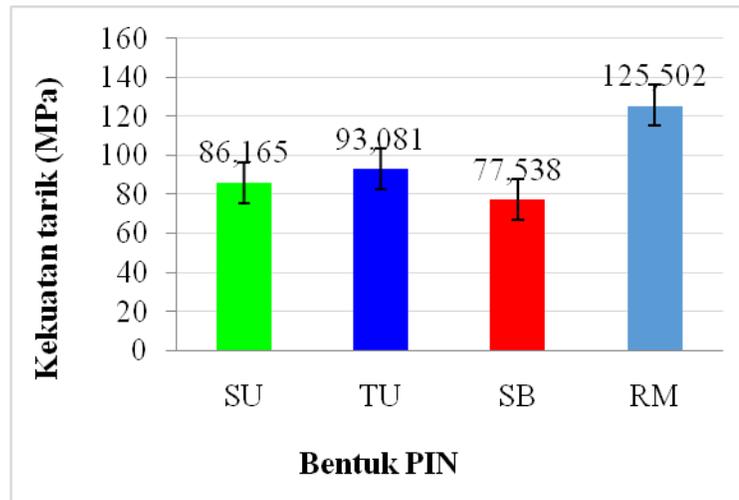
Selain itu jika dilihat dari hasil foto makro dan mikro bentuk profil tool pada pengelasan FSW sangat berpengaruh dalam kekerasan. Hasil pengelasan dimana terdapat cacat las *joint line remnant* pada bentuk profil tool pengelasan FSW bentuk profil silinder ulir memiliki cacat lebih rendah dibandingkan dengan profil lainnya. Bentuk profil tool menyebabkan bentuk butiran pada daerah lasan menjadi lebih besar sehingga kekerasannya meningkat.

4.4 Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian tarik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan dan rengangan dari hasil pengelasan FSW dengan menggunakan standard ASTM E8. Hasil pengujian akan dibandingkan dengan kekuatan tarik dari *raw materialnya*.

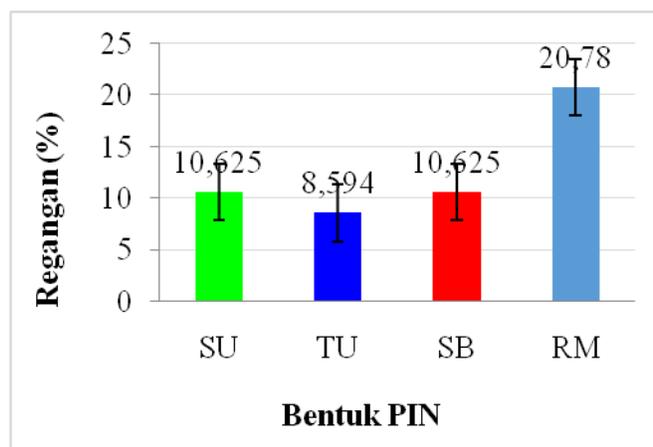


Gambar 4.8. Grafik Hasil Uji Tarik (A) Silinder Ulir, (B) Tirus Ulir, (C) Silinder Biasa Dan, (D) Raw Material



Gambar 4.9. Grafik Hubungan Tegangan Tarik Dengan Variasi Profil Pin Tool Pada Sambungan FSW

Dari Gambar 4.9. diatas dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik dari material hasil pengelasan dengan raw material sangatlah masih kecil, kekuatan tarik dari raw material yaitu sebesar 125,502 MPa sedangkan untuk material hasil pengelasan memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 93,081 Mpa dengan profil pin tool tirus ulir, sedangkan untuk kekuatan tarik terendah yaitu 77,538 MPa dengan profil pin tool silinder biasa,



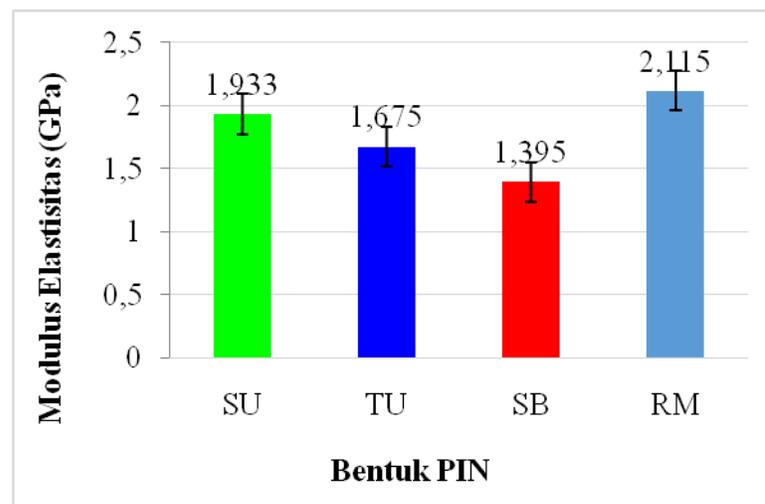
Gambar 4.10. Grafik Hubungan Regangan Dengan Profil Tool Hasil Pengelasan FSW

Dari Gambar 4.10 diatas dapat dilihat bahwa nilai regangan pada hasil pengelasan FSW masih kecil dibandingkan dengan *Raw Materialnya*, regangan tertinggi pada hasil pengelasan yaitu 51,3% pada profil tool silinder berulir dan juga profil tool tirus berulir sedangkan regangan terendah yaitu sebesar 41,3% dibandingkan dengan raw materialnya. Hal ini disebabkan oleh struktur mikro pada material memiliki butiran terlalu besar dan tidak menyatu seperti yang terlihat pada Gambar 4.4. (c) sehingga mengakibatkan material tersebut menjadi getas dan mudah terdeformasi. Jika dilihat dari hasil foto makro pada Gambar 4.3 (c) banyak terdapat *joint line remnant*, hal tersebut juga mengakibatkan turunnya nilai regangan pada hasil pengelasan.

Hasil pengujian kekuatan tarik dan regangan jika dibandingkan dengan hasil pengujian yang dulu maka dapat dilihat perbedaana yaitu, Sumarlin (2011) dengan tema “Pengaruh Penggunaan Pin Tool Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan Friction Stir Welding Almunium (Al)” dengan variasi bentuk Pin Tool Segi Tiga, Kotak, Silinder. Hasil dari pengujian tarik pada penelitian Sumarlin didapatkan perbedaan yang tidak cukup besar, kekuatan tarik tertinggi pada bentuk pin Segi Tiga yaitu sebsar 79.69 MPa atau 63.59 % dari nilai kekuatan tarik *raw materialnya*. Sedangkan untuk hasil pengujian kekuatan tarik pada penelitian saat ini kekuatan tarik tertinggi didapatkan dari bentuk pin tool Tirus Ulir yaitu sebesar 93.081 MPa atau 74.16 % dari kekuatan tarik *raw materialnya*. Untuk nilai regangan tertinggi pada hasil penelitian terdahulu yaitu dengan bentuk pin tool Kotak sebesar 13.5 % atau 6.3 % lebih rendah dari *raw materialny* untuk penelitian saat ini nilai regangan tertinggi didapat dari bentuk pin Tirus ulir yaitu sebesar 10.62 % atau 10.16 % lebih rendah dibandingkan dengan *raw materialnya*. Untuk perbandingan hasil penelitian yang lebih spesifik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Perbandingan hasil penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya

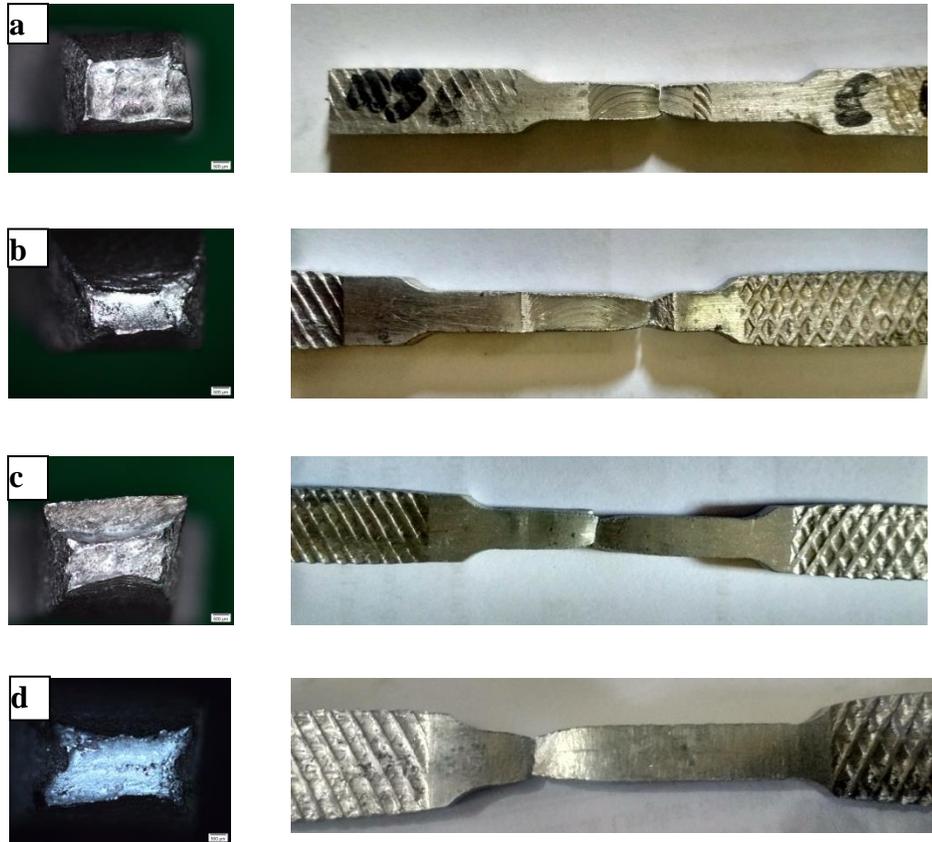
Peneliti Sekarang			Peneliti (Sumarlin.2011)		
Bahan AL 1xxx			Bahan AL 1xxx		
Bentuk Pin Tool	Kekuatan MPa	Regangan %	Bentuk Pin Tool	Kekuatan MPa	Regangan %
Raw Material	125.502	20.78	Raw Material	125.30	19.8
Silinder Ulir	86.165	10.625	Segi Tiga	79.69	11.7
Tirus Ulir	93.081	10.625	Kotak	79.28	13.5
Silinder Biasa	77.538	8.594	Silinder	52.11	10.5



Gambar 4.11. Grafik hubungan modulus elastisitas dengan variasi profil tool

Dari gambar 4.11. Di atas dapat dilihat bahwa variasi profil tool sangat berpengaruh dengan modulus elastisitas pada pengelasan FSW. Hasil perhitungan modulus elastisitas tertinggi yaitu pengelasan dengan menggunakan pin tool silinder ulir dengan nilai 89,6% dibandingkan dengan modulus elastisitas dari *Raw materialnya*, sedangkan untuk nilai terendah yaitu pengelasan dengan menggunakan pin tool silinder biasa dengan nilai 75,4% dibandingkan dengan modulus elastisitas dari *raw materialnya*.

4.5 Fraktografi



Gambar 4.12. Tampak Depan Bagian Patahan Las (Kiri) Dan Tampak atas(Kanan), (a) Pin Tool Sinder ulir, (b) Pin Tool Tirus Ulir Dan, (c) Pin Tool Silinder Biasa, (d) Raw Material.

Gambar 4.12. Diatas menunjukkan bentuk patahan pada hasil pengujian tarik pada pengelasan FSW patahan yang terjadi pada bagian lasan biasa disebabkan oleh cacat las dan juga perubahan truktur mikro pada daerah las dan HAZ. Hasil foto patahan diatas menunjukkan bahwa pada gambar (b) menunjukkan bahwa patahan terjadi pada daerah HAZ hal ini menunjukkan patahan ulet, adapun hal tersebut ini disebabkan karena butiran pada daerah tersebut mengecil akibat panas dari hasil pengelasan.