

PENGARUH WAKTU LAS GESEK TITIK TERHADAP SAMBUNGAN LEMBARAN BODI MOBIL

Suryadi *), Syahbudin **)

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: suryadi.ums@gmail.com, syahbuddin5mh@gmail.com

ABSTRAK

Ketika produsen mobil memperluas penggunaan aluminium pada kendaraan, minat pada alternatif teknologi penggabungan, seperti *Friction stir spot welding (FSSW)* semakin meningkat. Proses ini dikembangkan oleh Mazda Motor Corp dan Kawasaki Heavy Industri untuk memasang kap aluminium dan pintu belakang mobil sport RX-8. Teknologi ini juga semakin diminati dari produsen pesawat terbang, peralatan, truk, kereta api, peralatan *off-road* dan bahkan elektronik konsumen. Proses ini digunakan untuk menggabungkan aluminium ke aluminium, dan masih dipelajari apakah FSSW dapat digunakan untuk penggabungan aluminium ke baja dan baja ke baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap kekuatan pengelasan yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Material yang dipakai yaitu SPCC, SS400 dengan ketebalan berturut-turut 0.8 mm, 0.65 mm dan variasi waktu pada saat proses pengelasan secara berturut-turut yaitu 10 s, 20 s, 30 s, 40 s dan 5 s, 10 s, 15 s, 20 s, selanjutnya dilakukan pengujian tarik dan struktur mikro. Hasil dari pengujian tarik dan struktur mikro didapatkan beban maksimal pada plat SPCC pada *dwell time* 20 s dengan beban maksimal 280 kgf dan tegangan maksimalnya 37 kgf/mm², pada plat SS400 pada *dwell time* 15 s dengan beban maksimal 230 kgf dan tegangan maksimalnya 39 kgf/mm² dan terjadi kenaikan atau penurunan tegangan maksimal yang tidak berpola, dikarenakan pada saat terbentuknya *weld nugget* tidak dapat diprediksi dimensinya, semakin besar luasan terbentuk maka tegangan yang dicapai semakin besar.

Kata kunci: *High Speed Steel, SPCC, SS400, Friction Stir Spot Welding*

ABSTRACT

As car manufacturers expand the use of aluminum in vehicles, interest in alternative merging technologies, such as Friction stir spot welding (FSSW) is increasing. This process was developed by Mazda Motor Corp and Kawasaki Heavy Industry to install aluminum hoods and the rear door of the RX-8 sports car. This technology is also increasingly in demand from aircraft manufacturers, equipment, trucks, trains, off-road equipment and even consumer electronics. This process is used to combine aluminum to aluminum, and it is still being studied whether FSSW can be used to combine aluminum to steel and steel to steel. This study aims to determine the effect of time variations on the strength of the welding produced. This research is using experimental method. The material used is SPCC, SS400 with thickness of 0.8 mm, 0.65 mm and the time variations during the welding process are 10 s, 20 s, 30 s, 40 s and 5 s, 10 s, 15 s, 20 s, then tensile and microstructure testing was carried out. The results of tensile and microstructure testing showed maximum load on the SPCC plate at 20 s dwell time with a maximum load of 280 kgf and a maximum stress of 37 kgf/mm², on the SS400 plate at 15 s dwell time with a maximum load of 230 kgf and a maximum voltage of 39 kgf/mm² and an increase or decrease in maximum stress that is not patterned, because when a weld nugget is formed cannot be predicted in dimensions, the greater the area formed, the greater the stress achieved.

Keywords: *High Speed Steel, SPCC, SS400, Friction Stir Spot Welding*

1. PENDAHULUAN

Ketika produsen mobil memperluas penggunaan aluminium pada kendaraan, minat pada alternatif teknologi penggabungan, seperti

Friction stir spot welding (FSSW) semakin meningkat. Selain itu juga dikenal sebagai *Friction stir spot joining*, FSSW telah ada sejak 2003. Proses ini dikembangkan oleh Mazda Motor Corp dan Kawasaki Heavy Industri untuk memasang kap aluminium dan pintu belakang

mobil sport RX-8. Sejak FSSW telah digunakan oleh Toyota Motor Corp, General Motors Co, Ford Motor Co, Fiat Chrysler Automobiles dan PSA Peugeot Citroen. Teknologi ini juga semakin diminati dari produsen pesawat terbang, peralatan, truk, kereta api, peralatan *off-road* dan bahkan elektronik konsumen. Sekarang sudah ditetapkan sebagai proses untuk menggabungkan aluminium ke aluminium, mempelajari apakah FSSW dapat digunakan untuk penggabungan aluminium ke baja dan baja ke baja [1].



Gambar 1. Proses FSSW oleh Mazda Motor Corporation dan Kawasaki Heavy Industri [1]



Gambar 2. FSSW pada rear door Mazda RX- 8 2003 [1].

Untuk memenuhi tantangan dalam persyaratan mobil saat ini, seperti daya tahan, keandalan, dan keberlanjutan, proses FSSW terbukti menjadi proses *solid state* yang kompeten mengelas baja otomotif karbon rendah. Ini adalah pengganti *Resistance Spot Welding (RSW)* pada penggabungan logam dengan struktur ringan seperti aluminium dan paduan magnesium dan telah menunjukkan kelayakan pada proses penggabungan jenis material yang berbeda yaitu aluminium dan baja pada lembaran otomotif yang tipis (tebal 1 mm) [2]. Dari studi kelayakan yang dilakukan banyak proses primer dan sekunder yang secara independen dapat dikendalikan. Proses parameter yang mempengaruhi beban kegagalan gesek tarik adalah kecepatan rotasi (N), kedalaman penetrasi (P), dan *dwell time* (D), dipilih untuk penelitian ini. Ketiganya adalah parameter yang menentukan karakteristik ikatan dan selanjutnya

mempengaruhi variasi beban kegagalan gesek tarik pada *friction stir spot welding* pada lembaran otomotif karbon rendah [3]

2. METODE PENELITIAN

Alur penelitian yang dilakukan meliputi 4 langkah yaitu :

1. Langkah Pertama

Pada langkah ini dilakukan studi pustaka, mengumpulkan informasi tentang *friction stir spot welding (FSSW)*, baik itu dari buku sumber/ literatur atau dari penelitian terdahulu melalui jurnal penelitian sejenis tentang *friction stir spot welding (FSSW)*, baik dari analisis matematis, simulasi teknik dan eksperimen untuk selanjutnya dilakukan optimasi.

2. Langkah Kedua

Pada langkah kedua dilakukan hipotesis dasar berdasarkan data-data dari studi pustaka dan dari penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa pengaruh lama waktu pengelasan berpengaruh terhadap kekuatan las tersebut.

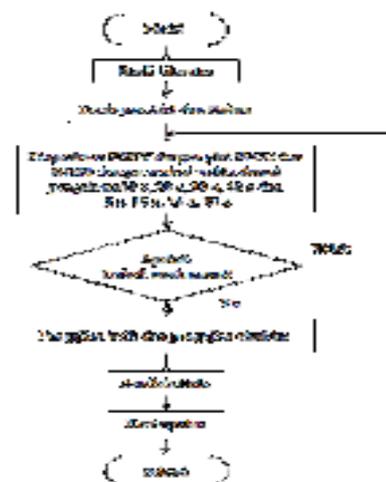
3. Langkah Ketiga

Pada langkah ketiga dilakukan pengumpulan data tentang *friction stir spot welding (FSSW)* baik dari material uji, spesifikasi *tool*, mesin yang digunakan untuk penelitian.

4. Langkah Keempat

Pada langkah ini dilakukan eksperimen tentang penggabungan plat SPCC, SS400 dengan metode *friction stir spot welding (FSSW)* dengan variasi waktu proses pengelasan pada masing-masing jenis plat berturut-turut 10 s, 20 s, 30 s, 40 s dan 5 s, 10 s, 15 s, 20 s.

Penjelasan mengenai prosedur penelitian dapat digambarkan bentuk *flow chart* seperti yang terdapat pada gambar 3. berikut:



Gambar 3. Skema Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan

...

- Alat yang dipakai : Mesin *Milling*
- Spesifikasi Mesin *Milling*
 - Model : GPM-200S (3 Axis)
 - *Spindle Speed* : 930 rpm



Gambar 4. Mesin untuk pengelasan FSSW.

- *Stopwatch*
- *Tools* untuk proses FSSW menggunakan *High Speed Steel (HSS)* dengan diameter 12 mm, Panjang 100 mm
- SPCC ketebalan 0.8 mm, diameter Pin 2.5 mm, tinggi *Pin* :1.5 mm.
- SS400 ketebalan 0.65 mm, diameter Pin 2.5mm, tinggi *Pin* :1.2 mm

Ketebalan dari benda uji didasarkan pada *sheet* yang dipakai pada bodi mobil dengan tebal 0.8 mm, karena tidak adanya ketersediaan plat SS400 dengan tebal 0.8 mm, maka dari itu peneliti memakai variasi ketebalan yang lain untuk eksperimen dengan tebal 0.65 mm.

Perbedaan tinggi *pin* dikarenakan ada perbedaan ketebalan dari plat yang akan dilakukan eksperimen, hal itu disesuaikan agar *pin* tidak sampai menembus tumpukan dua plat.



Gambar 5. Tools untuk pengelasan FSSW.

- Bahan/ material yang dipakai SPCC dan SS400 (Banyak diaplikasikan di industri salah satunya dibidang otomotif)
- Pemotongan plat SPCC dan SS400

Dalam tahap pemotongan ini dibuat spesimen dengan ukuran pada masing-masing plat :

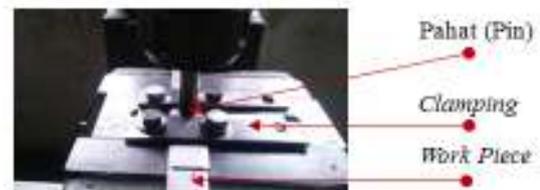
1. 200 mm x 20 mm : 8 units (untuk pengujian tarik)
2. 50 mm x 20 mm : 8 units (untuk pengujian struktur mikro)

Langkah Eksperimen

Tahap pertama : Pemotongan spesimen sesuai dengan ukuran

Tahap kedua : Spesimen yang mempunyai ukuran yang sama di tumpuk dan di tekan agar permukaan rata

Tahap ketiga : Dilakukan proses *friction stir spot welding* pada plat yang sudah ditumpuk



Gambar 6. Skema Proses FSSW.

Pengujian Tarik dan Struktur Mikro

Mesin uji tarik dengan type UTM Shimadzu EHP-EB20186838, Kapasitas 20 Ton, Kec. Tarik 30mm/ min



Gambar 7. Alat Uji Tarik.

Pengujian tarik yaitu pengujian yang fungsinya untuk mengetahui sifat suatu logam dan paduannya. Ini merupakan dasar pengujian untuk mengetahui kekuatan bahan atau kekuatan material dengan standar yang digunakan *American Society for Testing Materials (ASTM) E8 (Standard Test Methods for Tension Testing of*

Metallic Materials) dengan mengambil detail ASTM A370 (*Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*) karena spesimen yang digunakan adalah baja.

Pada uji tarik beban yang diberikan bertahap dan sedikit demi sedikit beban yang diberikan bertambah besar, seiring dengan itu diamati mengenai perpanjangan yang terjadi pada benda uji. Kemudian dapat dihasilkan grafik tegangan dan regangan.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o} \quad (1)$$

Keterangan:

σ_u = Tegangan tarik maksimal (kgf/ mm²)

P_u = Beban tarik (kgf)

A_u = Luasan awal penampang (mm²)

Regangan yang digunakan pada kurva didapatkan dengan cara membagi perpanjangan panjang dengan panjang awal, persamaannya yaitu:

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

L_o = Panjang mula-mula (mm)

L_f = Panjang akhir (mm)

Pengujian mikro adalah suatu pengujian mengenai struktur bahan melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Dengan pengujian struktur mikro, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, deformasi yang mengakibatkan kerusakan logam, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Pengujian struktur mikro ini menggunakan standar *American Society for Testing Materials (ASTM) E3 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens* yaitu standar persiapan benda uji sebelum dilihat struktur mikronya di mikroskop. Tahapan yang harus dilalui pada pengujian struktur mikro adalah *mounting, grinding, polishing, dan etching*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah serangkaian kegiatan yang sudah dilakukan pada waktu eksperimen

Tabel 1. Hasil pengamatan dari variabel bentuk Pin

No. Sampel	Materi	Ukuran Pin	Ukuran Plat	Kecepatan	Tekanan	Waktu	Hasil	Revisi	Ukuran	Definisi
1	HSS	10	10	10	10	10	Bentuk pin			Bentuk pin
2	HSS	10	10	10	10	10	Bentuk pin			Bentuk pin
3	HSS	10	10	10	10	10	Bentuk pin			Bentuk pin
4	HSS	10	10	10	10	10	Bentuk pin			Bentuk pin
5	HSS	10	10	10	10	10	Bentuk pin			Bentuk pin

Data di atas adalah hasil observasi dari beberapa sampel sebelum terbentuk hasil pengelasan yang benar. Penentuan diameter dan tinggi *pin* sangat berpengaruh terhadap hasil las gesek titik. Bentuk penampang *pin* juga sangat berpengaruh terhadap gesekan yang dihasilkan pada proses pengelasan, semakin bentuk penampang *pin* tidak mendekati bentuk lingkaran maka gesekan yang dihasilkan semakin besar dan panas yang ditimbulkan juga semakin besar dalam waktu yang relatif lebih singkat sehingga diperlukan *tools* yang tahan panas. Diameter *tools* juga berpengaruh terhadap panas yang ditimbulkan pada saat proses pengelasan terjadi, semakin besar diameter *tools* semakin besar pula gesekan yang terjadi pada punggung *tools* dan benda kerja, sehingga panas yang ditimbulkan juga semakin besar. Selain itu material bahan *High Speed Steel (HSS)* kurang kuat untuk dijadikan sebagai *tools* pada proses las gesek titik pada baja karbon rendah karena pada kondisi beban dan panas yang tinggi pada proses FSSW *pin* bisa terbakar melebur dengan benda kerja (plat baja) dan perlu di cari pilihan *tools* yang lebih kuat dan tahan panas untuk proses las gesek titik pada plat baja.

Tabel di bawah ini visualisasi dari hasil eksperimen *Friction Stir Spot Welding (FSSW)* dengan kecepatan 930 rpm dan tekanan 12 kgf.

Tabel 2. Tabel hasil FSSW pada plat SPCC dan SS400.

No	Jenis Material	Dimensi Plat	Durasi (s)	Gambar
1	SPCC	100 mm x 120 mm x 20 mm	10	
2	SPCC	100 mm x 120 mm x 20 mm	20	
3	SPCC	100 mm x 120 mm x 20 mm	30	
4	SPCC	100 mm x 120 mm x 20 mm	40	
5	SS400	100 mm x 120 mm x 20 mm	5	
6	SS400	100 mm x 120 mm x 20 mm	10	
7	SS400	100 mm x 120 mm x 20 mm	15	
8	SS400	100 mm x 120 mm x 20 mm	20	

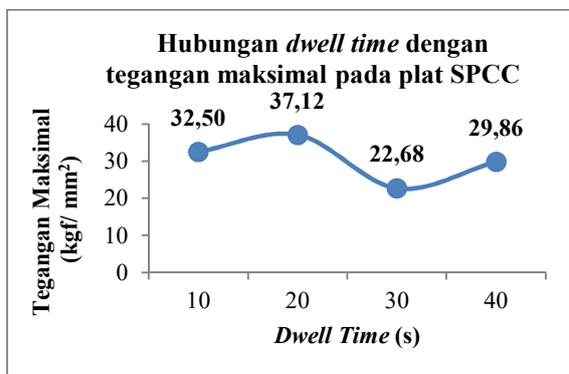
Data hasil pengujian tarik

Berikut ini adalah data hasil pengujian uji tarik yang sudah dilakukan di laboratorium uji departemen teknik metalurgi & material Universitas Indonesia.

Tabel 3. Tabel data hasil uji tarik sambungan las dengan metode FSSW.

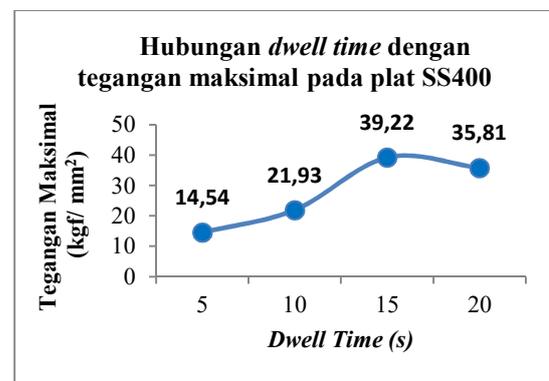
No.	Waktu Dwell (s)	Material	Tebal (mm)	Jarak Leher (mm)	Waktu Dwell (s)	Tegangan Maksimal (kgf/mm ²)	Waktu Dwell (s)	Tegangan Maksimal (kgf/mm ²)	Waktu Dwell (s)	Tegangan Maksimal (kgf/mm ²)	Keterangan
1	5	SPCC	3	20	20	37,12	15	39,22	20	35,81	Diprediksi
2	5	SS400	3	20	20	21,93	15	39,22	20	35,81	Diprediksi
3	5	SPCC	3	20	30	22,68	15	39,22	20	35,81	Diprediksi
4	5	SS400	3	20	30	22,68	15	39,22	20	35,81	Diprediksi
5	5	SPCC	3	20	40	29,86	15	39,22	20	35,81	Diprediksi
6	5	SS400	3	20	40	29,86	15	39,22	20	35,81	Diprediksi
7	5	SPCC	3	20	50	32,50	15	39,22	20	35,81	Diprediksi
8	5	SS400	3	20	50	32,50	15	39,22	20	35,81	Diprediksi

Dari data di atas menunjukkan beban maksimal pada pengujian tarik plat SPCC berada pada saat pengelasan dengan durasi 20 s dengan tegangan maksimal 37.12 kgf/ mm², kemudian pada plat SS400 beban maksimal berada pada saat durasi 15 s dengan tegangan maksimal 39.22 Kgf/ mm², semua pengujian tarik pada plat SPCC dan SS400 semuanya lepas dilas, artinya material induk lebih kuat dari hasil pengelasan. Semakin lama durasi *dwell time* tidak menentukan semakin besarnya tegangan maksimal yang dihasilkan pada sambungan las, disini terjadi kenaikan atau penurunan tegangan maksimal yang tidak berpola. Pada plat SPCC saat *dwell time* 20 s terjadi kenaikan tegangan maksimal dan pada saat *dwell time* 30 s terjadi penurunan tegangan maksimal, selanjutnya kenaikan tegangan maksimal pada *dwell time* 40 s tetapi tidak sebesar pada saat *dwell time* 20 s. Hal ini dikarenakan pada saat terbentuknya *weld nugget* tidak dapat diprediksi dimensinya, semakin besar luasan terbentuk maka tegangan yang dicapai semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan tegangan maksimal dengan *dwell time* plat SPCC.

Kemudian pada gambar grafik 9. adalah hubungan tegangan maksimal dengan *dwell time* pada plat SS400. Pada grafik di bawah ini terjadi peningkatan tegangan maksimal yang dihasilkan sampai *dwell time* 15 s yaitu 39.22 Kgf/mm² dan tegangan maksimal turun pada saat *dwell time* 20 s yaitu 35.81 Kgf/mm². Disini terjadi kenaikan atau penurunan tegangan maksimal yang tidak berpola. Hal ini dikarenakan pada saat terbentuknya *weld nugget* tidak dapat diprediksi dimensinya, semakin besar luasan terbentuk maka tegangan yang dicapai semakin besar.

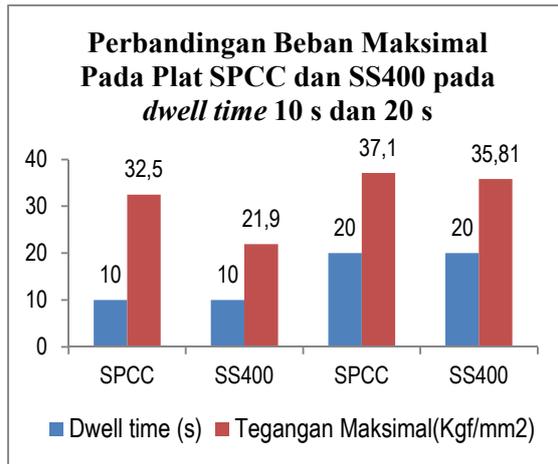


Gambar 9. Grafik hubungan tegangan maksimal dengan *dwell time* plat SS 400.

Perbandingan tegangan maksimal yang dihasilkan pada plat SPCC dan plat SS400 pada durasi waktu 10 s dan 20 s. Pada data di bawah ini dapat diketahui bahwa diantara plat SPCC dan SS400 mempunyai pola yang sama yaitu semakin lama *dwell time* nya maka dihasilkan kekuatan dari hasil las yang meningkat (khususnya pada waktu 10 s dan 20 s). Pada jenis plat SPCC pada *dwell time* 10 s tegangan maksimalnya 32.5 kgf/ mm² dan pada *dwell time* 20 s tegangan maksimalnya 37.1 kgf/ mm². Kemudian pada jenis plat SS400 pada *dwell time* 10 s tegangan maksimalnya 21.9 kgf/ mm² dan pada *dwell time* 20 s tegangan maksimalnya 35.8 kgf/ mm². Secara tren semakin besar *dwell time* semakin besar pula tegangan pada kedua jenis plat. Dilihat dari kekuatan plat pada saat *dwell time* 10 s dan 20 s, plat SPCC mempunyai tegangan lebih besar dari SS400, hal ini disebabkan ketebalan plat SPCC lebih besar dari SS400.

Gambar 10. Memperlihatkan tren beban maksimal pada plat SPCC dan SS400.

...



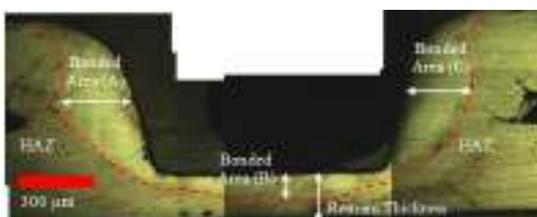
Gambar 10. Grafik perbandingan beban maksimal pada SPCC dan SS400 pada dwell time 10 s dan 20 s.

Kemudian data tegangan maksimal dari pengujian tarik didapatkan dari hasil beban maksimal dan luasan yang terjadi untuk lebih jelasnya terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel dimensi penampang plat setelah FSSW

No.	Jenis Material	P _u Beban Max. (kgf)	Diameter (d)	A Luas Penampang 1/4*πd ² (mm ²)	σ _u Tegangan Maksimal σ _u = P _u /A (kgf/ mm ²)
1	SPCC	200	2.80	6.15	32.50
2	SPCC	280	3.10	7.54	37.12
3	SPCC	190	3.27	8.38	22.68
4	SPCC	240	3.20	8.04	29.86
5	SS400	105	3.03	7.22	14.54
6	SS400	180	3.23	8.21	21.93
7	SS400	230	2.73	5.86	39.22
8	SS400	210	2.73	5.86	35.81

Selanjutnya untuk mengetahui fenomena yang terjadi selama proses FSSW dapat di gambarkan pada struktur makro berikut.



Gambar 11. Penampang struktur makro pada FSSW

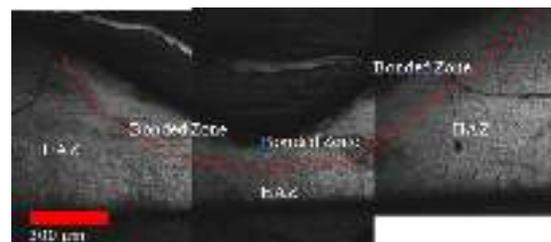
Berikut adalah tabel hubungan beban maksimal dengan hasil struktur makro dari plat yang sudah di uji struktur makronya

Tabel 5. Tabel dimensi penampang plat setelah FSSW

No.	Jenis Material	Parameter			Dimensi Penampang Plat			Tipe Las	Luas Las (mm²)	Tegangan (kgf/mm²)	Suhu (°C)
		T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₃ (s)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Lebar (mm)				
1	SPCC	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10
2	SPCC	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10
3	SPCC	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10
4	SPCC	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10
5	SS400	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10
6	SS400	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10
7	SS400	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10
8	SS400	10	15	20	10	10	10	10	10	10	10

Dari data pengujian struktur makro di atas dapat diketahui bahwa pada plat SPCC, beban maksimal pada saat uji tarik pada durasi dwell time 20 s dengan beban Max. 280 kgf terjadi weld bonded area pada dimensi B yang paling besar dengan panjang 0.17 mm, sehingga menghasilkan uji tarik yang paling besar nilainya dikarenakan adanya kaitan yang terjadi lebih besar, begitu juga pada plat SS400 beban maksimal tertinggi pada durasi dwell time 15 s karena terjadi weld bonded yang paling besar di area B dengan panjang 0.13 mm.

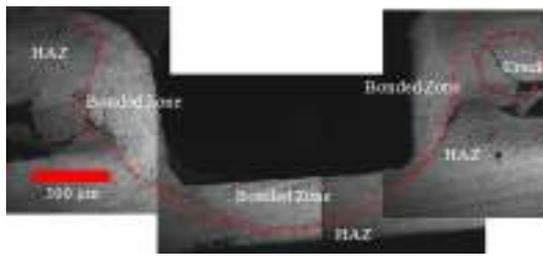
Berikut ini adalah analisa struktur makro pada daerah las proses FSSW dapat digambarkan sebagai berikut. Pada area berwarna hitam adalah lubang pin, kemudian dibawah area lubang pin adalah bonded zone yaitu area pengelasan yang terjadi, kemudian di bawahnya adalah HAZ (Heat Affected Zone). Pada gambar 12. area dasar lubang pin tidak datar dikarenakan dwell time yang singkat 10 s, sehingga dasar pin belum terbentuk sempurna.



Gambar 12. SPCC, dwell time 10 s dan perbesaran 50x.

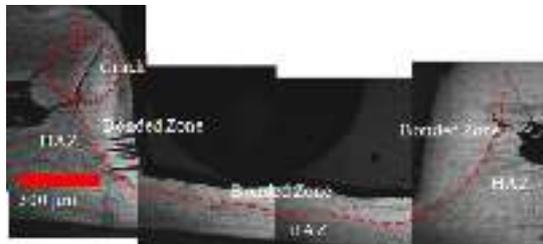
Pada gambar 13. area dasar lubang pin berbentuk datar dikarenakan dwell time lebih lama yaitu 20 s, sehingga dasar pin sudah terbentuk datar sempurna. Semakin besar daerah luasan ikatan las maka tegangan tarik yang dihasilkan semakin besar. Pada gambar 13. dapat dilihat fenomena crack pada material. Crack yang terlihat pada gambar 13. terjadi di dekat sambungan las dan pada plat tumpukan bagian atas yang menjalar ke area sambungan las.

...



Gambar 13. SPCC, *dwell time* 20 s dan perbesaran 50x.

Pada gambar 14. struktur makro pada jenis plat SPCC pada *dwell time* 30 s dapat lihat ada fenomena crack yang besar hampir sampai pada lubang sambungan plat hasil dari pengelasan. Crack terjadi pada tumpukan plat bagian atas.



Gambar 14. SPCC, *dwell time* 30 s dan perbesaran 50x.

Pada gambar 15. struktur makro pada jenis plat SPCC pada *dwell time* 40 s dapat lihat ada fenomena crack yang lebih besar dari sebelumnya. Crack sudah sampai pada lubang tumpukan plat hasil dari pengelasan.



Gambar 15. SPCC, *dwell time* 40 s dan perbesaran 50x.

Kemudian untuk hasil struktur makro pada plat SS400 *dwell time* 5 s dapat dilihat digambar 16. pada tumpukan plat terjadi gap yang besar dan diteruskan dengan crack pada area bonded zone.



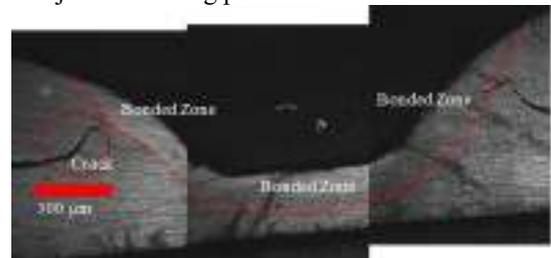
Gambar 16. SS400, *dwell time* 5 s dan perbesaran 50x.

Kemudian untuk hasil struktur makro pada plat SS400 *dwell time* 10 s dapat dilihat pada gambar 17. dapat ditunjukkan bahwa hasil tampilan tidak ada crack yang besar dan terjadi luasan yang besar pada bonded zone.



Gambar 17. SS400, *dwell time* 10 s dan perbesaran 50x.

Kemudian untuk hasil struktur makro pada plat SS400 *dwell time* 15 s dapat dilihat pada gambar 18. dapat ditunjukkan bahwa hasil tampilan terjadi crack yang cukup besar dan menjangar ke lubang pin.



Gambar 18. SS400, *dwell time* 15 s dan perbesaran 50x.

Kemudian untuk hasil struktur makro pada plat SS400 *dwell time* 20 s dapat dilihat pada gambar 19. dapat ditunjukkan pada tumpukan plat tidak rapat dan terjadi gap yang besar diantara tumpukan plat hal ini dapat disebabkan tidak sempurnanya pengepresan dua plat sebelum dilakukan proses pengelasan.



Gambar 19. SS400, *dwell time* 20 s dan perbesaran 50x.

...

Dari data gambar struktur mikro (makro) diatas dapat diketahui fenomena yang terjadi pada proses *Friction Stir Spot Welding* (FSSW) diantaranya terjadi gap dan *crack* yang sulit diprediksi. Selain itu juga dapat diketahui daerah luasan terjadi ikatan las (*Bonded Zone*) dan juga daerah yang terpengaruh panas (*Heat Affected Zone*). Pada pengujian struktur mikro ini fokus pada struktur makro yang dianalisa karena eksperimen ini lebih condong pada kekuatan material yang dihasilkan bukan terbentuknya struktur mikro material. Dengan diketahuinya *crack* yang terjadi pada dapat menjadi acuan untuk lebih dalam mengetahui pengaruh *crack* yang terjadi terhadap hasil pengelasan, dan mempelajari hal-hal yang dapat mengurangi cacat *crack* pada hasil pengelasan dan melakukan *improvement* yang berkelanjutan untuk menghilangkan cacat *crack* pada hasil pengelasan.

4. KESIMPULAN

Dari data riset eksperimental didapatkan hasil dari pengujian tarik dan struktur mikro didapatkan beban maksimal pada plat SPCC pada *dwell time* 20 s dengan beban maksimal 280 kgf dan tegangan maksimalnya 37 kgf/ mm² terlihat pada gambar struktur mikro panjang B (kearah bawah) 0.17 mm, pada plat SS400 pada *dwell time* 15 s dengan beban maksimal 230 kgf dan tegangan maksimalnya 39 kgf/ mm² terlihat pada gambar struktur mikro panjang B (kearah bawah) 0.13 mm. Semua pengujian tarik pada plat SPCC dan SS400 semuanya lepas dilas, artinya material induk lebih kuat dari hasil pengelasan. Pada penelitian ini terjadi kenaikan atau penurunan tegangan maksimal yang tidak berpola, hal ini dikarenakan pada saat terbentuknya *weld nugget* tidak dapat diprediksi dimensinya, semakin besar luasan terbentuk maka tegangan yang dicapai semakin besar.

Untuk optimasi desain yang optimal sebaiknya dilakukan perbandingan menggunakan software teknik dalam analisisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tamil Nadu, 2016, "Study of Friction Stir Spot Welding Process and its Parameters for Increasing Strength of Dissimilar Joint" Vol. 39, No1,168 – 176
- [2] Saray, O, 2017, "Friction Stir Spot Welding For Automotive Applications" International

Journal of Advances on Automotive and Technology Promech Corp. Press, Istanbul, Turkey

- [3] K. Elangovan dkk.2015, "Identification of optimum friction stir spot welding process parameters controlling the properties of low carbon automotive steel joints," Journal of material research and technology.