

## **PENGARUH VARIASI TEGANGAN LISTRIK TERHADAP KUAT TARIK GESER SAMBUNGAN *DISIMILAR SPOT WELDING STAINLESS STEEL AISI 430* DAN BAJA KARBON RENDAH**

**Maulana Ghafar Latief<sup>a</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>b</sup>, Budi Nur Rahman<sup>c</sup>**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.  
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
[a18latief@gmail.com](mailto:a18latief@gmail.com), [b nugrohoaris@gmail.com](mailto:b nugrohoaris@gmail.com), [nurrahman@umy.ac.id](mailto:nurrahman@umy.ac.id)

### **INTISARI**

Pengelasan *Resistance Spot Welding* (RSW) adalah salah satu metode penyambungan material logam dengan cara permukaan pelat yang disambung ditekan diantara elektroda dan pada saat yang sama arus dialirkan sehingga permukaan logam menjadi panas dan mencair. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan sambungan las terhadap struktur mikro, kekuatan tarik dan kekerasan dari hasil sambungan lasan. Penelitian menggunakan parameter variasi arus pengelasan yaitu 1,79 V, 2,02 V, 2,30 V dengan waktu konstan 5 detik. Material yang digunakan adalah *stainless steel* AISI 430 dengan ketebalan 1,2 mm dan baja karbon rendah dengan ketebalan plat 1 mm. Tiap plat dipotong dengan ukuran 80 mm dan lebar 25 mm. kemudian disusun secara tumpang dengan posisi baja karbon rendah dibagian atas. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa tegangan listrik pengelasan berpengaruh terhadap perubahan ukuran butir struktur mikro pada daerah HAZ dan logam las (*weld metal*). Nilai kekerasan rata-rata tertinggi didapatkan pada daerah *weld metal* sebesar  $\pm 395,5$  HV pada variasi tegangan 2,30 Volt. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kondisi terbaik terjadi pada tegangan listrik 2,30 V yang memberikan kapasitas beban tarik rata-rata sebesar 5860,41 N, sedangkan nilai kekuatan geser rata-rata tertinggi terdapat pada variasi tegangan 2,02 Volt sebesar 571,84 N/mm<sup>2</sup>. Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi tegangan listrik sangat berpengaruh terhadap struktur mikro, kekerasan dan nilai kapasitas beban tarik-geser.

**Kata kunci** : Las titik, tegangan pengelasan, *stainless steel* 430, baja karbon rendah, struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik-geser.

### **ABSTRACT**

*Resistance spot welding (RSW) welding is a method of connecting metal material by means of the plate surface being pressed together between the electrodes and at the same time a current is flowed so that the metal surface becomes hot and melts. The study aims to determine the ability of welded joints to microstructure, tensile strength and hardness of weld joint results. The study used variations in the welding current variation of 1.79 V, 2.02 V, 2.30 V with a constant time of 5 seconds. The material used is stainless steel AISI 430 with a thickness of 1.2 mm and low carbon steel with a plate thickness of 1 mm. Each plate is cut with a size of 80 mm and a width of 25 mm. then arranged overlapping with the position of low carbon steel at the top. The results of the microstructure observations show that the welding voltage affects the changes in the grain size of the microstructure in the HAZ region and the weld metal. The highest average hardness value was found in the weld metal area of  $\pm 395.5$  HV at 2.02 Volt voltage variation. Tensile test results show that the best conditions occur at 2.02 V electrical voltage which gives an average tensile load capacity of 5860.41 N, while the highest average shear strength value is at a voltage variation of 2.02 Volts of 571.84 N / mm<sup>2</sup>. From the research data it can be concluded that the effect of variations in electrical voltage is very influential on the microstructure, hardness and the value of the tensile load bearing capacity.*

**Keywords** : *resistance spot welding, welding voltage, stainless steel 304, low carbon steel, microstructure, hardness, tensile load bearing capacity.*

## 1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan dunia industri sudah mendorong munculnya berbagai inovasi menggunakan gagasan yang baru guna membuat berbagai macam produk yang lebih unggul dan memiliki kualitas yang lebih baik. Pada industri otomotif terobosan dan inovasi baru sangat diperlukan untuk menjaga dan meningkatkan hasil produksi sehingga pemanfaatan dan penerapan teknologi adalah hal absolut yang harus dilakukan. Pengelasan merupakan salah satu teknologi penyambungan yang telah banyak diaplikasikan dalam industri hingga keperluan pribadi. Metode penyambungan ini memiliki keuntungan yang lebih baik dibandingkan dengan metode yang lain seperti mampu menghasilkan sambungan yang rapi, relative ringan, dan prosesnya lebih cepat dibandingkan metode pengelasan lain (Raharjo dan Ariawan, 2005).

*Resistance spot welding* atau biasa disebut las titik adalah salah satu metode pengelasan yang sangat tua akan tetapi penggunaannya masih sangat banyak di industri dan manufaktur terutama dalam penyambungan bodi mobil dimana terdapat sekitar 5000 las titik. Arus pengelasan, tahanan Isitrik dan waktu pengelasan adalah faktor utama dalam pengelasan titik (Fahmi dkk, 2015). Las titik banyak digunakan di dunia industri, diantaranya digunakan dalam pembuatan *body* pada industri kereta api dan pembuatan *body* mobil. Las titik dipilih pada pembuatan *body* karena memiliki kelebihan itu mudah dioperasikan, sambungannya rapi, proses yang cepat (Mustakim, 2014).

Pengelasan dengan logam tidak sejenis dapat lebih rumit daripada pengelasan logam sejenis karena siklus termal yang berbeda dialami masing-masing logam. Ada beberapa jenis pengelasan logam tidak sejenis, dan yang paling umum adalah penggabungan baja tahan karat dengan baja karbon. Industri otomotif menggunakan cara ekonomis dalam penghematan material yaitu dengan penyambungan baja karbon dan tahan karat (Fachruddin dkk, 2016). Pengelasan titik dengan material tidak sejenis akan lebih kompleks atau sulit dibandingkan pengelasan dengan material sejenis karena perbedaan pada sifat termalnya antara kedua material yang akan disambung (Marashi dkk, 2008).

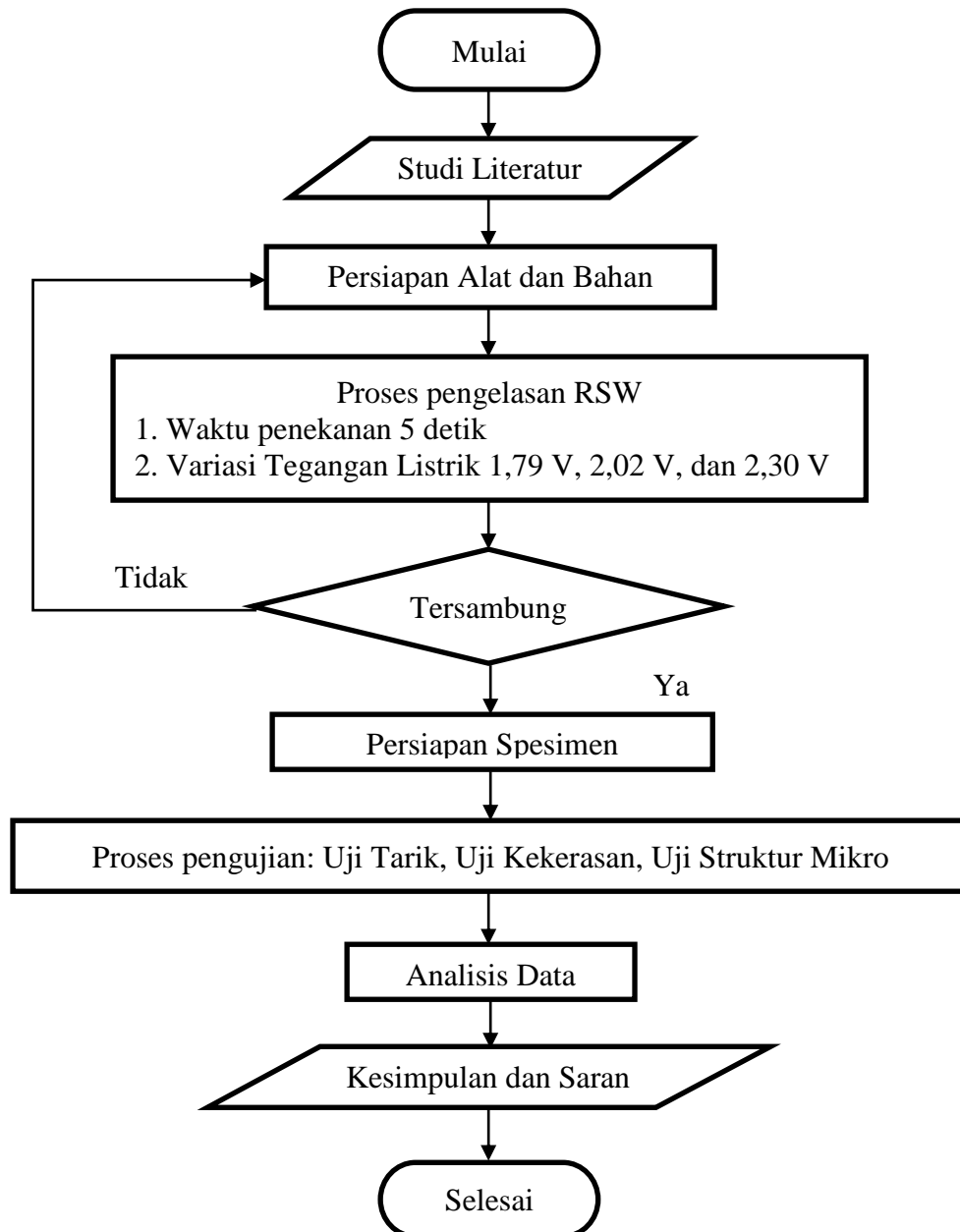
Hasil dari sambungan las titik (*spot welding*) tidak hanya dipengaruhi oleh jenis material, tetapi juga dipengaruhi oleh beberapa parameter-parameter lain. Ada beberapa jenis material yang digunakan untuk pengelasan, dan jenis paling umum digunakan adalah baja dan paduan aluminium (Faozi, 2015). Meskipun baja adalah bahan utama yang digunakan dalam produksi mobil, bahan seperti aluminium, magnesium, plastik, dan komposit juga digunakan untuk mengurangi berat dari kendaraan. Karena ringan, daya tahan tinggi terhadap korosi, perawatan murah, dan mudah diperbaiki, penggunaan paduan aluminium telah banyak digunakan (Hayat, 2010).

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kapasitas beban tarik, kekerasan permukaan dan struktur mikro pada sambungan las metode *spot welding dissimilar* antara *stainless steel* AISI 430 dan baja karbon rendah.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap bentuk struktur mikro, kekuatan tarik geser, dan kekerasan yang dihasilkan pada sambungan las antara SS 430 dengan baja karbon rendah.

## 2. Metode Penelitian

Diagram alir proses penelitian sambungan *disimilar* antara *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131



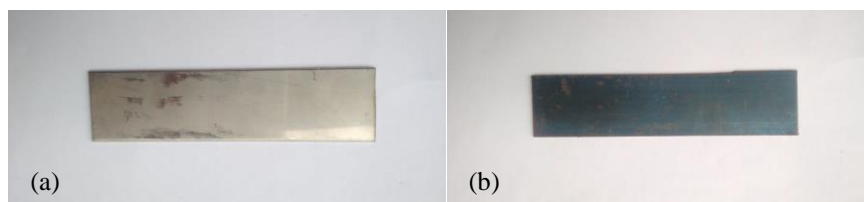
**Gambar 2.1** Diagram alir penelitian proses *spot welding* dengan material *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131.

Pada proses pengelasan menggunakan mesin *spot welding*, mesin *spot welding* berperan penting dalam proses pengelasan plat logam dikarenakan mesin *spot welding* alat yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi panas utama yang selanjutnya panas dari arus listrik tersebut melewati suatu transmisi yang menghasilkan panas pada ujung busur mesin *spot welding* tersebut. Busur pada mesin *spot welding* ini berguna untuk meleburkan plat logam satu dengan yang lainnya sehingga material menjadi satu. Penekanan busur pada plat logam ini akan menghasilkan panas yang berfungsi untuk melunakkan material dan terjadilah proses penyambungan.



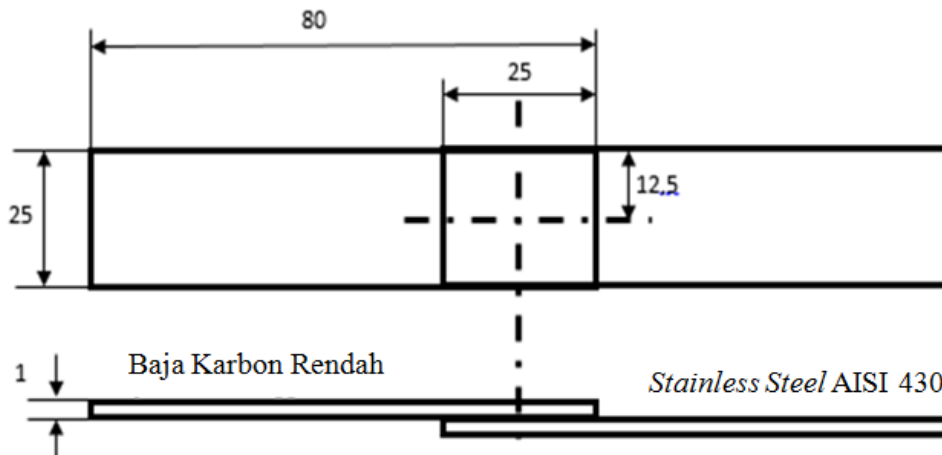
**Gambar 2.2** Mesin *spot welding*

Pada penelitian ini material yang digunakan *stainless steel 430* dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131



**Gambar 2.3** Material (a) *stainless steel 430* dan (b) baja karbon rendah SPHC JIS G 3131

Material yang digunakan pada penelitian adalah *stainless steel AISI 430* dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dimana ketebalan masing-masing 1mm dengan *stainless steel* sisi bagian bawah. Penelitian menggunakan parameter variasi arus 1,79 V, 2,02 V, 2,30 V dimana parameter yang lain konstan seperti lama kuat waktu penekanan 5 detik pada setiap variasi. Skema spesimen dengan ukuran dimensi dapat dilihat pada Gambar 2.4



**Gambar 2.4** Susunan sambungan plat *lap joint* (standard AWS D8.9-97)

Setelah selesai dilakukan proses persiapan spesimen hingga pengelasan, selanjutnya dilakukan persiapan pada spesimen untuk pengujian sifat mekanis material. Beberapa persiapan yang dilakukan adalah memotong melintang bagian tengah sambungan las menggunakan gerenda, selanjutnya spesimen di resin.

Pengukuran diameter *nugget* las menggunakan jangka sorong dengan tiga kali pengambilan ukuran pada spesimen benda uji *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131



**Gambar 2.5** Pengukuran diameter *nugget* hasil lasan *spot welding* pada permukaan *stainless steel* 430

## 2.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu pengujian untuk menentukan sifat mekanik dari material. Pengujian ini digunakan untuk menentukan karakteristik material bahkan juga bisa digunakan sebagai proses pendesainan sesuatu untuk menentukan bahan beserta kekuatannya. Pada pengujian sebelumnya peneliti menunjukkan bahwa benda uji yang diberi beban gaya tarik sesumbu, akan bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami pada benda uji.

## 2.2 Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi ini dilakukan untuk menganalisa sifat mekanik dari suatu material, yang dilihat pada pengujian ini adalah struktur mikro yang didapat

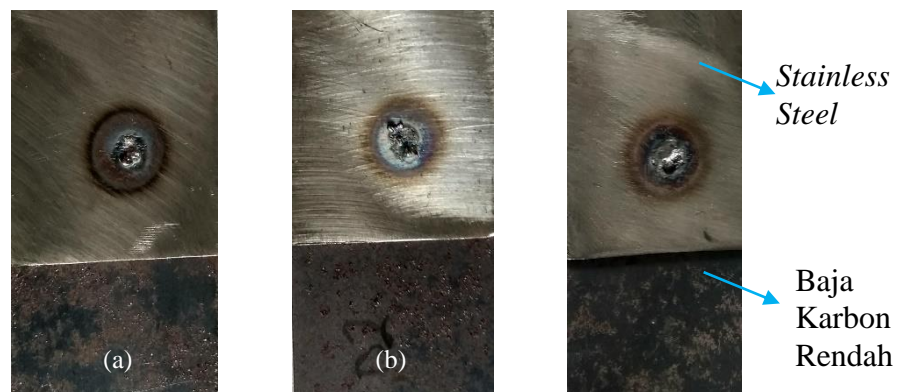
menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran tertentu berdasar dari standar pengujian ASTM 407-07.

### 2.3 Pengujian Kekerasan

Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan metode *vickers*. Beban penekanan yang digunakan untuk pengujian kedua material sebesar 200 gf dengan waktu penekanan selama 5 detik. Hasil penekanan akan terbentuk sesuai indenter dari metode *vickers* dan panjang dari diagonal-diagonalnya digunakan untuk menentukan nilai kekerasas *micro vickers*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dalam proses menggabungkan dua bahan yang berbeda, *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah SPHC JIS G131, menggunakan metode pengelasan *spot welding*, beberapa percobaan dilakukan untuk menentukan variasi tegangan listrik dan waktu penekanan pengelasan yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sifat material dan termal dari baja tahan karat 430 dan baja karbon rendah. Penentuan parameter pengelasan dengan tegangan variabel dilakukan untuk pertama kalinya menggunakan variasi 5 detik dan tegangan 1,79 volt, percobaan ini menghasilkan pengelasan cukup kuat namun relatif kecil pada permukaan nugget. Percobaan kedua dilakukan menggunakan varians waktu 5 detik dan 2,02 volt listrik, dan sambungan yang dihasilkan cukup kuat, tetapi hasilnya tidak terlalu baik di permukaan nugget. Percobaan ketiga dilakukan dengan menggunakan variasi waktu 5 detik dan tegangan 2,30 volt, dalam percobaan ini menghasilkan sambungan yang kuat dan permukaan nugget cukup baik. Dari tiga percobaan, tiga variasi parameter arus pengelasan diperoleh, dan hasil sambungan las cukup kuat untuk pengujian lebih lanjut.

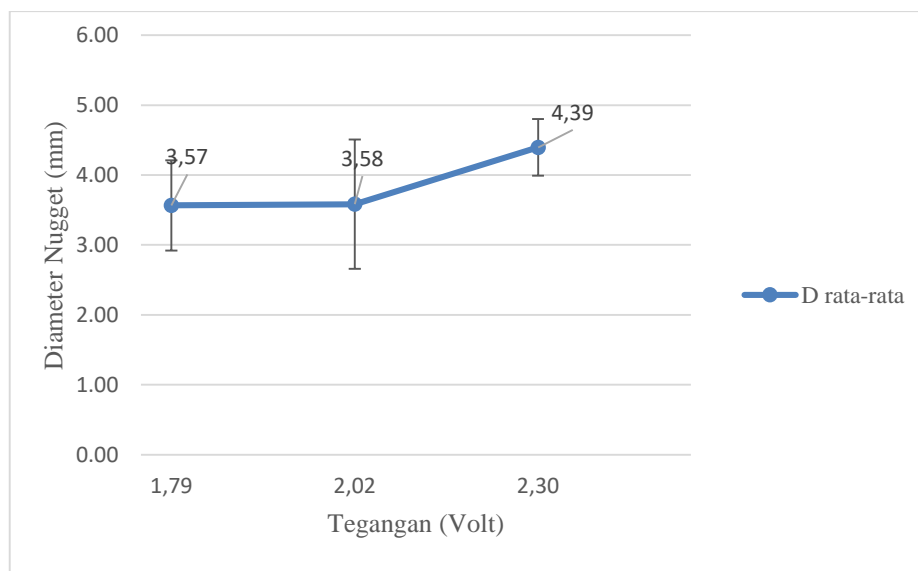


**Gambar 3.1** Menunjukkan gambar pengelasan beda jenis bahan antara *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah dengan menggunakan berbagai parameter (a) 5 detik dan 1,79 volt listrik, (b) 5 detik dan 2,02 volt (c) 5 detik dan 2,30 volt.

Hasil pengelasan spot welding material beda jenis antara stainless steel 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 menggunakan beberapa variasi arus pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap variasi arus yang digunakan. Terlihat bahwa kenaikan variasi arus pengelasan mengakibatkan kenaikan pada diameter *nugget* dan luasan *nugget* yang dipengaruhi oleh *heat input*.

**Tabel 3.1** Ukuran rata-rata diameter *nugget* hasil lasan *spot welding*.

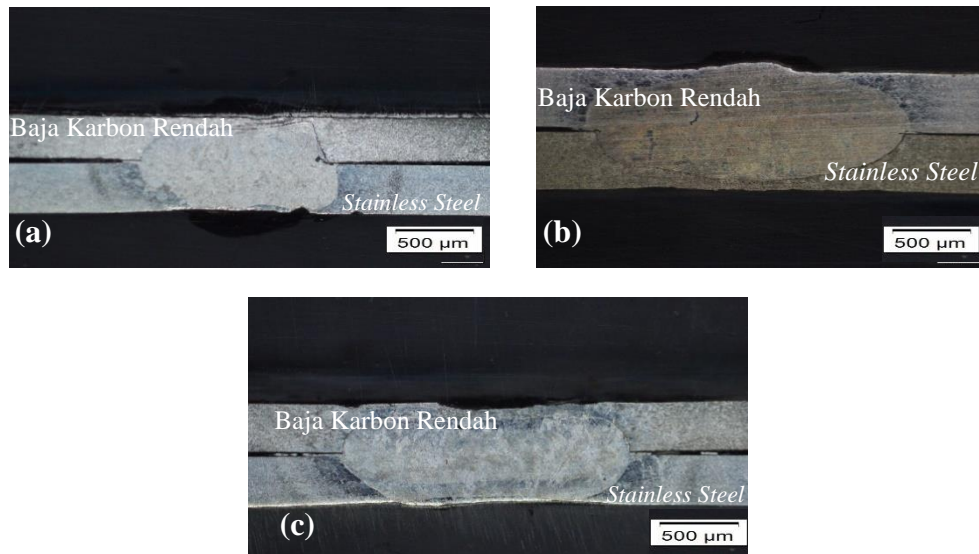
Tegangan	Spesimen	d1	d2	d3	Rata - rata	D rata-rata	St.Dev
1,79	1	3,1	3,15	2,65	2,97	3,57	0,65
	2	3,3	3,75	3,5	3,52		
	3	3,6	4,25	4,8	4,22		
2,02	1	2,45	2,1	3,5	2,68	3,58	0,93
	2	3,5	3,5	3,35	3,45		
	3	4,75	4,35	4,75	4,62		
2,3	1	4,5	4,9	4,4	4,60	4,39	0,41
	2	4,8	4,45	4,6	4,62		
	3	3,8	4,4	3,7	3,97		



**Gambar 3.2** Ukuran diameter *nugget* setiap variasi waktu pengelasan.

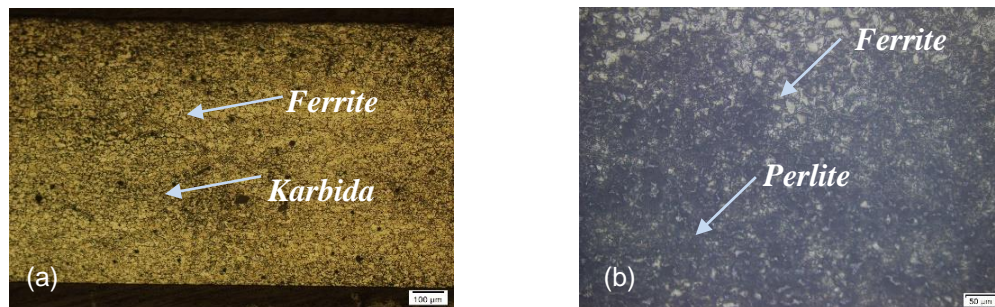
Gambar 3.2 menunjukkan bahwa ukuran diameter nugget meningkat dengan meningkatnya variasi tegangan selama pengelasan. Data yang diperoleh dari pengukuran diameter *nugget* rata-rata pada variasi tegangan 1,79 volt adalah 3,57 mm, variasi tegangan 2,02 volt pada 3,58 mm, dan variasi tegangan 2,30 volt pada 4,39 mm. Hasil pengelasan dengan variasi dalam parameter waktu tetap dan peningkatan tegangan menunjukkan bahwa ukuran diameter nugget saat pengelasan dilakukan dengan variasi tegangan tinggi. Data yang diukur menunjukkan diameter minimum untuk variasi tegangan 1,79 volt dan diameter maksimum untuk variasi 2,30 volt.

### 3.1 Hasil Pengamatan Mikro dan Makro



**Gambar 3.3** Hasil pengamatan makro sambungan *spot welding dissimilar metal* tiap variasi tegangan listrik pengelasan (a) 1,79 Volt, (b) 2,02 Volt, (c) 2,30 Volt.

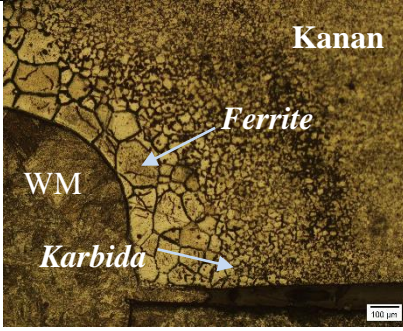
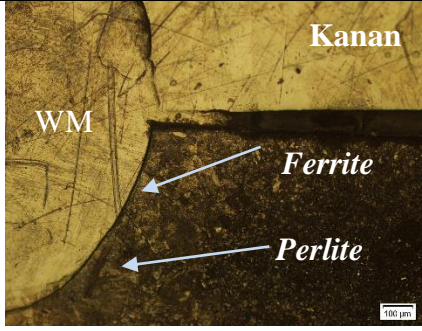
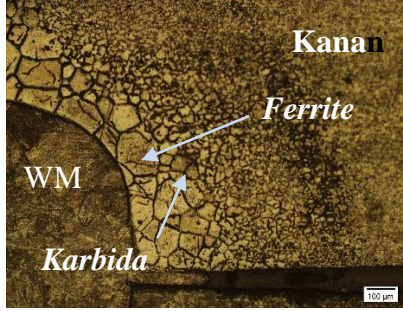
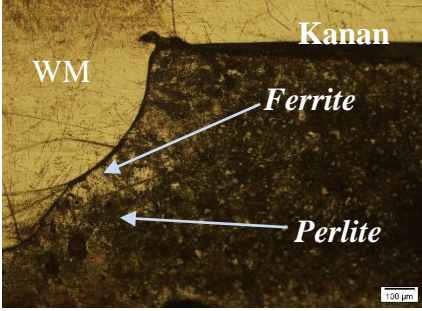
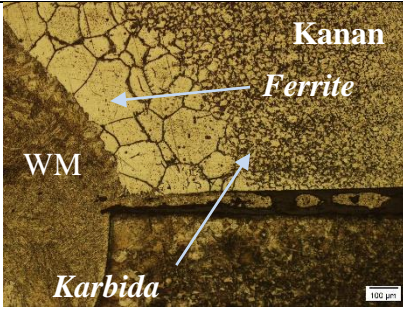
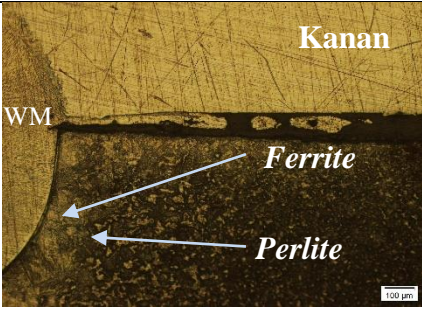
Pengamatan uji makro pada Gambar 3.3 menunjukkan bahwa pengelasan *spot welding* dengan bahan yang berbeda antara *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah (*resistance spot welding*) terlihat bagus, dimana penetrasi dari pengelasan yang dihasilkan menembus dan melebur dari kedua material. Variasi tegangan yang lebih tinggi mempengaruhi hasil pengelasan.



**Gambar 3.4** Struktur mikro (a) *base metal stainless steel* 430 dan (b) *base metal* baja karbon rendah.

Hasil menunjukkan foto struktur pada daerah logam induk (*base metal*) dari pengelasan titik *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131. Pada *stainless steel* 430 terdapat struktur *ferrite* dengan retakan berwarna putih pada bagian logam dan *karbida* struktur berwarna gelap. Sedangkan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 terdapat struktur *ferrite* yang berwarna terang mempunyai sifat halus dan lunak dan *perlite* berwarna gelap mempunyai sifat lebih kasar dan keras.



Variasi Tegangan	HAZ ( <i>Heat Affected Zone</i> )	
	<i>Stainless Steel 430</i>	Baja Karbon Rendah
1,79 Volt		
2,02 Volt		
2,30 Volt		

**Gambar 3.5** Struktur mikro HAZ pada spesimen *stainless steel 430* dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131

HAZ (*Heat Affected Zone*) adalah area yang dipengaruhi oleh penyebaran panas pengelasan dan perubahan mikro, tetapi tidak ada peleburan material. Hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa ada perubahan ukuran butir baja tahan karat pada HAZ 430 yang lebih besar daripada logam dasar. Ini karena, selain input panas meningkat di wilayah HAZ, wilayah HAZ juga cepat dipanaskan, sehingga partikel terstruktur halus dihasilkan lebih besar dan menjadi getas di wilayah HAZ (Raharjo & Ariawan, 2005).

Variasi Tegangan	Weld Metal
1,79 Volt	<p>Micrograph showing the microstructure of weld metal at 1,79 Volt. The image displays a complex network of dark, needle-like structures labeled <i>Acicular Ferrite</i> and lighter, more uniform regions labeled <i>Ferrite</i>. A scale bar in the bottom right corner indicates 50 μm.</p>
2,02 Volt	<p>Micrograph showing the microstructure of weld metal at 2,02 Volt. The image displays a network of dark, needle-like structures labeled <i>Acicular Ferrite</i> and lighter, more uniform regions labeled <i>Ferrite</i>. A scale bar in the bottom right corner indicates 50 μm.</p>
2,30 Volt	<p>Micrograph showing the microstructure of weld metal at 2,30 Volt. The image displays a network of dark, needle-like structures labeled <i>Acicular Ferrite</i> and lighter, more uniform regions labeled <i>Ferrite</i>. A scale bar in the bottom right corner indicates 50 μm.</p>

**Gambar 3.6** Struktur mikro daerah las *weld metal*

Gambar 3.6 Menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro pada daerah *weld metal* pada pengelasan variasi arus 1,79 V, 2,02 V, 2,30 V. Struktur *ferrite acicular* terlihat acak.

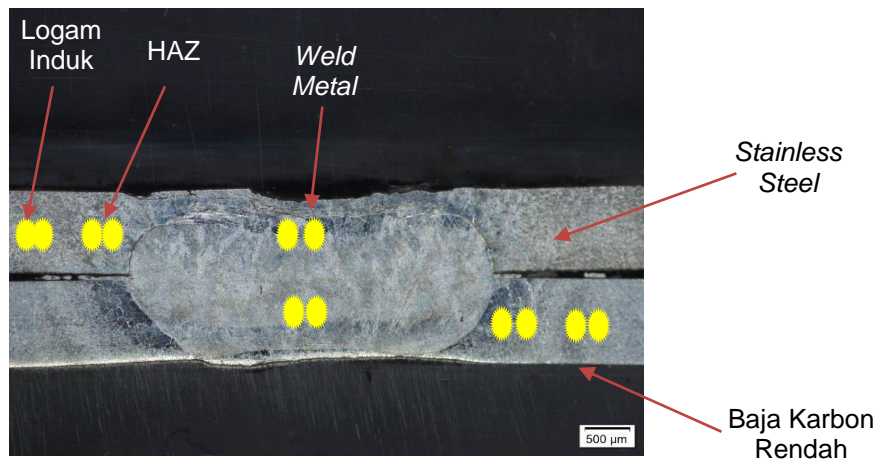
Struktur mikro *ferrite acicular* berfungsi sebagai *interlocking structure* yang dapat menghambat laju perambatan retak (Fachruddin dkk, 2016).

### 3.2 Pengujian Kekerasan

Tujuan dari uji kekerasan mikro ini adalah untuk menentukan nilai distribusi kekerasan benda uji dari pengelasan *spot welding* di mana area yang akan diuji terdiri dari logam induk (*base metal*), HAZ (zona yang terkena panas), dan logam lasan (*weld metal*) (Fachruddin dkk, 2016). Uji *Microhardness Vickers* digunakan untuk menentukan pengaruh variasi tegangan pada kekerasan mikro las berdasarkan ASTM E92. Untuk setiap spesimen, penitikan 12x dilakukan pada logam induk, HAZ, dan logam las, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

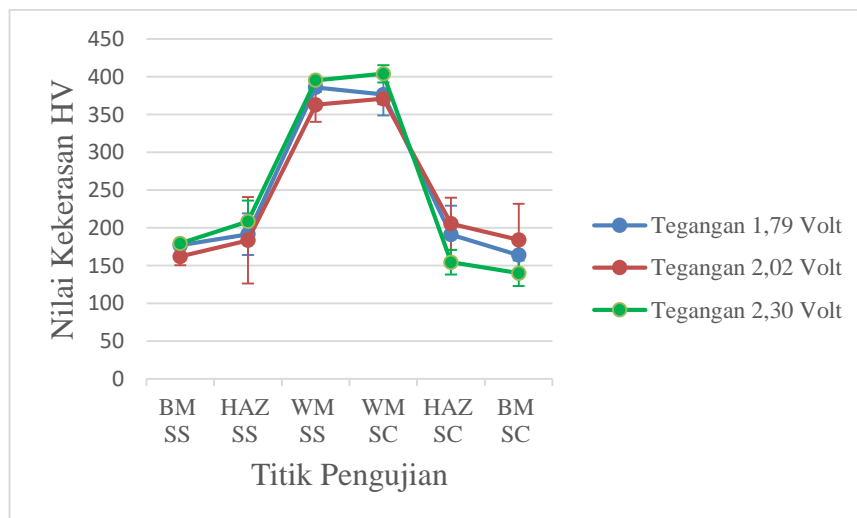
**Tabel 3.2** Nilai kekerasan benda uji setiap variasi tegangan listrik.

Stainless Steel												
Tegangan	Base Metal				HAZ						Weld Metal	
	1	2	Rata - rata	St.Dev	1	2	Rata - rata	St.Dev	1	2	Rata - rata	St. Dev
1,79 Volt	180	174	177	4,2	211	172	191,5	27,6	382	390	386	5,7
2,02 Volt	170	154	162	11,3	224	143	183,5	57,3	397	394	395,5	2,1
2,30 Volt	180	179	179,5	0,7	228	189	208,5	27,6	347	379	363	22,6
Baja Karbon Rendah												
Tegangan	Base Metal				HAZ				Weld Metal			
	1	2	Rata - rata	St. Dev	1	2	Rata - rata	St.Dev	1	2	Rata - rata	St. Dev
1,79 Volt	178	150	164	19,8	218	164	191	38,2	396	357	376,5	27,6
2,02 Volt	218	150	184	48,1	230	181	205,5	34,6	412	396	404	11,3
2,30 Volt	152	128	140	17,0	166	143	154,5	16,3	376	366	371	7,1



**Gambar 3.7** Skema penitikan uji kekerasan *Vickers*

Menunjukkan bahwa dalam pengujian kekerasan *vickers* terdapat beberapa bagian penitikan. Untuk logam induk *stainless steel* mempunyai 2 titik kekerasan dan logam induk pada baja karbon rendah juga 2 titik kekerasan. Pada bagian daerah HAZ *stainless steel* ada 2 titik dan bagian baja karbon ada 2 titik. Untuk pada bagian *weld metal* terdapat 4 titik yaitu 2 titik *stainless steel* dan 2 titik untuk baja karbon. Total keseluruhan terdapat 12 titik kekerasan untuk pengujian kekerasan *vickers*.



**Gambar 3.8** Hubungan antara kekerasan dan variasi waktu pengelasan pada material *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC jis G 3131

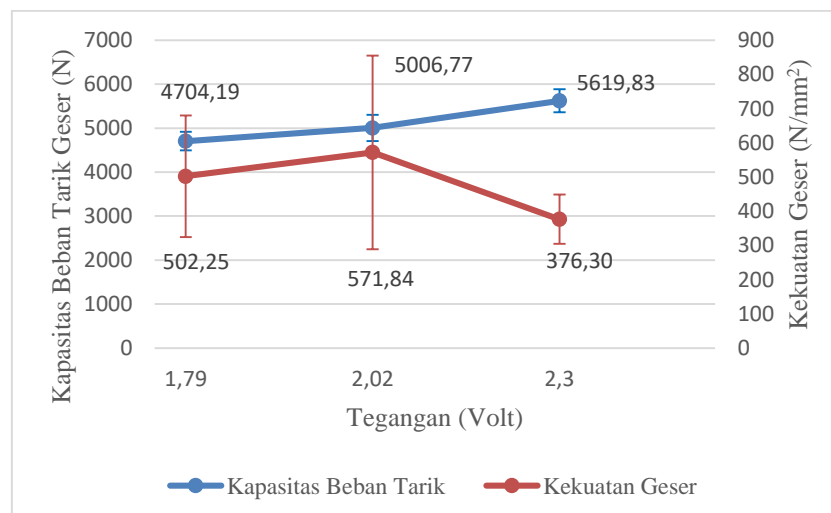
Menunjukkan bahwa pengelasan pada material *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dari grafik dapat dilihat bahwa nilai kekerasan hasil las pada daerah *weld metal stainless steel* dan baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 nilai kekerasan rata-rata tertinggi terdapat pada variasi arus 2,30 V. Peningkatan nilai kekerasan disebabkan oleh masukan panas dan pendinginan cepat yang terjadi selama proses pengelasan berlangsung.

### 3.3 Hasil Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan untuk menentukan pengaruh variasi tegangan pengelasan pada *tensile load bearing capacity* (TLBC) atau kapasitas beban sambungan las. Uji ini dilakukan di Laboratorium Las BLK Surakarta menggunakan *Universal Test Machine* (UTM). Hasil pengelasan dari material beda jenis antara *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah SPHC JIS G3131 menggunakan metode RSW (*Resistance Spot Welding*) dan kemudian dilakukan uji tarik geser.

**Tabel 3.3** Nilai kapasitas beban tarik dan kekuatan geser.

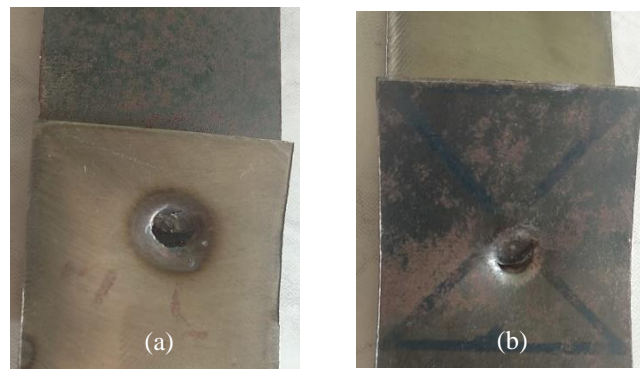
Variasi Tegangan (volt)	Kapasitas Beban Tarik (N)	Rata - rata	Luas (mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Geser (N/mm <sup>2</sup> )	Rata - rata	St.Dev
1,79	4687,68	±4704,19	6,92	677,88	±502,25	177,84
	4922,37		9,72	506,58		
	4502,51		13,97	322,29		
2,02	4835,56	±5006,77	5,66	854,74	±571,84	283,03
	5350,41		9,35	572,12		
	4834,33		16,75	288,68		
2,30	5339,07	±5619,83	16,63	321,13	±376,30	72,06
	5860,41		16,75	349,95		
	5660		12,36	457,83		



**Gambar 3.9** Grafik perbandingan hasil uji tarik setiap variasi.

Dari Gambar 3.9 menunjukkan hasil uji tarik bahwa nilai rata-rata kapasitas beban tarik mengalami peningkatan seiring dengan besarnya variasi tegangan listrik yang digunakan pada proses pengelasan. Sedangkan nilai rata-rata kekuatan geser mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya variasi tegangan listrik yang digunakan. Pengelasan logam tak sejenis memiliki bentuk *nugget* yang tidak simetris akibat dari perbedaan fisik dan mekanis antar logam (Haikal dan Triyono, 2013). Kapasitas beban tarik rata-rata tertinggi adalah 5860,41 N dengan variasi tegangan 2,30 volt dan kekuatan geser rata-rata tertinggi adalah 571,84 N / mm<sup>2</sup> pada variasi tegangan 2,02 volt.

Pengujian tarik-geser mempunyai 2 jenis kegagalan yaitu berupa kegagalan *interfacial* dan kegagalan *pullout*. Jenis kegagalan yang terjadi pada pengujian tarik-geser dapat dilihat pada gambar 3.10 hasil uji tarik menunjukkan bahwa kegagalan yang terjadi pada pengelasan *spot welding* antara *stainless steel* dan baja karbon tinggi pada setiap variasi tegangan 1,60 V, 1,79 V, dan 2,02 V adalah jenis kegagalan *pullout*.



Gambar 3.10 Foto kegagalan pada setiap variasi tegangan listrik  
Gambar 3.10 adalah hasil uji tarik geser (a) *stainless steel* mengalami *pull out* (b) hasil pengujian tarik geser pada bagian baja karbon rendah juga mengalami *pull out*

#### 4. Kesimpulan

Sebuah penelitian tentang pengaruh variasi tegangan pada sifat fisik dan mekanik dari sambungan *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G3131 dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa tegangan pengelasan mempengaruhi perubahan wilayah HAZ dan ukuran butir struktur mikro logam las. Struktur mikro yang terbentuk di daerah logam las adalah *perlite dan ferrite*.
2. Nilai kapasitas beban tarik meningkat dengan meningkatnya fluktuasi tegangan yang digunakan. Nilai kekuatan geser terus menurun dengan meningkatnya variasi tegangan yang digunakan. Kapasitas beban tarik rata-rata tertinggi adalah 5860,41 N dengan variasi tegangan 2,30 volt dan kekuatan geser rata-rata tertinggi adalah 571,84 N / mm<sup>2</sup> pada variasi tegangan 2,02 volt.
3. Pengaruh variasi tegangan pada kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat dengan meningkatnya tegangan yang digunakan. Nilai kekerasan rata-rata tertinggi berada di area logam las baja stainless 395,5 HV, dan nilai kekerasan rata-rata tertinggi logam las baja karbon rendah adalah 404 HV. Di wilayah logam las, nilai kekerasan logam las lebih tinggi dari wilayah HAZ karena pencampuran dan peleburan logam dasar.

#### 5. Daftar Pustaka

- Fachruddin, Suryanto , H., & Solichin. (2016). Pengaruh Variasi Arus Listrik Pengelasan Titik (Spot Welding) terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan dan Struktur Mikro pada Sambungan Dissimilar Baja Stainless Steel AISI 304 dengan Baja Karbon Rendah ST 41. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Malang*, Vol. 24, No. 2: 3 - 12.
- Fahmi, RM., Hendrawan, MA, dan Masyurukan. (2015). Studi Metalografi Pengaruh Arus dan Holding Time pada Pengelasan Spot Welding Material Stainless Steel. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta: Tugas Akhir.
- Faozi, S. (2015). *Pengaruh Arus Listrik dan Holding Time terhadap Sifat Fisik-Mekanik Sambungan Spot TIG Welding Material Tak Sejenis antara Baja dan Paduan Aluminium*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret: Tugas Akhir.
- Hayat, F. (2010). The Effect of The Wlding Current on Heat input, Nugget Geometry, and The Mechanical Properties and Frctural Properties of Resistance Spot Welding on Mg/Al Dissimilar Materials. *Materials and Design*, 2476-2484, Vol. 32, No. 4.
- Hendrawan, M. A., & Rusmawan, D. D. (2014). Studi Pengaruh Arus dan Waktu Pengelasan terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (Spot Welding). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta: Tugas Akhir.
- Marashi, P., Pouranvari, M., Amirabdollahian, S., Abedi, A., dan Goodarzi, M. (2007). Microstructure and Failure Behavior of Dissimilar Resistance Spot

Welds between Low Carbon Galvanized and Austenitic Stainless Steels.  
*Material Science and Engineering*, 175-180, Vol. 480:175-180.

- Mustakim, Kartikasari, R., & Permana, B. W. (2017). Pengaruh Arus dan Waktu Spot Welding terhadap Sifat Mekanik Sambungan Dissimilar AISI 1003 dengan AISI 1025. Yogyakarta: STTNAS Yogyakarta: Tugas Akhir.
- Raharjo, W. P., & Ariawan, D. (2005). Pengaruh Welding Time Struktur Mikro dan Kekerasan, Sambungan Lap Baja Feritik 430 dengan Metode Resistance Spot Welding. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret*, Vol. 3 No. 3: 13 - 23.
- Wahyu, F., Heru, S., & Solichin. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Penekanan Pengelasan Titik Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro Pada Sambungan Dissimilar Baja Tahan Karat AISI 304 dengan Baja Karbon Rendah ST 41, Vol. 24, No. 2:1-8.