

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang penyambungan material menggunakan las titik sudah banyak dikembangkan, terutama pada industri otomotif. Pengelasan titik sejenis maupun beda jenis sudah banyak diteliti dengan menggunakan parameter waktu pengelesan, arus pengelasan dan material lasan. Penggunaan las titik tidak sejenis pada kontruksi mobil sangat baik digunakan karena dapat dilakukan dengan cepat dan mudah digunakan. Paduan antara *stainless steel* AISI 304 dengan baja karbon tinggi SK 5 sangat baik digunakan karena dapat mengurangi beban , lebih kuat, dan mengurangi biaya produksi supaya lebih murah.

Wahyu Heru dan Solichin (2016), melakukan penelitian pengaruh variasi waktu penekanan pengelasan titik terhadap kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro. dengan parameter waktu 0,5, 1, 1,5 dan 2 detik. dengan arus sebesar 1200 ampere dan material yang digunakan yaitu baja karbon rendah St 41 dan baja tahan karat AISI 304 dengan tebal 1mm. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik maksimum terdapat pada variasi waktu 1 detik yaitu sebesar 24,6 Kg/mm<sup>2</sup>. pada hasil uji kekerasan nilai tertinggi terdapat pada daerah weld metal baja karbon rendah ST 41 variasi waktu pengelasan 2 detik sebesar 104 HRB. Pada hasil uji struktur mikro fasa yang terbentuk pada daerah HAZ dan lasan didominasi oleh ferrite, perlite, karbida, widmansatten(FW), dimana fasa ini sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan dari daerah lasan dan HAZ.

Mustakim (2017) melakukan penelitian pengaruh arus dan waktu *spot welding* terhadap sifat mekanik sambungan *dissimilar*. Dengan mengkombinasikan waktu dalam rentang 14, 17, 20, 23, 26 *cycle* dan arus listrik sebesar 49, 52, 55, 58, 61 ampere. Material yang digunakan yaitu AISI 1003 dan AISI 1025. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi 26

*cycle* 58 ampere sebesar 27,03 kg/mm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi waktu 23 *cycle* dan arus 52 ampere yaitu sebesar 237,7 VHN.

Fachruddin dkk (2017) melakukan penelitian 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, dengan parameter arus pengelasan sebesar 1000 A 1200 A, 1400 A, dan 1600 A dengan waktu pengelasan dilakukan selama 1 detik. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik maksimum terdapat pada arus 1000 A Sebesar 76,89 kg/mm<sup>2</sup>. pada hasil uji kekerasan nilai tertinggi terdapat pada daerah HAZ baja karbon rendah ST 41 variasi arus pengelasan 1000 A sebesar 104 HRB. Pada hasil uji struktur mikro fasa yang terbentuk pada daerah HAZ dan lasan didominasi oleh *ferrite*, *perlite*, *karbida*, *widmansatten*(FW), *accicular*(FA), dimana fasa ini sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan dari daerah lasan dan HAZ.

Silaban dkk (2016) melakukan penelitian pengaruh parameter pengelasan *spot welding* terhadap kekuatan geser pada aluminium. dengan parameter waktu yang digunakan adalah 0,5, 1, 1,5, 2 dan 2,5 detik sedangkan variasi tegangan 1,60, 1,79, 2,02, 2,30 V. material yang digunakan adalah aluminium dengan ketebalan 1mm. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan tegangan geser tertinggi terdapat pada variasi waktu 2,5 detik dengan tegangan arus (*voltage*) 2,30 V yaitu sebesar 14,194 N/mm<sup>2</sup>. tegangan geser terendah terdapat pada variasi waktu 0,5 detik dengan tegangan arus (*voltage*) yaitu sebesar 3,471 N/mm<sup>2</sup>. Artinya semakin tinggi tegangan (*voltage*) dan semakin lama waktu pengelesan maka kekuatan geser semakin besar pula.

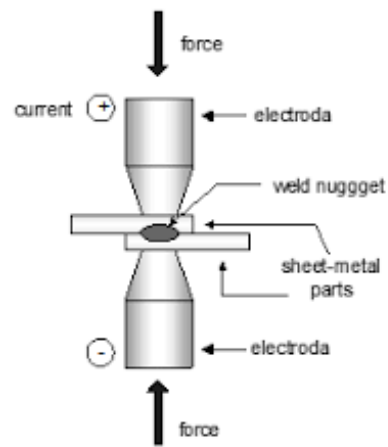
Dari penelitian yang sudah dilakukan sebagian besar masih menggunakan material *stainless steel* dan baja karbon rendah. Sedangkan penyambungan dengan metode *resistance spot welding* dengan menggunakan material *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon tinggi SK 5 masih jarang meneliti. Seperti Wahyu dkk (2016) melakukan penelitian pengaruh variasi waktu penekanan pengelasan titik dengan

menggunakan material baja tahan karat AISI 304 dengan baja karbon rendah ST 412, Mustakim (2017) melakukan penelitian pengaruh arus dan waktu *spot welding* terhadap sifat mekanik, Fachruddin dkk (2017) melakukan penelitian pengaruh variasi arus listrik pengelasan titik dengan menggunakan material baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah ST 41, dan Silaban (2016) melakukan penelitian pengaruh parameter pengelesan *spot welding* dengan menggunakan material aluminium. Metode *resistance spot welding* ini masih perlu dilakukan pengembangan penelitian lebih lanjut khususnya pada material tak sejenis supaya didapatkan hasil yang optimal, oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang belum pernah dilakukan sebelumnya mengenai sifat fisis dan struktur mikro antara sambungan *stainless steel* AISI 304 dengan baja karbon tinggi.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1. Las Titik (*Resistance Spot Welding*)**

Las resistensi membutuhkan panas yang dihasilkan dari resistensi listrik di antara dua bagian yang akan di sambungkan. Las ini mempunyai kelebihan seperti tidak membutuhkan elektroda, gas *shielding* atau *flux*. Las titik, biasa disebut *resistance spot welding* (RSW) adalah salah satu jenis pengelasan ini. Las titik bekerja dengan menyentuhkan kedua ujung padatan berbeda (berbentuk silindrik) ke dua logam pelat berbeda yang akan disambungkan dan pemanasan resistensi menghasilkan las titik. Masukan panas atau *heat input* sangat berpengaruh pada hasil pengelasan titik. *Heat input* sangat mempengaruhi hasil *fusion zone*. *Fusion zone* akan meningkat seiring dengan meningkatnya *heat input* proses pengelasan. Akurasi kontrol dan waktu pemberian arus juga besar tekanan harus diperhatikan pada las titik. Bentuk permukaan ujung elektroda juga perlu untuk diperhatikan. Las titik biasanya digunakan untuk fabrikasi logam pelat. Las titik ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Resistance Spot Welding*

Persamaan 2.1 dalam menentukan masukan panas dengan metode *resistance spot welding* ini dapat dituliskan, sebagai berikut:

$$H_i = V \cdot I \cdot t \quad (2.1)$$

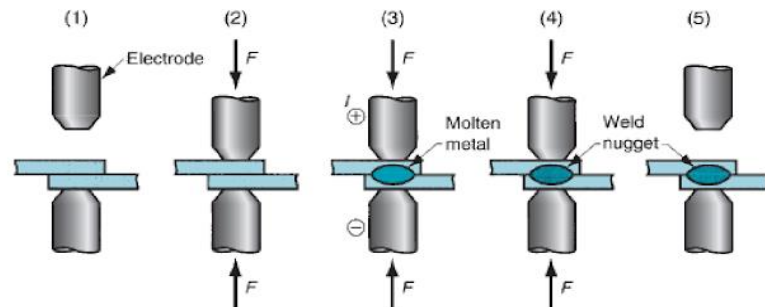
Dengan:  $H_i = \text{Heat Input}$

$V = \text{Voltase}$

$I = \text{Arus Pengelasan}$

$t = \text{Waktu}$

### a. Tahapan proses resistance spot welding



Gambar 2.2 Proses *resistance spot welding*

Tahapan proses menurut gambar diantaranya sebagai berikut:

- Spesimen di letakkan di antara dua elektroda yang terbuka.
- Elektroda menekan spesimen.
- Waktu pengelasan dimana arus menyala.
- Arus dimatikan namun penekanan dengan elektroda tetap dilakukan (ditahan sebentar).
- Elektroda dibuka dan spesimen dapat dikeluarkan.

### b. Pengaturan *spot welding*

Proses pengelasan *spot welding* ini mempunyai beberapa pengaturan yang harus dilakukan diantaranya yaitu pengaturan arus dan waktu penekanan. Untuk mendapatkan penetrasi hasil lasan yang diinginkan, maka pengaturan arus dan waktu di sesuaikan dengan variasi yang digunakan.

#### 2.2.2. Parameter Pengelasan

Beberapa parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil sambungan lasan yaitu arus pengelasan dan *holding time*.

##### a. Arus Pengelasan

Besar Arus yang digunakan pada pengelasan *spot welding* ini, Berhubungan dengan masukan panas yang digunakan untuk mencairkan material yang

akan di las. (Arifin, 1997) mengatakan apabila arus pengelasan yang digunakan terlalu rendah maka panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan material sehingga menghasilkan daerah logam induk terlalu cepat dan menghasilkan daerah logam las yang lebar serta penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan.

**b. Holding Time**

*Holding* atau yang disebut dengan waktu penekanan pada pengelasan *spot* ini juga merupakan parameter penentu masukan panas yang digunakan untuk mencairkan material yang akan dilas. *Holding time* yang singkat akan menurunkan kekuatan tarik sambungan, dikarenakan *nugget* yang dihasilkan kecil dan pengelasan belum sempurna. Maka penentuan waktu penekanan harus tepat, sehingga dapat menghasilkan kekuatan tarik sambungan yang baik.

**2.2.3. Stainless Steel AISI 304**

Baja paduan *Stainless Steel* AISI 304 merupakan jenis baja tahan karat yang serba guna dan paling banyak digunakan. Komposisi kimia, kemampuan las, ketahanan korosi, dan kekuatan mekaniknya sangat baik dengan harga yang *relative* terjangkau. *Stainless steel* AISI 304 banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil. Baja Paduan *Stainless Steel* AISI 304 memiliki komposisi 0,0425% C, 0,034% P, 1,19% Mn, 0,006% S, 0,049% Si, 8,15% Ni, 18,24% Cr, dan sisanya Fe.

Tabel 2.1 *Material properties stainless steel AISI 304*

<i>Physical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	<i>Comment</i>
<i>Density</i>	<u>8 g/cc</u>	0.289 lb/in <sup>3</sup>	
<i>Hardness, Rockwell B</i>	70	70	
<i>Hardness, Vickers</i>	129	129	<i>Converted from Rockwell B hardness.</i>
<i>Tensile Strength, Ultimate</i>	505 MPa	73200 psi	
<i>Tensile Strength, Yield</i>	215 MPa	31200 psi	<i>at 0.2% offset</i>
<i>Elongation at Break</i>	70%	70%	<i>In 50mm</i>
<i>Modulus of Elasticity</i>	<i>193 - 200 GPa</i>	<i>28000 - 29000 ksi</i>	
<i>Poisson's Ratio</i>	<i>0.29</i>	<i>0.29</i>	
<i>Charpy Impact</i>	<i>325 J</i>	<i>240 ft-lb</i>	
<i>Shear Modulus</i>	<i>86 GPa</i>	<i>12500 ksi</i>	

#### 2.2.4. Baja Karbon Tinggi SK 5

Baja Karbon Tinggi SK 5 merupakan baja karbon yang memiliki kandungan karbon 0,6% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon tinggi ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi banyak digunakan untuk pembuatan alat-alat perkakas seperti gergaji, palu, pembuatan kikir, pisau cukur.

Tabel 2.2 *Material properties high carbon steel SK-5 (SAE 1085)*

<i>Mechanical Properties</i>		<i>Physical Properties</i>	
<i>Yield <math>R_{p0.2}</math></i>	958 ( $\geq$ )	<i>Temperature</i>	
<i>Tensile <math>R_m</math></i>	886 ( $\geq$ )	<i>Modulus of elasticity</i>	576 GPa
<i>Impact KV/Ku</i>	41 J	<i>Mean coefficient of thermal expansion 10-6°C between 20°C</i>	11 °C.
<i>Elongation A</i>	22 %	<i>Thermal conductivity</i>	14,3 – 31,2 (W/m °C)
<i>Reduction in cross section on fracture</i>	13 %	<i>Specific thermal capacity</i>	324 (J/Kg °C)
<i>Brinell hardness (HBW)</i>	143	<i>Specific electrical resistivity</i>	0,21 $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m
<i>Modulus of Elasticity</i>	193 - 200 GPa	<i>Density</i>	244 (Kg/dm <sup>3</sup> )
<i>Poisson's Ratio</i>	0.29	<i>Poisson coefficient</i>	122 V
<i>Charpy Impact</i>	325 J		
<i>Shear Modulus</i>	86 GPa		

### 2.2.5. Pengelasan Tak Sejenis (*Dissimilar*)

Karena adanya perbedaan fisik, mekanik, termal, dan metalurgi dari material yang akan dilas ini, pengelasan material tak sejenis ini sering mengalami kegagalan. Pada pengelasan material, konduktifitas panas, dan perbedaan titik leleh dari masing-masing material yang disambungkan merupakan unsur penting yang berperan dalam menentukan karakteristik mekanik suatu hasil sambungan pengelasan (Faozi, 2015). Pemilihan metode pengelasan juga berpengaruh, karena



tidak semua metode pengelasan dapat digunakan untuk melakukan pengelasan *dissimilar* ini. Penelitian ini menggunakan penyambungan antara *Stainless Steel* AISI 304 dan baja karbon tinggi SK 5.

## **2.2.6. Proses Pengujian**

### **1. Pengujian Tarik**

Pengujian tarik yaitu suatu metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan material/bahan dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu (Askeland, 1985). Percobaan ini untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap kekuatan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Hasil pengujian sangat penting untuk rekayasa teknik desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Bentuk spesimen pada uji tarik ini berbentuk plat, pejal dan pipa silinder yang biasanya di buat sesuai standar ASTM, AWS, DIN dan JIM. Pada penelitian ini, pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan geser dari hasil sambungan material yang dilas. Proses pengujian ini dilakukan dengan cara kedua ujung material dijepit dimana salah satu penjepit dihubungkan dengan perangkat pengukur beban yang ada pada mesin uji tarik dan ujung yang lain dihubungkan dengan perangkat peregang. Kemudian spesimen uji diberikan beban tarik secara kontinyu. Dilakukan secara bersamaan pengamatan perubahan panjang yang terjadi hingga spesimen mengalami patahan. Data yang diperoleh dari pengujian ini berupa kurva tegangan regangan atau bisa berupa kurva beban perpanjangan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Untuk menggambar kurva tegangan regangan atau beban perpanjangan, diperlukan beberapa parameter yaitu kekuatan tarik, persen perpanjangan, titik luluh / kekuatan luluh, dan pengurangan luas. Komposisi material, *deformasi plastis*, perlakuan panas, suhu, laju regangan, dan keadaan tegangan selama pengujian, akan mempengaruhi bentuk kurva yang akan diperoleh. Tegangan geser dapat dapat dihitung dengan membagi nilai beban yang dapat dengan luas penampang, dimana pada penelitian ini luas penampangnya berupa lingkaran

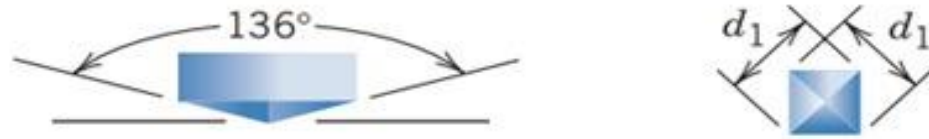
(*nugget*) yang terbentuk dari lasan. Grafik kurva hasil pengujian tarik ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kurva hasil pengujian tarik berupa kurva gaya-perpanjangan

## 2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan *vickers* adalah pengujian mekanik untuk mengetahui kekerasan suatu material terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Pengujian ini menggunakan piramida intan untuk menekan spesimen sehingga meninggalkan bekas berupa lekukan. Ketika gaya tertentu diberikan tekanan pada suatu spesimen yang mendapat pengaruh pembebanan, spesimen akan mengalami deformasi/perubahan. Pengujian kekerasan perlu dilakukan terutama pada material yang penggunaannya akan mengalami gesekan dan *deformasi plastis*. Kita dapat menganalisis seberapa besar tingkat kekerasan suatu material melalui besarnya beban yang diberikan terhadap spesimen yang menerima pembebanan.



Gambar 2.4 Pengujian kekerasan *vickers* dan bentuk indenter (Callister,2006).

Persamaan 2.2 dalam menentukan nilai kekerasan dengan metode *Vickers* ini dapat dituliskan, sebagai berikut:

$$HV = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

.....(2.2)

Dengan: HV = Angka kekerasan *Vickers*

P = Beban (Kg)

d = Diagonal, rata-rata ukuran dari bekas injakan  $d_1$  dan  $d_2$  (mm)

$\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berhadapan  $136^\circ$

### 3. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro yaitu gambaran dari kumpulan fasa-fasa yang dapat diamati melalui teknik metalografi. Struktur mikro suatu logam dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop yang dapat digunakan yaitu mikroskop optik dan mikroskop elektron. Dengan pengujian struktur mikro kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, proses perlakuan panas, kerusakan logam akibat proses *deformasi* dan perbedaan komposisi. Sebelum diamati dengan mikroskop ada beberapa langkah yang harus dilakukan, diantaranya pemotongan spesimen, pengamplasan dan penghalusan spesimen. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan amplas halus secara bertahap, sebelum pengamplasan dilakukan, spesimen diberi resin terlebih dahulu, selanjutnya pemolesan spesimen dengan menggunakan autosol yang

akan menghasilkan spesimen yang mengkilat. Hal terakhir yang dilakukan sebelum melakukan pemeriksaan yaitu mengetsa permukaan spesimen supaya struktur material logam dapat terlihat jelas.