

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Ioan dkk (2013), dalam penelitiannya mempelajari pengaruh kekasaran permukaan pada resistance spot welding (RSW). Untuk penelitiannya menggunakan plat baja karbon rendah (S235JR) dengan ketebalan 1mm. Dengan 3 parameter permukaan yang berbeda: a). plat baja asli, b). plat baja di amplas, c). sandblasting. Potongan-potongan yang akan dilas menggunakan parameter berikut: tekanan elektroda konstan 1.5 kN, waktu las konstan 6 cycle dan arus pengelasan adalah 5.6 dan 7 kA. Hasil dari penelitiannya adalah kekuatan geser tertinggi dihasilkan pada kondisi pengelasan permukaan di amplas, sedangkan kondisi pengelasan sandblasting menghasilkan kekuatan geser terendah.

Rashid (2010), dalam penelitiannya tentang pengaruh karakteristik permukaan material pada resistansi kontak listrik antarmuka elektroda dengan material paduan aluminium (AA5182) pada resistance spot welding. Untuk penelitiannya menggunakan plat paduan aluminium (AA5182) dengan ketebalan 1,5mm. Dengan 3 parameter permukaan yaitu: a). halus, b). permukaan asli, c). kasar. parameter yang digunakan sebagai berikut: tekanan elektroda 6 kN, waktu pengelasan 5 cycle dan arus pengelasan 9 kA. Studi tersebut menunjukkan bahwa resistansi kontak listrik statis diukur sebelum resistance spot welding agar dapat berfungsi untuk memprediksi perilaku bahan selama proses pengelasan spot welding. Hasil dari penelitiannya adalah permukaan asli memiliki kekuatan lebih tinggi dari pada permukaan kasar.

Shamsul dkk (2007), melakukan penelitian tentang hubungan diameter nugget dan arus listrik pada spot welding baja stainless steel tipe 304. Tebal plat yang digunakan adalah 3 mm dan arus yang diberikan 2,5 kA, 3,75 kA, 5 kA, dan 6,25 kA dengan parameter waktu pengelasan konstan 4 cycles. Pada penggunaan arus listrik yang berbeda menunjukkan bahwa semakin besar arus listrik yang digunakan maka diameter nugget (logam las) juga semakin besar. Diameter terkecil

dihasilkan pada arus 2,5 kA sebesar 3 mm, sedangkan diameter terbesar dihasilkan pada arus 6,25 kA sebesar 6 mm.

Handra dkk (2013), dalam penelitiannya menerangkan hubungan antara nugget dengan waktu tekan. Material yang digunakan dalam penelitian adalah baja karbon rendah dengan dua tipe, pelat galvanis dan pelat hitam. Proses pengerjaan pengelasannya hanya memvariasikan pada lama waktu penekanan yaitu: 2 detik, 2,5 detik, 3 detik, dan 3,5 detik, dengan arus yang digunakan 26 Amper. Pada waktu tekan 3,5 detik menghasilkan diameter rata-rata nugget sebesar 5,31 mm untuk pelat hitam sedangkan untuk pelat galvanis memiliki diameter rata-rata sebesar 5,95 mm. Dapat disimpulkan semakin lama waktu tekan maka semakin besar pula diameter *nugget*.

Waluyo (2013), dalam penelitiannya tentang pengaruh tebal pelat dan lama penekanan atau waktu tekan material aluminium. Tebal plat yang digunakan 0,8 mm, 1,1 mm, dan 1,2 mm. Untuk arus yang digunakan konstan sebesar 26 A dan voltase output 1,7 volt, waktu penekanan sebesar 1 detik, 1,5 detik, dan 2 detik. Pengujian yang dilakukan difokuskan pada pengujian struktur mikro dan hasilnya struktur mikro pada daerah uji logam lasan, HAZ, dan logam induk struktur mikronya tidak mengalami perubahan, yang terlihat hanya ada perbedaan besar butir. Adapun besar butir terkecil terjadi pada penekanan 2 detik dan butir terbesar terjadi pada penekanan 1 detik. Dapat disimpulkan semakin lama waktu penekanan maka besar butirnya semakin kecil dan rapat.

Febriyanto dan Purwanto, (2018) Penelitian tentang las titik dengan judul pengaruh variasi voltase dan waktu penekanan sambungan pengelasan titik (*spot welding*) terhadap kekuatan geser dan kekuatan *peel* baja SPCC. Tebal plat yang digunakan yaitu 1,6 mm, variasi voltase yang digunakan adalah 2,30 V, 2,70 V, 3,20 V dengan waktu penekanan 3 detik, 4 detik, 5 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian kekuatan geser nilai tegangan yang tertinggi ada pada voltase 2,30 V pada waktu penekanan 4 detik dan nilai regangan yang tertinggi pada waktu 3 dan 4 detik, pada voltase 2,70 V nilai tegangan tertinggi yaitu pada waktu penekanan 5 detik dan nilai regangan tertinggi pada waktu 3 detik, sedangkan pada voltase 3,20 V nilai tegangan tertinggi pada waktu 5 detik dan nilai

regangan tertinggi pada waktu 3 dan 4 detik. Pada pengujian *peel* didapatkan nilai tegangan yang tertinggi pada waktu penekanan yang sama yaitu 5 detik disetiap variasi voltase, untuk nilai regangan tertinggi ada perbedaan dimana pada voltase 2,70 V dan 3,20 V nilai regangan tertinggi diperoleh pada waktu penekanan 3 detik, sedangkan untuk voltase 2,30 V nilai regangan tertinggi terdapat pada waktu penekanan 5 detik. Hasil dari pengujian tegangan geser dan tegangan *peel* dipengaruhi oleh waktu penekanan dan voltase pengelasan yang diberikan.

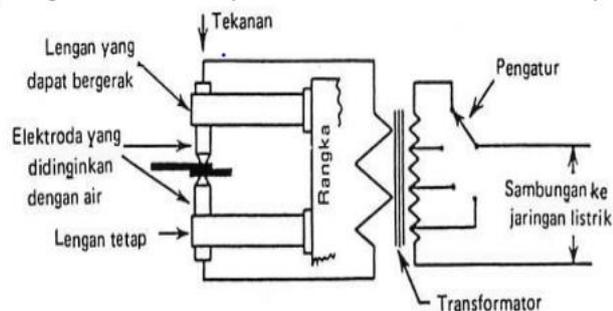
Firmansyah dkk, (2016), dalam penelitiannya tentang pengaruh variasi waktu penekanan pengelasan titik terhadap kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro pada sambungan dissimilar baja tahan karat AISI 304 dengan baja karbon rendah ST 41. Tebal plat yang digunakan masing-masing yaitu 1 mm dengan parameter kuat arus 1200 A dan variasi waktu penekanan 0,5 detik, 1 detik, 1,5 detik, 2 detik. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan Tarik maksimum terdapat pada waktu penekanan 1 detik sebesar 24,6 Kg/mm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan pada daerah HAZ baja karbon rendah meningkat pada waktu penekanan 1 detik sebesar 84,7-89,7 HRB dibanding pada logam induknya sebesar 55 HRB, sedangkan pada waktu 1,5 detik dan 2 detik nilai kekerasan menjadi turun pada daerah HAZ baja tahan karat sebesar 74 HRB dan 73 HRB. Pada hasil uji struktur mikro fasa yang terbentuk pada daerah HAZ dan lasan didominasi oleh fasa *ferrit*, *perlit*, dan *ferrit widmanstätten* (WF), dimana fasa ini sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan dari daerah lasan dan HAZ.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan memvariasikan parameter pengelasan seperti waktu, arus listrik dan tegangan listrik dapat mempengaruhi sifat mekanis material. Diameter nugget lasan dan nilai beban tarik yang didapat akan semakin besar seiring dengan meningkatnya variasi parameter pengelasan yang digunakan.

## 2.2 Landasan Teori

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

Las titik (*Spot Welding*) pada dasarnya merupakan proses penyambungan lembar logam tipis (*sheet metal*). Dimana arus yang cukup besar dialirkan melalui elektroda dan menimbulkan panas pada sambungan yang dibawah pengaruh tekanan, sehingga terbentuklah sambungan las. Pada bagian ini terjadi panas antara elektroda dan plat tetapi tidak sampai mencairkan logam karena ujung elektroda didinginkan dengan air. Selain itu elektroda yang digunakan harus dari paduan tembaga yang mempunyai tahanan terhadap aliran listrik lebih kecil dari pada material yang akan dilas (Amstead B.H., dkk. 2005). Gambar 2.1 menunjukkan skema alat las titik.



**Gambar 2.1** Skema alat las titik

(Amstead B.H., dkk. 2005)

Pada pengelasan titik ada tiga faktor yang mempengaruhi besarnya energi panas/kalor untuk mencairkan logam. Ketiga faktor tersebut dapat ditinjau dari rumus yaitu:

$$H = I^2 \cdot R \cdot t \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

H : Total *Heat Input* (joule)

I : Arus listrik (*Ampere*)

t : Waktu pengelasan (detik)

R : Resistansi listrik dari benda kerja (ohm)

### 2.2.2 Parameter Pengelasan

Ada beberapa parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil sambungan lasan pada *spot welding* antara lain tegangan dan waktu pengelasan (*holding time*).

#### 1. Tegangan Pengelasan

Pengaturan besar tegangan pengelasan yang digunakan sangat penting karena akan berpengaruh terhadap karakteristik dari hasil lasan. Besar kuat arus diatur tergantung tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda.

#### 2. Waktu Pengelasan (*welding time*)

*Welding time* merupakan waktu pengelasan pada saat proses pengelasan *spot welding* (las titik), waktu pengelasan sangat berpengaruh terhadap masukan panas (*heat input*) yang diberikan kepada benda kerja. Waktu pengelasan juga berpengaruh terhadap kekuatan tarik dari sambungan las, dimana ketika waktu pengelasan yang diberikan terlalu cepat akan membuat kekuatan tarik menurun karena diameter yang dihasilkan kecil dan sambungannya belum sempurna. Sehingga waktu pengelasan yang diberikan harus tepat supaya mendapatkan hasil kekuatan tarik yang baik.

### 2.2.3 Pengelasan Material Beda Jenis

Pengelasan material tidak sejenis ini masih sering menemui kendala yaitu benda kerja yang dilas seringkali tidak menyempul dengan kuat. Kendala yang terjadi disebabkan oleh variasi kuat arus dan waktu penekanan belum mendapatkan pengaturan yang sesuai, mungkin karena variasi kuat arus dan waktu penekanan yang dipilih terlalu kecil atau terlalu besar (Mustakim dkk, 2017). Sedangkan menurut (Faozi, 2015) Kendala yang terjadi pada hasil lasan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pada perbedaan sifat fisik, mekanik, termal, dan metalurgi pada kedua material tersebut terlebih lagi pada konduktivitas panas, perbedaan titik leleh (*melting point*) dan kelarutan pada masing-masing material yang disambung menjadi poin terpenting pada

pengelasan material tidak sejenis dalam menentukan karakteristik material dalam suatu sambungan. Pada penelitian ini material yang akan disambung menggunakan *Spot Welding* adalah tembaga dan *Stainless Steel 304*.

#### **2.2.4 *Stainless Steel* (Baja Tahan Karat)**

*Stainless steel* adalah senyawa besi yang mengandung sekitar 10% kromium (Cr) yang mencegah proses pengkaratan logam. Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida kromium, dimana lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi membuat baja ini tidak bisa berkarat. *Stainless steel* adalah baja paduan yang memanfaatkan keefektifan unsur paduan tersebut seperti Cr dan Ni dan dapat dibagi menjadi sistem Fe-Cr dan Fe-Cr-Ni. Sistem yang pertama termasuk baja tahan karat Maertensit dan Ferit sedangkan sistem yang kedua merupakan baja tahan karat Austenit.

#### **2.2.5 Tembaga (Cu)**

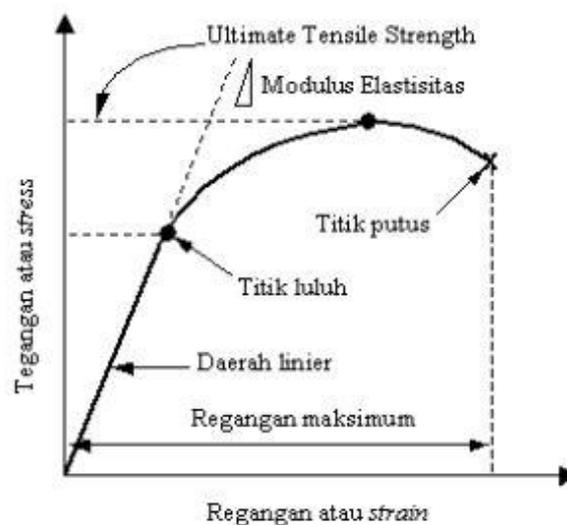
Tembaga adalah logam merah-muda yang lunak, dapat ditempa, liat. Ia melebur pada 1038°C. Karena potensial electrode standarnya positif (+0,34 V untuk pasangan Cu/Cu<sup>2+</sup>), tembaga tidak akan larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen ia bisa terlarut sedikit. Unsur tembaga di alam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Tembaga (Cu) mempunyai sistem kristal kubik, secara fisik berwarna kuning dan apabila dilihat dengan menggunakan mikroskop bijih akan berwarna pink kecoklatan sampai keabuan.

#### **2.2.6 Pengujian Tarik**

Pengujian mekanik berikutnya yaitu pengujian tarik. Pengujian ini perlu dilakukan karena berfungsi untuk menentukan sifat mekanik dari suatu material, selain untuk mengetahui sifat mekanik pengujian ini juga digunakan untuk mengetahui kekuatan dari sambungan lasan dalam menahan beban yang diberikan (Hendrawan & Rusmawan, 2014). Beban yang diberikan pada pengujian ini

berupa gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Faozi, 2015). Data yang diperoleh dari pengujian ini berupa kurva gaya-perpanjangan (*extension*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Dalam membuat grafik kurva tegangan regangan atau gaya perpanjangan diperlukan beberapa parameter yaitu kekuatan tarik, titik luluh/kekuatan luluh, perpanjangan, dan pengurangan luas. Bentuk kurva yang diperoleh juga dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi material, perlakuan panas, deformasi plastis, dan temperatur.



**Gambar 2.2** Grafik hasil pengujian tarik berupa kurva gaya-perpanjangan  
(Rifai, 2015)

Dari Gambar 2.2 ada tiga parameter yang dapat dilihat yaitu titik luluh, tegangan maksimum dan titik putus. Titik luluh merupakan batas antara perilaku elastis dan awal dari perilaku plastis. Tegangan maksimum merupakan batas tegangan atau kekuatan material yang mampu ditahan sebelum mengalami patah. Sedangkan titik putus merupakan sebuah proses dimana material mengalami perpatahan.

### 2.2.7 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro ini dilakukan untuk melihat fasa dari sebuah material logam dan paduannya, sehingga dapat diketahui sifat dan karakteristik dari material logam tersebut. Material uji diamati dengan perbesaran antara 20 sampai 3000 kali atau lebih. Pemeriksaan mikro dapat memberi informasi yang berupa bentuk struktur, ukuran butir, dan banyaknya bagian struktur yang berbeda.

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro diantaranya pemotongan specimen, kemudian specimen diletakan kedalam cetakan dan isi dengan resin supaya dalam pengamplasan dan penghalusan lebih mudah. Proses pengamplasan dilakukan secara bertahap mulai dari yang paling kasar sampai yang paling halus, selanjutnya permukaan specimen dipoles menggunakan autosol agar permukaan spesimen meningkat. Langkah terakhir dalam pengujian ini adalah melakukan pengetsaan pada permukaan material supaya struktur mikro logam terlihat dengan jelas.

### 2.2.8 Pengujian Kekerasan (*Vickers*)

Pengujian kekerasan *vickers* merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material. Pengujian kekerasan juga dapat diartikan sebagai kemampuan suatu material untuk menerima beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Material yang akan digunakan perlu dilakukan pengujian kekerasan karena dalam pengaplikasiannya yang akan mengalami gesekan dan deformasi plastis. Metode pengujian kekerasan *vickers* lebih banyak digunakan dibandingkan dengan metode pengujian kekerasan yang lain karena bekas penekanan kecil, pengukurannya teliti, dan range ukurannya besar.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu material dalam menerima beban terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Beban yang diberikan jauh lebih kecil dibandingkan dengan pengujian kekerasan yang lain yaitu antara 1 sampai 1000 gram. Angka kekerasan *vickers* (HV) dapat

didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji ( $P$ ) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor (diagonalnya) yang dikalikan dengan  $\sin(136^\circ/2)$ .



**Gambar 2.3** Pengujian *Vickers* dan bentuk indentor *Vickers*

(Callister,2006)

Nilai kekerasan dari metode *Vickers* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1, sebagai berikut:

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan: HV = Angka kekerasan *Vickers*

P = Beban (Kg)

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