

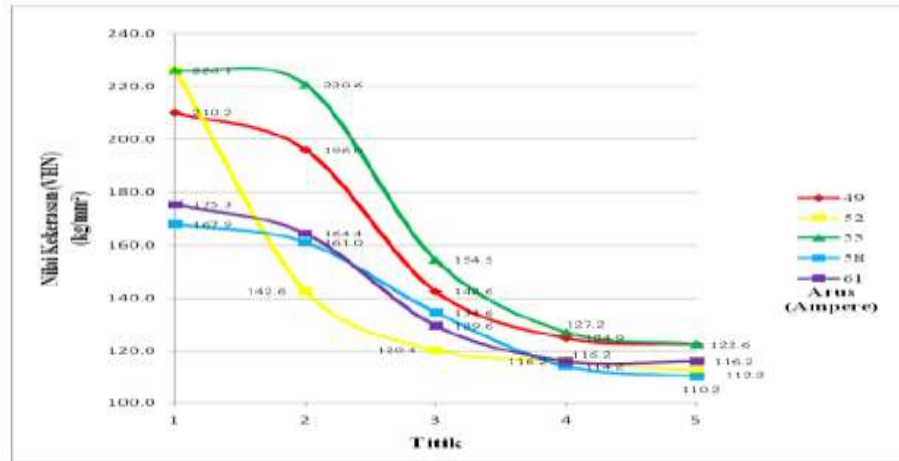
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan penyambungan pengelasan pada logam yang berbeda dengan bahan yang digunakan yaitu baja tahan karat (*stainless steel*) dengan baja karbon rendah. Variasi waktu yang digunakan 3s, 4s, 5s, dan 6s dengan kekuatan arus tetap 2.02 v. Penelitian tentang pengelasan titik telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya dengan bahan yang digunakan berbeda beda, mulai dari baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. Penelitian sebelumnya juga memvariasikan waktu dan kuat arus listrik.

Mustakim, dkk. (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh arus dan waktu *spot welding* terhadap sifat mekanik sambungan dissimilar AISI 1003 dengan AISI 1025 dengan variasi waktu 14, 17, 20, 23, 26 *cycle* dan arus listrik sebesar 49, 52, 55, 58, 61 ampere. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab perilaku kegagalan *interfacial fracture* dan *pullout fracture* dengan pengelasan logam tak sejenis. Hasil uji kekuatan tarik menunjukkan bahwa variasi 26 *cycle* dengan tegangan 58 ampere mempunyai nilai kekuatan tarik paling tinggi sebesar 27,03 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan menyatunya semua mur keplat sampai menyebabkan alir rusak. Semakin tinggi *cycle* dan ampere menyebabkan kemungkinan mur rusak sangat tinggi. Pada pengujian struktur mikro logam induk mempunyai struktur *ferrite*, untuk daerah HAZ struktur juga *ferrite* namun terlihat lebih halus dibandingkan dengan logam induk, pada bagian *weld zone* terdapat struktur *acicular ferrite* dan *widmenstatten ferrite* semain tinggi arus pengelasan maka akan semakin mendominasi spesimen cenderung terlihat feritik. Pengujian kekerasan juga dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui nilai kekerasan pada masing masing variasi seperti yang dapat kita lihat pada Gambar 2.1.

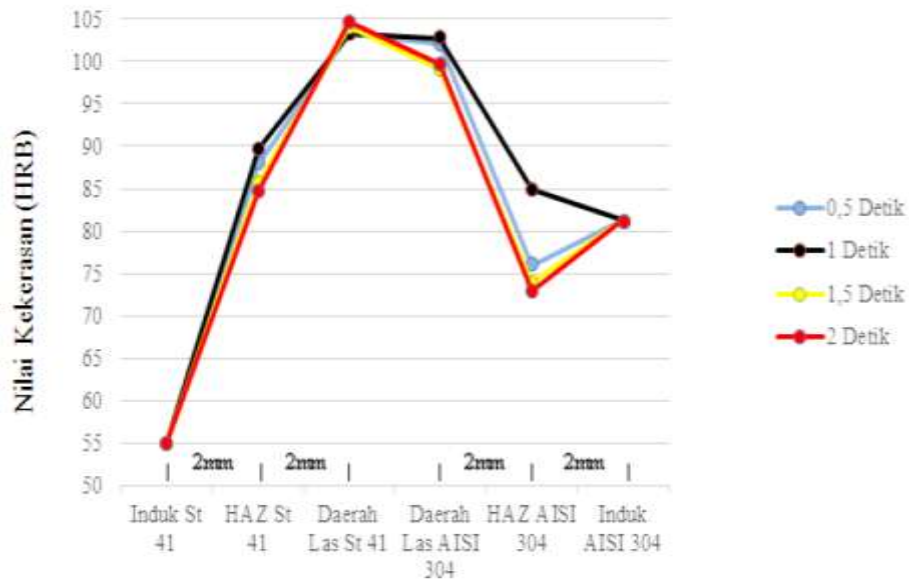


Gambar 2. 1 Nilai kekerasan *vickers* variasi 26 cycle.

(Mustakim, dkk., 2017)

Gambar 2.1 Menunjukkan bahwa hasil penelitian variasi arus dan waktu berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan. Nilai kekerasan paling tinggi terjadi pada variasi waktu 23 cycle dan arus 52 ampere sebesar 237.7 VHN. Nilai rata-rata kekerasan akan semakin meningkat seiring waktu penekanan (*cycle*).

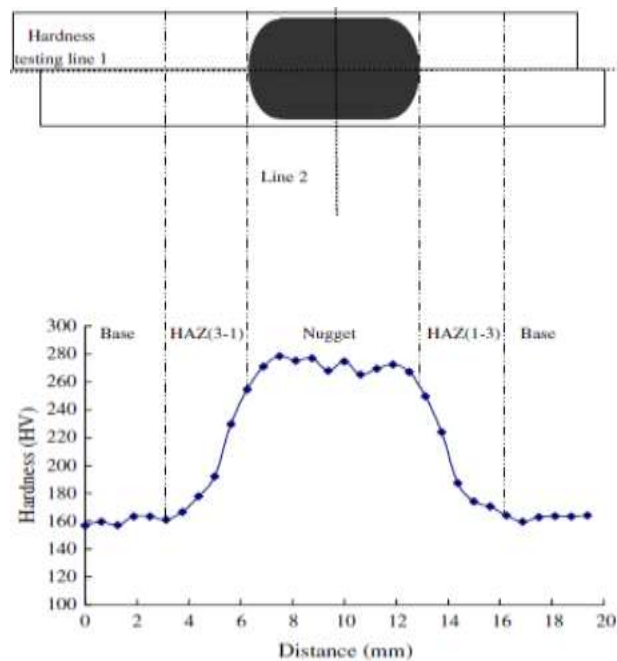
Firmansyah, W., dkk. (2016) melakukan penelitian dengan pengaruh variasi waktu penekanan pengelasan titik terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikro. Dengan variasi waktu pengelasan 0.5, 1, 1.5, dan 2 detik dengan arus optimal pengelasan 1200 ampere. Bahan yang digunakan baja karbon rendah St41 dengan baja tahan karat AISI 304. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengelasan dengan variasi waktu las yang paling optimal adalah variasi waktu pengelasan 1 detik dengan kekuatan tarik sebesar 24.6 ( $\text{kg/mm}^2$ ) dengan patahan berjenis ulet. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan waktu pengelasan tidak signifikan dalam mempengaruhi kekuatan tarik dari sambungan baja karbon rendah St 41 dengan baja tahan karat AISI 304. Penulis juga meneliti nilai kekerasan pada daerah HAZ dan daerah lasan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Hasil pengujian kekerasan baja karbon rendah st 41 dan baja tahan karat AISI 304. (Firmansyah,W., dkk. 2016)

Gambar 2.2 Hasil menunjukkan pengalasan variasi waktu 1,5 detik kekerasan pada daerah HAZ baja tahan karat AISI 304 mengalami pemanasan yang berlebih sehingga membuat butir yang besar dan jarak antara butir lebih jauh pada daerah HAZ menghasilkan kekerasan 74 HRB. Sedangkan pada variasi 2 detik menghasilkan kekerasan 73 HRB. Hal itu se-suai dengan penelitian dari Aravinthan dan Nachimani (2011) yang menyatakan bahwa peningkatan kekerasan antara daerah HAZ dan daerah lasan lebih besar dalam baja karbon rendah dibandingkan dengan baja tahan karat karena konduktivitas panas yang lebih baik dan hambatan listrik yang lebih rendah.

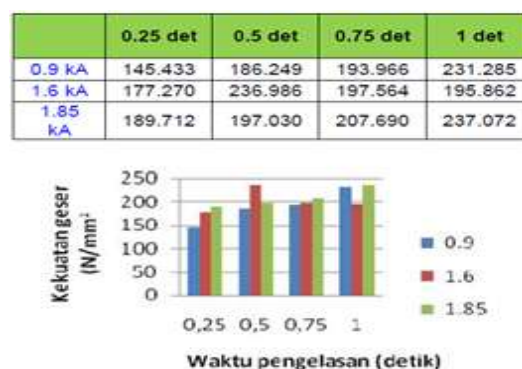
Haikal, & Triyono. (2013) melakukan penelitian pengaruh parameter pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik pada las titik dengan variasi ketebalan plat 1.25 mm digabung dengan ketebalan plat 2.5 mm, variasi kuat arus dalam pengelasan antara 7 sampai 13.5 kA, sedangkan waktu pengelasan 0.2 dan 0.6 s. Bahan penelitian las titik ini menggunakan logam tak sejenis yaitu baja karbon rendah DC01(LCS) dengan AISI 304(ASS). Peneliti menyimpulkan bahwa pengelasan logam sejenis dengan ketebalan yang sama menghasilkan bentuk *nugget* yang simetris. Sedangkan pengelasan logam tak sejenis dengan ketebalan berbeda menghasilkan bentuk *nugget* tidak simetris (*asimetris*). Parameter pengelasan seperti arus listrik, lama waktu pengelasan dan acuan standar pengujian untuk logam sejenis tidak bisa digunakan pada pengelasan logam tak sejenis. Acuan yang digunakan dalam pengelasan logam tak sejenis adalah ukuran diameter *nugget*. Berikut ini hasil uji kekerasan ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Uji kekerasan pada spesimen las titik. (Haikal,&Triyono. 2013)

Gambar 2.3. Pengelasan titik menyebabkan logam mengalami perubahan sifat mekanik salah satunya nilai kekuatan tekan. Logam mengalami perubahan struktur mikro untuk daerah FZ (*Fusion Zone*) dan HAZ (*Heat Affected Zone*) akibat panas yang ditimbulkan oleh aliran listrik. Penelitian pengaruh las titik terhadap kekuatan tekan menunjukkan kekerasan logam antara daerah FZ (*Fusion Zone*), HAZ (*Heat Affected Zone*) dan BM (*BaseMetal*) pada spesimen AISI 304 dengan baja karbon rendah DC 01.

Agustriyana, L. dkk. (2011) melakukan penelitian untuk menyelidiki variabel pengelasan titik agar mendapatkan kekuatan tarik maksimum dengan menggunakan arus pengelasan 0.9, 1.6, dan 1.85 kA dengan waktu pengelasan 0.25, 0.5, 0.75 dan 1 detik. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah AISI 1005 dengan metode pengelasan logam sejenis. Hasil dari penelitian tersebut untuk mengetahui kekuatan geser lasan yang paling tinggi yaitu pengelasan 1 detik dengan arus 1.85 kA memiliki kekuatan tarik paling tinggi 237,04 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan besarnya gaya tarik geser hasil pengelasan pada titik tersebut yang paling besar, dibandingkan diantara beberapa variasi parameter pengelasan yang digunakan yaitu sebesar 2700 N. Sedangkan pada variasi waktu pengelasan pada kuat arus 1.6 kA rata-rata kuatannya meningkat tetapi pada waktu las 0.5 detik menunjukkan kekuatan tarik yang paling besar, ini berarti pada titik tersebut besarnya heat input mampu menghasilkan sambungan yang ditunjukkan oleh ukuran nugget las yang lebih besar sehingga menyebabkan gaya tariknya yang besar pula.



Gambar 2. 4 Hasil uji tarik sambungan las. (Agustriyana, L.dkk. 2011)

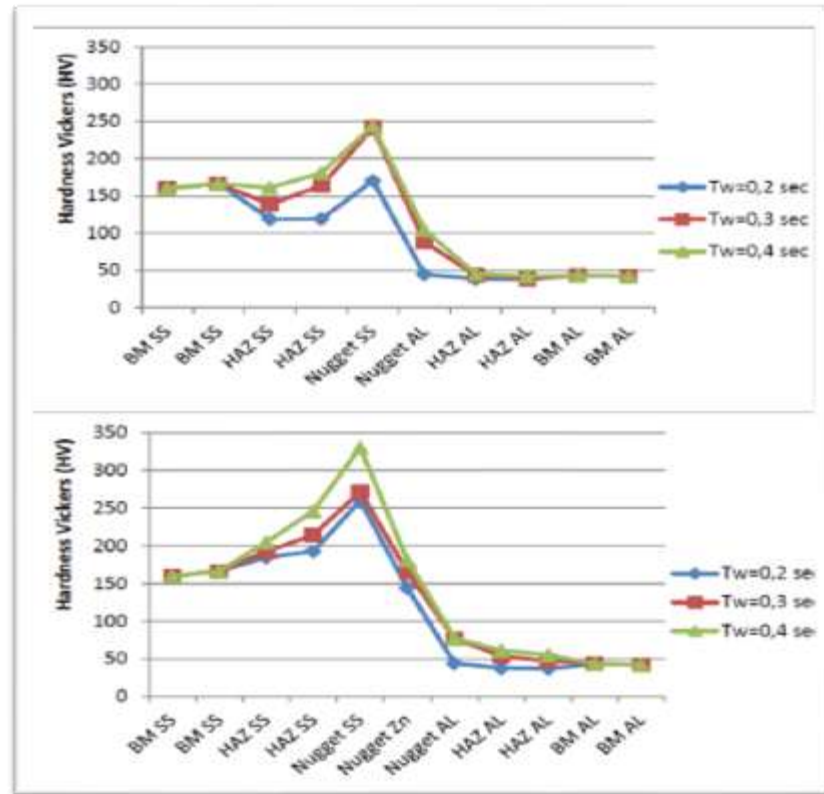
Fachruddin, dkk. (2016) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh arus las titik terhadap kekuatan geser, kekerasan dan struktur mikro pada sambungan logam menggunakan tebal plat 1 mm untuk masing-masing arus 1000 A, 1200 A, 1400 A, 1600 A dengan waktu pengelasan selama 1 detik. Bahan uji yang digunakan adalah baja karbon rendah St 41 dengan *stainless steel* AISI 304. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya arus pengelasan titik maka dihasilkan nilai kekuatan geser dan kekerasan. Pada arus pengelasan 1000 A pengujian kekuatan geser didapatkan nilai sebesar  $76.89 \pm 15.36 \text{ kg/mm}^2$ , arus 1200 A didapatkan nilai kekuatan geser  $60.54 \pm 3.46 \text{ kg/mm}^2$ , arus 1400 A didapatkan nilai kekuatan geser  $57.76 \pm 5.33 \text{ kg/mm}^2$ , dan pada pengelasan 1600 A didapatkan nilai kekuatan geser  $50.89 \pm 3.28 \text{ kg/mm}^2$ . Hasil pengujian kekuatan geser menunjukkan bahwa arus pengelasan 1000 A memiliki kekuatan geser paling tinggi, dengan meningkatnya arus pengelasan didapatkan kekuatan geser semakin rendah.



Gambar 2. 5 Foto makro pengelasan 1200 A (a)Stainless steel AISI 304 (b)Baja karbon rendah St 41. (Fachruddin, dkk. 2016)

Gambar 2.5 Pada spesimen arus pengelasan 1200 A hasil uji geser terjadi rusak sobek pada daerah HAZ kedua material. Hal ini dikarenakan distribusi panas yang diterima oleh kedua material merata, menyebabkan tingkat kekerasan yang relatif sama. Sehingga ketika spesimen diberikan beban tarik maka menyebabkan daerah HAZ dari kedua material mengalami sobek pada kekuatan geser  $57.76 \pm 3.46 \text{ kg/mm}^2$ .

Hendrawan, M. Alfatih, dkk. (2017) melakukan penelitian yang bertujuan mengetahui kekuatan sambungan las titik dengan menggunakan filler maupun tanpa filler. Bahan yang digunakan baja tahan karat tipe ferit seri 430, aluminium seri 6019 dan *filler* (Zn). Dengan variasi waktu 0.2, 0.3, dan 0.4 detik variasi arus 6000 A, 7000 A, 8000 A. Hasil dari penelitian tersebut untuk mengetahui hasil sambungan las tanpa filler kecenderungan sama dimana daerah nugget memiliki kekerasan paling tinggi. Untuk hasil kekerasan paling optimal menggunakan filler pada arus 8000 A dengan waktu pengelasan 0.4 detik memiliki kekuatan sambungan las yang paling optimal sebesar 1235.17 N. Hasil penelitian sesuai dengan persamaan dasar masukan panas (*heat input*) pada las titik yaitu  $Q = I^2.R.t$  dimana kuadrat arus berbanding lurus terhadap masukan panas (*heat input*). Sehingga arus yang besar akan mengakibatkan logam yang mencair dan membentuk *nugget* lebih lebar dan mengakibatkan kekuatan tarik-gesernya juga meningkat. Nilai kekerasan spesimen tanpa menggunakan *filler* maupun menggunakan *filler* pada semua parameter pengelasan di daerah logam induk relatif sama, hal ini dikarenakan pada logam induk tidak terkena input panas sama sekali sehingga nilai kekerasan dianggap konstan. Sedangkan nilai kekerasan pada daerah HAZ dan logam las (*nugget*) cenderung berbeda karena input panas yang diterima setiap spesimen berbeda pula. Tingginya nilai kekerasan pada daerah logam las disebabkan karena pada daerah ini merupakan daerah yang paling besar menerima masukan panas kemudian disusul daerah *HAZ* dan daerah induk logam yang tidak menerima panas sama sekali. Daerah yang menerima panas tinggi dan pendinginan cepat akan mengalami perubahan fasa dan struktur mikro.



Gambar 2. 6 Uji kekerasan dengan bahan baja tahan karat ferit 430 dengan aluminium 6019 tanpa *filler* Zn dan dengan *filler* Zn. (Hendrawan, M. Alfatih. 2017)

Gambar 2.6 Menunjukkan Kekerasan daerah logam las pada spesimen yang menggunakan filler mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada spesimen tanpa filler.

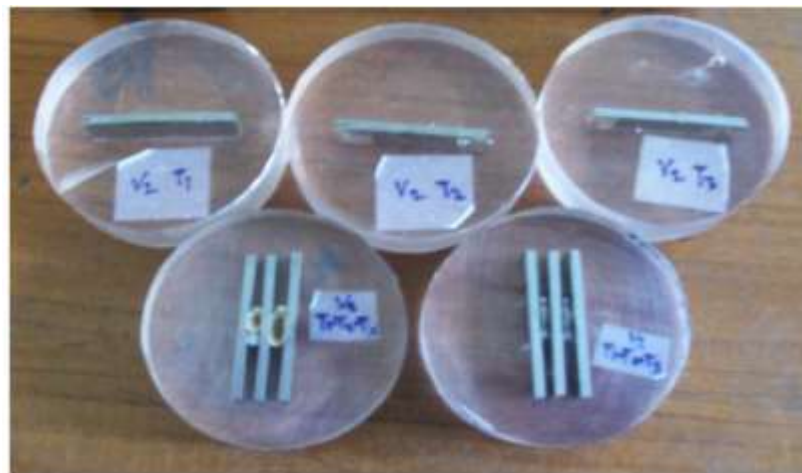
Waluyo, Joko. (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh tebal plat aluminium dan penekanan pada pengelasan titik terhadap sifat fisis, mekanis dan efisiensi panas. Dengan variasi waktu 1, 1.5, dan 2 detik serta tegangan tetap 1.75 V. Bahan yang digunakan baja karbon rendah AISI (ASM) dengan tebal masing-masing 0.6 mm dan 1mm. Hasil dari penelitian kekuatan uji tarik tertinggi pada pengelasan 2 detik sebesar  $2.5 \text{ kg/mm}^2$  dan kekuatan tarik terendah pada penekanan 1 detik sebesar  $1.4 \text{ Kg/mm}^2$  perbedaan yang terjadi kurang lebih 44% sebesar  $1.1 \text{ kg/mm}^2$ . Hal ini disebabkan pada pengelasan penekanan 2 detik hasil pengelasannya lebih baik karena panas yang diberikan pengelasan tersebut lebih besar terbentuk manik-manik las yang sempurna dibandingkan hasil pengujian



dengan penekanan yang lainnya. Untuk pengujian kekerasan *vickers* paling tinggi  $0.09 \text{ kg/mm}^2$  pada pengelasan waktu penekanan 2 detik dengan *heat input* sebesar 91 joule, serta uji kekerasan terendah terjadi pada penekanan 1 detik besarnya  $0.005 \text{ kg/mm}^2$  dengan *heat input* sebesar 45.5 joule. Perbedaan yang terjadi kurang lebih 50% sekitar 45.5 Joule, hal ini dikarenakan waktu penekanan yang lebih lama menyebabkan input yang masuk selama proses pengelasan lebih besar dan pendinginan relative sama sehingga menyebabkan besar butir pada struktur mikro menjadi lebih kecil. Berdasarkan metode Hyen semakin kecil struktur mikro maka kekerasan semakin besar bila dibandingkan dengan besar butir yang besar.

Raharjo, Wahyu P., & Ariawan, Dody. (2005) meneliti tentang pengaruh welding time terhadap struktur mikro dan kekerasan sambungan baja tahan karat feritik dengan metode spot welding. Variasi waktu pengelasan adalah 1, 2 dan 3 detik serta tegangan tetap 1.79 volt. Bahan yang digunakan untuk pengelasan sejenis adalah baja tahan karat AISI 430 dengan tebal 0.8 mm. Daerah logam induk memiliki kekerasan rata-rata 166,2 VHN, logam induk tidak terjadi perubahan nilai kekerasan karena struktur daerah ini tidak terpengaruh oleh masukan panas. Daerah nugget pada waktu pengelasan 1 detik mempunyai kekerasan rata-rata  $340,7 \text{ kg/mm}^2$  kemudian turun pada waktu pengelasan 2 detik dengan tingkat kekerasan rata-rata  $330,5 \text{ kg/mm}^2$  dan meningkat lagi pada waktu pengelasan 3 detik dengan nilai kekerasan sebesar  $356,7 \text{ kg/mm}^2$ . Pada daerah nugget tiap variasi waktu pengelasan mempunyai butir paling besar bila dibandingkan dengan daerah lainnya. Dengan butir yang besar, seharusnya kekerasan nugget lebih rendah dibandingkan daerah lain yang mempunyai butir lebih kecil, tetapi daerah ini ternyata mempunyai nilai kekerasan paling besar. Daerah HAZ semakin meningkat dari waktu pengelasan 1 detik sebesar  $193,1 \text{ kg/mm}^2$ , kemudian waktu pengelasan 2 detik dengan nilai  $204,4 \text{ kg/mm}^2$  dan kekerasan paling tinggi adalah waktu pengelasan 3 detik sebesar  $245,9 \text{ kg/mm}^2$ . Hal ini dikarenakan pada daerah HAZ (*heat affected zone*) yang telah mengalami proses rekristalisasi mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan

daerah logam induk. Hal ini dapat terjadi karena di daerah HAZ banyak terdapat endapan karbida krom ( $Cr_{23}C_6$ ) yang membentuk butir-butir kristal kecil sehingga kekerasannya meningkat (Sinarep, 2003). Sedangkan untuk daerah PMZ (*partial melted zone*) nilai kekerasan paling rendah adalah waktu pengelasan 1 detik sebesar 223,5 kg/mm<sup>2</sup>, kemudian waktu pengelasan 2 detik dengan nilai 238,7 kg/mm<sup>2</sup>, dan paling tinggi adalah waktu pengelasan 3 detik sebesar 225,7 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini dikarenakan pada kekerasan waktu pengelasan 3 detik tiap daerah pengujian mempunyai nilai yang paling tinggi disebabkan masukan panas waktu pengelasan 3 detik paling besar sehingga dengan pendinginan udara yang relatif cepat struktur yang terbentuk juga lebih keras dibandingkan dengan waktu pengelasan 1 dan 2 detik.



Gambar 2. 7 Spesimen uji struktur *micro vickers* (Raharjo, Wahyu P., & Ariawan, Dody. 2005)

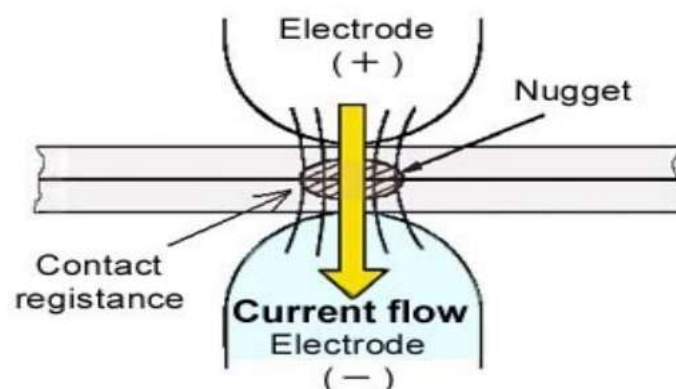
Gambar 2.7 Menunjukkan tentang pengujian struktur makro untuk mengetahui struktur sambungan lasan. Uji struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada base metal, HAZ, PMZ dan nugget. Pengujian dilakukan dengan mikroskop cahaya dengan perbesaran 40X untuk struktur makro dan 200X untuk struktur mikro. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada *nugget*, HAZ, PMZ dan logam induk. Pengujian yang dilakukan dengan *Vickers mikro hardness tester* menggunakan beban 200 gf dengan lama pembebanan 5 detik. Penentuan titik-titik pengujian dilakukan secara acak karena sempitnya daerah lasan.

Beberapa penelitian yang telah 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 ditentukan. Metode *spot welding* ini masih perlu dilakukan pengembangan penelitian lebih lanjut khususnya pada variasi material, variasi penekanan kuat waktu maupun arus, dan perubahan dimensi elektroda supaya didapatkan hasil yang optimal dan bisa diterapkan pada dunia industri.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Lasan Titik

*Spot welding* adalah proses *resistance welding* di mana penyambungan benda kerjanya menggunakan jenis sambungan lap joint dengan las berupa titik. Las berupa titik tersebut dihasilkan dari dua buah elektroda yang saling berlawanan. Ujung elektroda pada *spot welding* memengaruhi ukuran dan bentuk titik las. Bentuk elektroda yang paling sering dijumpai adalah lingkaran. Namun ada pula beberapa bentuk yang dapat digunakan seperti segi enam, segi empat, dll. Material elektroda yang digunakan pada *spot welding* dibagi dalam dua kelompok yaitu: (1) paduan tembaga dan (2) kombinasi logam tahan panas seperti tembaga dengan tungsten.



Gambar 2. 8 Proses *resistance spot welding*.

Sumber : <https://dokumen.tips/documents/pengaruh-variasi-waktu-an-resistance-spot-welding-dengan-metode-shunting-terhadap-marfologi-logam-las.html>

Gambar 2.8 Menunjukkan sekema proses pengelasan *spot welding* dengan spesimen lasan berada di tengah elektroda. Pada saat penekanan elektroda dari kedua ujung yang dialiri arus maka akan terbentuk *weld metal*.

a. Proses Pengelasan *Spot Welding*

Proses pengelasan *spot welding* ini tetap membutuhkan *power supply* las yaitu DN-16-1 AC *point welder* dengan arus AC yang dimulai dari busur. Langkah kerja proses *spot welding* dapat dilihat pada gambar 2.8. Pengelasan *spot welding* dimulai dari busur elektroda yang ditekan dan ditahan dengan kaki. Pada proses pengelasan sebelum dimulai harus mengatur tegangan dan waktu dalam pengelasan. Selama busur pada *spot welding* belum dilepas maka *timer* pengelasan yang akan berfungsi sendiri otomatis selesai. Penyalaan busur pada material yang akan dilas konstan mengalir ke busur sesuai yang ditentukan, sehingga logam akan menyatu dengan tegangan tersebut.

b. Pembentukan Nugget pada *Spot Welding*

Pembentukan *nugget* yang dihasilkan dari pengelasan *spot welding* berasal dari arus las, waktu pengelasan, dan gaya tekan elektroda adalah sebagai parameter terpenting dalam pembentukan *nugget*. Peningkatan diameter *nugget* juga mempengaruhi meningkatnya umur kelelahan pada las titik. Semakin lama waktu pengelasan *spot welding* semakin besar diameter *nugget* yang terbuat, apabila waktu terlalu berlebih dapat menyebabkan cacat pada material baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dan *stainless steel* 430.

### 2.2.2 Parameter Las Titik

Parameter las titik juga dapat diartikan sebagai variabel yang berpengaruh terhadap kondisi hasil kerja las titik. Dalam pengerjaan penelitian terdapat banyak parameter yang mempengaruhi las titik, dari beberapa parameter yang paling berpengaruh untuk mendapatkan pemahaman yang sistematis sebagai berikut:

#### a. Arus Pengelasan

Arus pengelasan bagian parameter paling penting dalam las titik, ukuran diameter *nugget* akan bertambah dengan cepat seiring bertambahnya arus. Tetapi arus yang terlalu tinggi juga mengakibatkan kerusakan pada benda uji. Ukuran arus harus sesuai dengan sifat dari material yang akan di las. Dalam menentukan besar arus harus dinaikan secara perlahan sampai adanya percikan las diantara logam yang akan dilas, hal ini menandakan bahwa arus yang tetap sudah memenuhi untuk pengelasan *spot welding*.

#### b. Waktu Las

Waktu las adalah waktu ketika logam spesimen dijepit kemudian dialiri arus listrik agar temperatur logam naik dan melebur menjadi satu. Panas yang dihasilkan elektroda *spot welding* berbanding lurus dengan waktu las. Untuk pengelasan *spot welding* lamanya berkisar antara 3-50 Hz. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan waktu pengelasan:

1. *Weld time* harus diusahakan sekecil mungkin. *Weld time* yang terlalu lama akan merusak material dan busur elektroda.
2. *Weld time* harus memastikan diameter *nugget* yang cukup besar dalam pengelasan pelat logam yang tipis maupun tebal.
3. *Weld time* harus seminimal mungkin menghindari adanya indentasi pada material akibat penekanan oleh elektroda.

### c. Waktu Tenggang

Waktu tegangan disebut juga *cooling time* adalah waktu dimana arus telah dihentikan tetapi penekanan masih dipertahankan, berfungsi agar *weld nugget* dapat mengeras. Waktu teganggang yang terlalu lama akan menyebabkan panas dari lasan menjalar ke elektroda yang menyebabkan elektroda rentang terhadap aus dan cepat mengalami panas. Waktu tenggang yang terlalu lama dapat menyebabkan material berkarbon tinggi menjadi getas.

### d) Resistansi Kontak

Resistansi kontak pada muka las adalah parameter yang berhubungan dengan material benda kerja, walaupun pengaruhnya tergantung pada kondisi. Resistansi kontak yang tinggi dipengaruhi oleh berbagai kotoran pada permukaan spesimen seperti oksidan, uap air, lemak, minyak, debu, dan lainnya. Pada saat proses pengelasan kotoran ini akan menjadi yang pertama untuk terbakar akibatnya logam kadang menempel pada busur elektroda. Sehingga naiknya temperatur semakin kecil dalam resistansi kontak suatu logam dan sering terjadinya peleburan pengelasan yang tidak sempurna.

### **2.2.3 Heat Input**

Panas yang terjadi pada proses pengelasan sangat berpengaruh terhadap suhu, tegangan, dan distorsi. Panas juga dapat mempengaruhi transformasi fasa sehingga dapat berpengaruh pada sifat mekanik dan fisik pada lasan. Berikut adalah rumus *heat input* pada material untuk proses pengelasan *spot welding* menggunakan rumus :

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

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan: H = Total *Heat Input* (Joule)

R = Resistansi (Ohm)

T = Waktu (s)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

### 2.3 Pengelasan Material Berbeda (*Dissimilar Metal Welding*)

Salah satu teknik pengelasan yang dikembangkan saat ini adalah teknik penyambungan dua jenis logam tidak sejenis atau *dissimilar metal*. Sambungan logam tidak sejenis merupakan penyambungan dua jenis logam yang berbeda sifatnya dengan cara dilas. Penyambungan logam tidak sejenis ini bertujuan meringankan beban pada kendaraan sehingga dapat mengefisienkan pemakaian bahan bakar. Pengelasan logam tidak sejenis dapat lebih rumit dari pada pengelasan logam sejenis karena siklus termal yang dialami masing-masing logam berbeda.(Fachruddin, dkk. 2016). Pengelasan material tidak sejenis ini masih sering menemui kendala yaitu spesimen yang dilas seringkali tidak menmpel 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).Pada penelitian ini material yang akan disambung dalam pengelasan *spot welding* adalah *stainless steel* 430 dengan baja karbon rendah SPHC JIS G3131.

#### 2.3.1 *Stainless Steel Tipe 430*

Baja paduan *stainless steel* 430 merupakan jenis baja tahan karat yang serbaguna paling banyak digunakan dalam perabotan rumah tangga, kapal kendaraan, dan lis arsitektur. *Stainless steel* tipe 430 termasuk jenis SS *ferritic* terbuat dari komposisi kromium (10,5%-29%), molibdenum, aluminium, titanium,

dan sedikit nikel. Ketahanan akan korosi jenis ini memang tidak sekuat austenitic. Akan tetapi, masih lebih baik daripada martensitic. Keunggulan SS ferritic yaitu harganya yang relatif murah. Beberapa tipe seri SS 400 masuk ke dalam kategori ferritic, seperti: seri 405, 409, 430, 434, 439, 444, dan 446. Sifat mekanik dari *stainless steel* 430 adalah tidak termasuk *high strength steel*, kekuatan luluh 275-415 Mpa, ketangguhan terbatas, sifat ductility dan formability baik.

Tabel 2.1 Sifat mekanik *stainless steel* 430

Sumber: <http://tlh.lksteelpipe.com/astm-a511-stainless-steel-tube>

TABLE 2 Chemical Requirements of Ferritic and Martensitic Stainless Steels

Grade	Composition, %											
	Carbon, max	Manganese, max	Phosphorus, max	Sulfur, max	Silicon, max	Nickel	Chromium	Molybdenum	Aluminum	Copper	Nitrogen	Selenium
Martensitic												
MT 403	0.15	1.00	0.040	0.030	0.50	0.50 max	11.5-13.0	0.60 max				
MT 410	0.15	1.00	0.040	0.030	1.00	0.50 max	11.5-13.5					
MT 414	0.15	1.00	0.040	0.030	1.00	1.25-2.50	11.5-13.5					
MT 419Se	0.15	1.25	0.060	0.060	1.00	0.50 max	12.0-14.0					0.10-0.20
MT 431	0.20	1.00	0.040	0.030	1.00	1.25-2.50	15.0-17.0					
MT 440A	0.60 to 0.75	1.00	0.040	0.030	1.00		16.0-18.0	0.75 max				
Ferritic												
MT 405	0.08	1.00	0.040	0.030	1.00	0.50 max	11.5-14.5		0.10-0.30			
MT 429	0.12	1.00	0.040	0.030	1.00	0.50 max	14.0-16.0					
MT 430	0.12	1.00	0.040	0.030	1.00	0.50 max	16.0-18.0					
MT 443	0.20	1.00	0.040	0.030	1.00	0.50 max	18.0-23.0			0.90-1.25		
MT 446-1	0.20	1.50	0.040	0.030	1.00	0.50 max	23.0-30.0				0.25 max	
MT 446-2 <sup>a</sup>	0.12	1.50	0.040	0.030	1.00	0.50 max	23.0-30.0				0.25 max	
29-4	0.010	0.30	0.025	0.020	0.20	0.15 max	28.0-30.0	3.5-4.2		0.15 max	0.020 max	
29-4-2	0.010	0.30	0.025	0.020	0.20	2.0-2.5	28.0-30.0	3.5-4.2		0.15 max	0.020 max <sup>b</sup>	

<sup>a</sup>MT446-2 is a lower carbon version of MT446-1, that has a lower tensile strength but improved ductility and toughness.  
<sup>b</sup>Carbon plus nitrogen = 0.025 max %.

### 2.3.2 Baja Karbon Rendah SPHC JIS G3131

Baja karbon rendah adalah material yang dalam penggunaannya kebanyakan sebagai bahan dari konstruksi umum. Pada umumnya baja ini dipakai sebagai bahan untuk membuat balok, plat untuk gedung-gedung, neraca timbangan, jembatan dan kapal. Kandungan karbon pada baja karbon rendah ini antara 0,05 sampai 0.25 % C sehingga baja karbon rendah ini mempunyai keuletan dan ketangguhan lebih kuat, namun kekerasannya rendah/lunak, tidak tahan aus, dan kemampuan regangnya kurang. Dengan kandungan karbon yang rendah ini menyebabkan struktur yang dimiliki oleh baja karbon rendah didominasi struktur *ferrite* dan *pearlite*.



Baja SPHC JIS G 3131 merupakan baja yang dihasilkan lewat proses *hot rolled* dengan kualitas komersil. Baja SPHC JIS G 3131 sering digunakan dalam industri terutama pembuatan pipa dan tabung. Selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi termasuk pelat kapal dan pelat kontainer. Pada beberapa industri otomotif juga menggunakan baja ini seperti pembuatan suku cadang. Adapun sifat mekanik baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 untuk *tensile strength* 270 N/mm<sup>2</sup> dan *elongation* 27%.

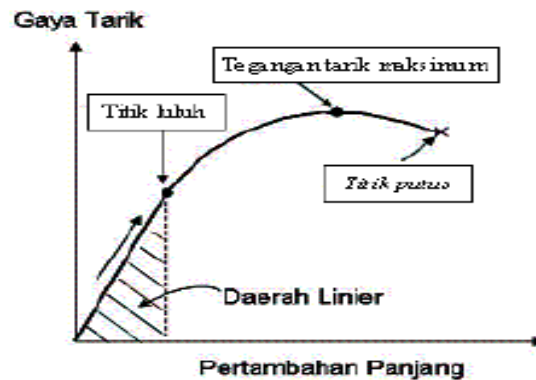
Tabel 2.2 Sifat mekanik baja karbon rendah SPHC JIS G3131  
 Sumber : <https://www.materialgrades.com/jis-g-3131-commercial-hot-rolled-sphc-steels-24.html>

<i>Mechanical properties</i>	<i>Value</i>
<i>Tensile strength</i>	270 N/mm <sup>2</sup>
<i>Elongation</i>	27 %

## 2.4 Proses Pengujian

### 2.4.1 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.



Gambar 2.9 Grafik pengujian tarik berupa kurva gaya perpanjangan  
 Sumber : <http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-ujitarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>

Gambar 2.9 Menunjukkan ada tiga parameter yang dapat dilihat yaitu titik luluh, tegangan maksimum dan titik putus. Titik luluh merupakan titik dimana material mengalami perubahan fase dari perilaku elastis ke awal perilaku plastis. Tegangan maksimum merupakan tegangan batas tegangan atau kekuatan material yang mampu ditahan sebelum mengalami patah. Titik putus merupakan titik dimana material uji mengalami perpatahan atau putus. Adapun untuk tegangan geser sendiri dapat dihitung dengan membagi nilai beban yang didapat dengan luas penampang, dimana pada penelitian ini luas penampangnya berupa lingkaran (*nugget*) yang terbentuk dari pengelasan. Untuk mencari nilai tegangan geser dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan:

$\tau$  = Tegangan Geser (N/mm<sup>2</sup>)

P = Kapasitas Beban Tarik (N)

A = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

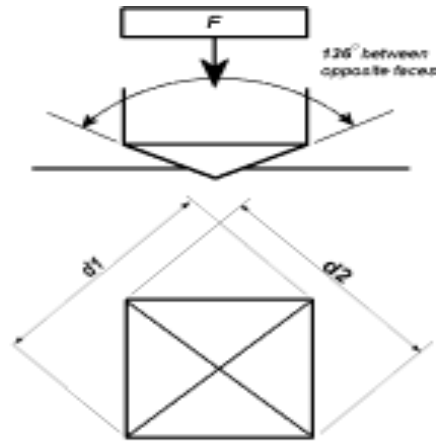
#### 2.4.2 Pengujian Struktur Mikro dan Makro

Pengujian struktur mikro dan makro dilakukan untuk melihat kumpulan struktur dari spesimen yang akan diuji, sehingga dapat mengetahui sifat karakteristik material. Pada bagian pengujian struktur makro dilakukan menggunakan mikroskop dan spesimen diamati dengan perbesaran 50x,

sedangkan pengujian struktur mikro menggunakan perbesaran 100x. Langkah yang dilakukan sebelum pengujian adalah memotong benda uji pada bagian titik lasan, selanjutnya spesimen diletakan pada cetakan untuk melakukan proses peresinan, melakukan proses pengamplasan secara perlahan dari yang kasar menuju halus, kemudian poles dengan autosol dan melakukan proses pemberian cairan etsa di etsa menggunakan takaran alat suntik 3 ml dengan larutan HCl 0.5 ml untuk baja karbon rendah SPHC JIS G 3131 dan larutan HNO<sub>3</sub> + HCl 1 ml untuk stainless steel 430. Pengambilan foto mikro dilakukan pada daerah logam induk *stainless steel*, HAZ *stainless steel*, *weld metal*, HAZ baja karbon rendah, dan logam induk baja karbon rendah pada permukaan material agar spesimen dapat dengan mudah di amati strukturnya.

#### **2.4.3 Pengujian Kekerasan *Vickers***

Pengujian kekerasan *vickers* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material yang mampu menerima beban penekanan (penetrasi). Dalam pengujian ini digunakan indentor berlian piramida dengan sudut 136°, nilai kekerasan rendah 5 HV untuk logam lunak, nilai kekerasan tinggi sekitar 1500 HV pada bagian logam keras. Selanjutnya proses pengujian *vickers* untuk mengatur beban yang diberikan dengan bahan uji *stainless steel* dan baja karbon rendah sekitar 200 gram dan waktu yang digunakan dalam pembebanan 5 detik. Untuk pengujian awal kekerasan *vickers* melakukan pencarian *zero point* untuk mengetahui posisi titik tengah pada spesimen material, kemudian melakukan proses pencarian 12 titik pada bagian logam induk *stainless steel* terdapat 2 titik, HAZ *stainless steel* 2 titik, logam induk baja karbon rendah terdapat 2 titik, HAZ baja karbon rendah 2 titik, dan 4 titik pada bagian *weld metal*.



Gambar 2.10 Pengujian kekerasan *vickers* dan bentuk indenter  
 Sumber : <https://www.mealabs-alatukur.com/2016/12/metodepengujian-vickers.html>

$$HV = \frac{2 P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1,584 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

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  $136^\circ$