

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penyambungan material dengan menggunakan metode RSW telah banyak dilakukan, baik itu penyambungan material sejenis maupun tak sejenis. Ada berbagai parameter yang telah diteliti sebelumnya, telah ada yang meneliti tentang material las, variasi arus pengelasan, waktu penekanan, dan lain sebagainya. penyambungan dengan metode RSW ada beberapa yang melakukannya diantaranya adalah Baskoro (2015) yang meneliti Pengaruh Waktu Dan Kuat Arus pada Pengelasan Resistance Spot Welding Terhadap Tegangan Tarik Geser menggunakan material aluminium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas beban dan kekuatan geser pada aluminium menggunakan spot welding. Hasil yang didapat pada penelitian ini adalah Pada pengelasan aluminium A 1100 dengan ketebalan 0,4 mm, dengan menggunakan mesin las 220 volt 1 fasa. Dengan parameter pengelasan HT (holding time) 10 detik CT (waktu siklus) 1,0 I (arus) 2 kA menghasilkan kemampuan beban maksimum yang paling optimal dengan nilai rata-rata beban maksimum sebesar 114,87 N, nilai ini mengalami kenaikan yang cukup besar jika dibandingkan dengan parameter proses pengelasan sebelumnya 86,40 N pada parameter HT 10 detik CT 1,5 I (arus) 1 kA dan 83,05 N dengan parameter pengelasan HT 10 detik CT 0,5 I (arus) 2 kA.

Waluyo J (2013) meneliti sifat fisis, mekanis, dan efisiensi panas yang dilakukan pada pengelasan Aluminium dengan metode RSW. Parameter pengujian yang dilakukan adalah variasi tebal plat dan waktu penekanan.. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kekerasan (vikers), uji tarik, serta perhitungan efisiensi panas. Dalam penelitian ini menggunakan mesin las jenis PDN 10-10 dengan material yang digunakan plat aluminium dengan ketebalan 0,8 mm, 1 mm, dan 1,2 mm dengan metode sambungan lap joint. Arus yang digunakan yaitu 26 A dan voltase output 1,75 V dan waktu penekanan sebesar 1

detik, 1,5 detik dan 2 detik. Hasil yang didapat bahan 0,8 mm, 1 mm, dan 1,2 mm adalah aluminium murni pada daerah las kekerasan tertinggi sebesar 34,5 HV kekerasan terendah sebesar 27,2 HV dan kekuatan tarik tertinggi sebesar 370,35 N dan kekuatan tarik terendah sebesar 240,55 N. Heat input terbesar dan terkecil sebesar 0,086 joule dan 0,043 joule. Volume manik-manik terbesar 0,03 cm³ dan terendah sebesar 0,013 cm³. Besarnya energi panas terbesar adalah 0,024 Btu dan terendah 0,0106 Btu. Efisiensi panas terbesar adalah 30% dan terendah 15% serta panas yang diserap logam selama pemanasan terbesar 85% dan terendah 70%.

Valco (2016) meneliti pengaruh parameter pengelasan spot welding terhadap kekuatan geser pada aluminium. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter las (waktu 0,5 detik, 1 detik, 1,5 detik, 2 detik, 2,5 detik dan tegangan 1,60 V, 1,79 V, 2,02 V, 2,30 V) terhadap proses pengelasan titik. Mengetahui kekuatan geser terhadap sambungan hasil pengelasan titik dan mengetahui kondisi waktu dan tegangan yang paling optimal pada proses pengelasan titik Pada penelitian ini menggunakan material aluminium ketebalan 1 mm mesin spot welding yang digunakan adalah proline tipe PDN-16-1 dengan sambungan tumpang dengan variasi parameter waktu 0,5 detik; 1 detik 1,5 detik, 2 detik, 2,5 detik Sedangkan variasi tegangan 1,60, 1,79, 2,02, 2,30 V Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik-geser. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi waktu pengelasan dengan tegangan berpengaruh terhadap kekuatan tegangan geser. Adapun Kapasitas beban tarik tertinggi berada pada waktu 2,5 detik dengan tegangan arus 2,30 V yaitu sebesar 392,4 N dan kekuatan gesernya adalah 14,194 N/mm². sedangkan kapasitas beban tarik terendah berada pada waktu 0,5 detik dengan tegangan 1,60 V yaitu sebesar 220,725 N dan kekuatan gesernya sebesar 3,471 N/mm².

Sementara proses pengelasan dengan menggunakan metode STW pernah dilakukan oleh Faozi (2015), meneliti tentang pengaruh variasi parameter arus listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las *spot TIG* material tak sejenis baja SS400 dan paduan aluminium AA5083 dengan tebal masing-masing 1,2 mm dan 2,5 mm. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 70A, 80A, 90A, 100A, dan variasi waktu penekanannya 6 detik, 7 detik, 8

detik. Setelah dilakukan pengujian hasil lasan, didapat nilai *Tensile Load Bearing Capacity* (TLBC) rata-rata tertinggi sebesar 869,19 N yaitu pada pengelasan dengan parameter arus 100 A, dan waktu penekanan 8 detik. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada arus 70 A dan waktu pengelasan 6 detik yaitu sebesar 241,30 HV pada daerah *weld metal* baja SS400. Sedangkan struktur mikro menunjukkan pembesaran ukuran butir pada daerah HAZ baja SS400 dan aluminium AA5083 seiring dengan meningkatnya arus dan waktu pengelasan.

Abbass (2016) meneliti pengaruh parameter arus, waktu pengelasan dan tebal plat terhadap gaya geser maksimum dan diameter *nugget*. Bahan yang diteliti adalah baja AISI 304L dengan variasi ketebalan 0,6 mm, 0,8 mm, dan 1 mm, sedangkan variasi waktu yang digunakan yaitu 2 detik, 4 detik dan 6 detik. Variasi arus yang dipakai pada penelitian ini adalah 125, 150 dan 175 Ampere. Metode pengujian yang dipakai adalah metode taguchi dengan *array orthogonal L27* dan hasil menunjukkan bahwa gaya geser maksimal akan meningkat seiring meningkatnya arus dan waktu penekanan, kemudian akan turun lagi pada arus yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama. Nilai gaya geser terbesar yang diperoleh yaitu 14000 N pada variasi ketebalan 1 mm serta arus 175 A dan waktu penekanan 6 detik.

Aji (2015) melakukan penelitian pada sambungan material tidak sejenis antara baja SS400 dengan paduan Aluminium 5083 pengelasan spot TIG dengan memvariasikan kuat arus dan gas pelindung untuk mencari tahu pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanik. Kuat arus yang digunakan sebesar 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A, dan gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, gas campuran antara argon 95% dengan CO₂ 5% dan gas campuran antara argon 95% – CO₂ 10% sedangkan waktu pengelasannya konstan selama 6 detik. Hasil menunjukkan bahwa kenaikan kuat arus dan kandungan CO₂ pada gas pelindung akan menyebabkan kenaikan pada (TLBC) *tensile shear load bearing capacity*, dimana nilai peak load (beban tertinggi) pada penggunaan gas pelindung argon untuk variasi kuat arus 70 A : 80 A ; 90 A ; dan 100 A adalah 86,7 N ; 222,59 N, ; 344,88 N dan ; 512,88 N. Selanjutnya Pada gas pelindung campuran (95% argon dengan 5% CO₂) didapatkan nilai untuk kuat arus 70 A ; 80 A ; 90 A ; dan 100 A

adalah sebesar 123,42 N ; 256,9 N ; 396,34 N dan 553,42 N. Sedangkan pada gas pelindung campuran (95% argon dengan 10% CO₂) memiliki nilai yang lebih besar, untuk kuat arus 70 A dengan nilai sebesar 158,01 N, 80 A sebesar 323,60 N, 90 A sebesar 475,30 N dan 100 A sebesar 608,22 N. Hasil dari uji kekerasan menunjukkan bahwa pada semua variasi jenis gas pelindung menunjukkan bahwa kekerasan pada daerah HAZ dan weldmetal cenderung menurun seiring dengan peningkatan kuat arus las dan penggunaan jenis gas argon memiliki nilai kekerasan terbaik. Pada hasil uji mikro didapati bahwa kenaikan kuat arus dan kandungan CO₂ akan mengakibatkan sambungan las pada weldmetal didominasi oleh struktur grain boundary ferrit (GF) dan ferrit side plate (FSP) dan acicular ferrit (AF) akan semakin sedikit.

Dika (2019) meneliti pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan geser, kekerasan, serta struktur mikro sambungan spot TIG welding antara baja karbon rendah dan aluminium. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah plat baja karbon rendah dan aluminium 1100 dengan ketebalan masing-masing plat 0,8 mm. Tiap bahan plat dipotong dengan ukuran panjang 10 cm dan lebar 3 cm yang kemudian disambung secara tumpang dengan posisi material baja karbon rendah dibagian atas. Proses pengelasan menggunakan waktu penekanan 5 detik. Parameter arus pengelasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 100 A, 110 A, 120 A dan 130 A. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian metalografi, pengujian kekerasan dan pengujian tarik. Hasil penelitian yang dilakukan pada weld metal baja karbon rendah terjadi perubahan struktur menjadi lebih kasar dan pada weld metal aluminium menunjukkan terbentuknya struktur *columnar dendritic* dan *equiaxed dendritic*. Nilai kekerasan tertinggi daerah sambungan las terdapat pada variasi arus 120 A sebesar 208 HV yaitu pada bagian weld metal baja karbon rendah. Sedangkan nilai rata-rata kekuatan geser tertinggi terdapat pada variasi arus pengelasan 100 A sebesar 37,65 N/mm².

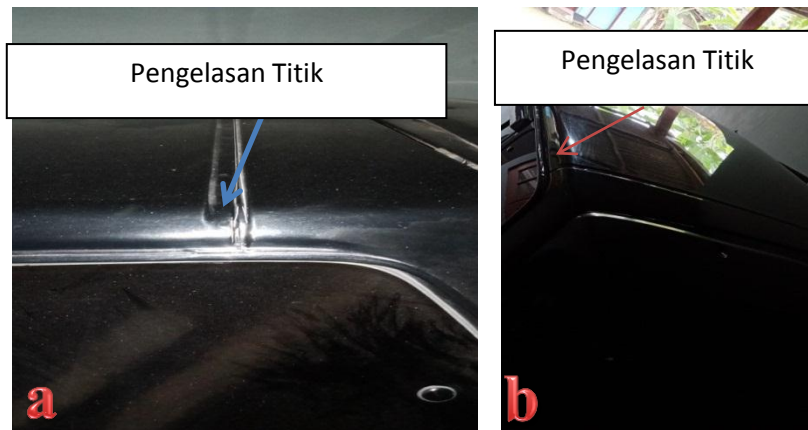
2.2. Dasar Teori

Pengelasan adalah proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat adanya energi panas. Berdasarkan definisi dari DIN (*Deutch Industrie Normen*) las merupakan ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair (Harsono, 1991).

Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam industri sangat luas yaitu meliputi perkapalan, kendaraan bermotor, pipa saluran dan sebagainya. selain digunakan untuk proses produksi (manufacturing) proses las juga dapat dipergunakan untuk memperbaiki sebagai contoh untuk mengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan, dan mempertebal bagian-bagian yang telah aus. Penggunaan proses pengelasan bukan tujuan utama dari proses konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Oleh karena itu perencanaan dan cara pada proses pengelasan perlu benar-benar diperhatikan untuk melihat kesesuaian antara sifat las dengan kegunaan konstruksinya. (Dewantoro, 2011)

2.2.1. *Resistance spot welding* (RSW)

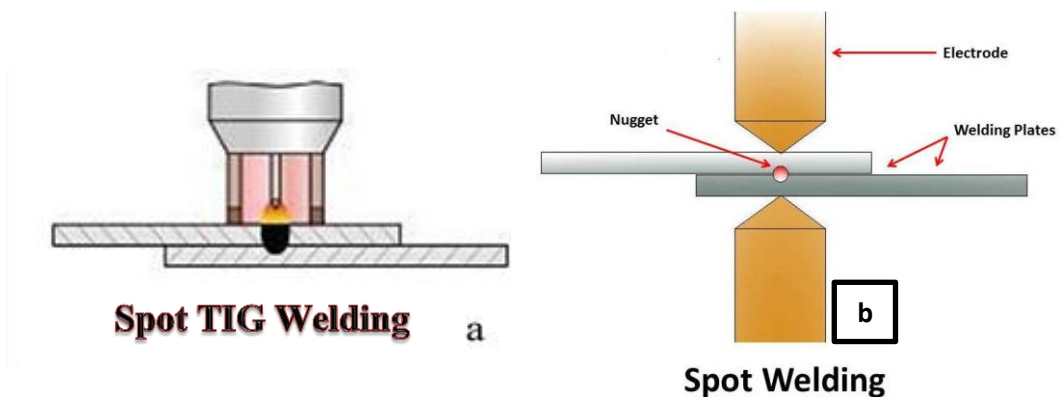
Las titik merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara menjepit kedua permukaan plat yang akan di sambung satu dengan yang lainnya. Pengelasan las jenis titik ini dapat di kategorikan sebagai suatu cara pengelasan yang lebih cepat, dibandingkan pada jenis pengelasan yang lain. Disamping itu juga las titik tidak menghasilkan terak pada hasil yang dilas. Pengaplikasian untuk jenis las titik ini digunakan pada bodi kendaraan khususnya pada bagian atap mobil, dan bagian bagian panel panel seperti pintu mobil.



Gambar 2.1 Penggunaan las titik pada bodi kendaraan (a) `pengelasan RSW pada bagian belakang atap mobil (b) pengelasan RSW pada bagian kiri atap mobil (Karmiadji, 2018)

2.2.2 Spot TIG welding (STW)

STW merupakan modifikasi dari proses pengelasan TIG biasa. Metode pengelasan titik ini diharapkan dapat menyambung lembaran logam hanya dari salah satu sisi material induknya saja, berbeda dengan pengelasan resistance spot welding (RSW) yang membutuhkan akses dari kedua sisi material induk yang akan dilas, sehingga pengelasan dengan metode ini lebih mudah pengoprasiannya. Adapun perbedaan prinsip antara RSW dan STW dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Prinsip pengelasan (a) *spot TIG welding* (b) *resistance spot welding* (Mech4study, 2017)



Pengelasan ini menggunakan gas argon yang berfungsi untuk memastikan saat proses pengelasan berlangsung, bagian yang akan disambung tidak

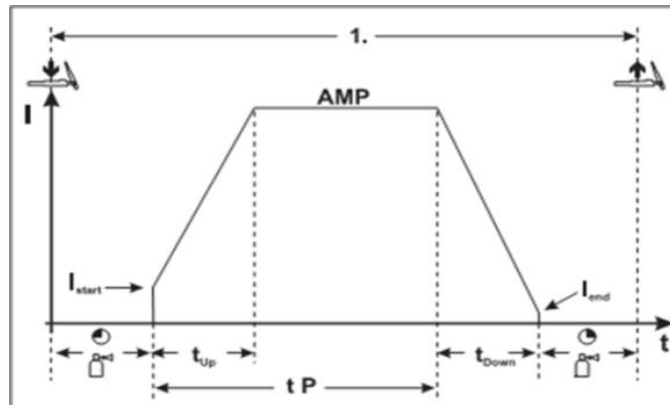
terkontaminasi dengan udara sekitar dengan tekanan manual dari *gun* las *spot TIG*.

a. Proses *spot TIG welding*

Proses pengelasan spot TIG ini tetap membutuhkan *power supply* listrik. Langkah kerja proses pengelasan *spot TIG* ini dapat dilihat pada Gambar 2.2. Proses pengelasan *spot TIG* ini dimulai ditunjukkan pada angka (1). Proses pengelasan sedang berlangsung, Selama pelatuk pada *spot gun* belum dilepas proses pengelasan juga belum selesai. Gas pelindung (argon) akan mengalir tepat sebelum pengelasan dimulai. proses berikutnya adalah penyalaan busur api pada material yang akan dilas karena adanya lompatan pengapian *high frequency* (HF) maka material tersebut meleleh dan membuat material tersebut tersambung dengan material yang lain. Sedangkan arus pengelasan secara konstan mengalir sesuai nilai arus pengapian (*I_{start}*) yang telah ditentukan. proses pengelasan akan berakhir dengan sendirinya karena waktu yang telah di set pada awal sebelum melakukan proses pengelasan di mesin las TIG (*I_{end}*).

Tabel 2.1 pengertian simbol pada gambar 2.3 (proses pengoperasian mesin pengelasan Spot TIG. (Faozi, 2015)

Simbol	Deskripsi
	Pelatuk <i>spotgun</i> ditahan selama proses pengelasan seperti angka 1 pada gambar 2.2
	Keluarnya gas pelindung sebelum dan sesudah proses penyambungan dimana bunga api melompat dari elektroda ke material dalam beberapa saat.
I_{start}	Waktu pada saat arus pengelasan mulai mengalir.
I_{end}	Waktu pada saat arus pengelasan berakhir.
t_{up}	Proses mulai terjadinya lompatan busur api pengelasan.
t_{down}	Proses berakhirnya lompatan busur api pengelasan.
t_P	Waktu lamanya busur api menyala untuk proses penyambungan.
t	Waktu proses pengelasan sesuai dengan waktu yang distel pada mesin



Gambar 2.3 Proses langkah kerja pengelasan *spot TIG*(Faozi,2015)

b. Pengaturan spot TIG welding

Sama halnya dengan proses pengelasan yang lain, pengelasan spot TIG ini juga memiliki beberapa pengaturan yang harus dilakukan diantaranya meliputi pengaturan arus, waktu penekanan dan laju aliran gas pelindung. Untuk mendapatkan penetrasi dan hasil lasan yang diinginkan, arus dan waktu penekanan diatur sesuai variasi yang akan digunakan. Semakin tinggi arus yang digunakan maka waktu yang dibutuhkan semakin sedikit, begitu pula sebaliknya. Sedangkan gas pelindung pada spot TIG ini berfungsi untuk mencegah lasan terkontaminasi udara luar saat proses pengelasan berlangsung.

c. Pembentukan nugget pada spot TIG welding

Nugget (hasil las) yang dihasilkan pada pengelasan spot TIG ini disebabkan oleh loncatan arus listrik dari elektroda tungsten. Panas yang dikeluarkan melalui spot gun melewati lembaran material pada bagian atas permukaan plat lalu material pada bagian bawahnya melebur ke atas plat materialnya. Permukaan nugget pada pengelasan memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan resistance spot welding, karena hasil las yang dihasilkan dilindungi oleh gas argon. Permukaan hasil percobaan spot TIG welding ditunjukkan oleh Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Permukaan nugget dengan Spot TIG welding material AL

2.2.3. Parameter pengelasan

Terdapat beberapa parameter pengelasan yang dapat memengaruhi hasil sambungan lasan spot TIG welding ini diantaranya arus pengelasan, holding time (waktu penekanan), dan gas pelindung.

a. Arus pengelasan

Besar arus yang digunakan pada pengelasan spot TIG ini, berhubungan dengan masukan panas (heat input) yang digunakan untuk mencairkan material yang akan dilas. Hal ini pula yang dapat mempengaruhi karakteristik lasan yang dihasilkan diantaranya kekerasan dan kekuatan geser. Arifin (1997) menyatakan apabila arus pengelasan yang digunakan terlalu rendah, maka panas yang dihasilkan tidak cukup untuk melelehkan material, sehingga menghasilkan daerah logam las yang kecil serta penembusan kurang dalam, sebaliknya bila arus pengelasan terlalu tinggi maka pencairan logam induk terlalu cepat dan menghasilkan daerah logam 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 TIG ini juga merupakan parameter penentu masukan panas yang digunakan untuk mencairkan material induk yang akan dilas. Holding time yang singkat akan menurunkan kekuatan tarik sambungan, hal ini dikarenakan nugget yang dihasilkan kecil dan pengelasan belum sempurna. Maka penentuan waktu penekanan ini harus tepat, sehingga dapat menghasilkan sambungan dengan kekuatan tarik yang baik.

c. Gas pelindung

Fungsi gas pelindung pada pengelasan spot TIG ini adalah untuk melindungi busur listrik dan material las dari kontaminasi udara luar. Gas pelindung yang digunakan adalah gas mulia jenis argon, gas ini dipilih karena memiliki sifat yang tidak mudah bereaksi dengan unsur lain. Ada beberapa kelebihan mengapa gas argon ini sering digunakan, diantaranya adalah:

- Penyalan busur lebih mudah, lebih tenang dan halus
- Tegangan busur yang dibutuhkan lebih rendah bila dibandingkan dengan gas pelindung lain.

Jika dibandingkan dengan gas pelindung lain semisal helium, gas argon ini masih memiliki kemampuan perlindungan yang lebih tetapi penembusannya dangkal. Meningkatkan volume aliran gas merupakan salah satu solusi yang bisa dilakukan untuk bisa memperdalam penembusan.

d. Tungsten

Salah satu hal terpenting dalam proses pengelasan adalah elektroda. Elektroda tungsten adalah elektroda tidak terumpan (*non consumable electrode*) yang berfungsi sebagai pencipta busur nyala yang digunakan untuk mencairkan benda yang akan disambung menjadi satu kesatuan sambungan. Elektroda ini tidak berfungsi sebagai logam pengisi sambungan sebagaimana yang digunakan pada pengelasan TIG. Ada beberapa jenis tipe elektroda tungsten yang biasa dipakai dalam pengelasan seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 2.2 Tipe elektroda tungsten (Cary,1993:76)

Klasifikasi	Perkiraan komposisi	Kode warna
AWS		
EWP	Tungsten murni	Hijau
EWCe-2	97,3% tungsten, 2% cerium oksida	Orange
EWLt-1	98,3% tungsten, 1% lathanum oksida	Hitam
EWTh-1	98,3% tungsten, 1% thorium oksida	Kuning
EWTh-2	97,3% tungsten, 2% thorium oksida	Merah
EWZr-1	99,1% tungsten, 0,25% zirconium oksida	Coklat

Tabel diatas disusun berdasarkan standar klasifikasi AWS dimana kode:

E : Elektroda

W : Wolfram (Tungsten)

P : Tungsten Murni

G : Umum dimana komposisi tambahan biasa tidak disebut

Ce-2, La-2, Th=2 dan Zr-1 : masing-masing adalah komposisi tambahan pada tabel diatas. Elektroda tungsten murni biasa digunakan untuk pengelasan AC pada pengelasan alumunium maupun magnesium. Elektroda tungsten thorium digunakan untuk pengelasan DC. Elektroda tungsten zirchonium digunakan untuk AC-HF argon dan AC Balanced Wave Argon. Elektroda tungsten memiliki berbagai macam ukuran diameter dan panjang. Untuk ukuran diameter dimulai dari ukuran 0,25 mm hingga 6,35 mm. Untuk panjang disediakan dari ukuran 76,2 mm sampai dengan 609,6 mm. (Whidarto, 2006)

Elektroda tungsten diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya. Persyaratan tentang elektroda tungsten tertera dalam standar AWS A5.12 (*Spesification for Tungsten and Tungsten Alloy Electrodes for Arc Welding and Cutting*)

Pengertian elektroda menurut jenis klasifikasi AWS :

1. Elektroda kelas E.W.P

Elektroda tungsten murni (99,5%) atau lazim disebut EWP hampir tidak mengandung elemen lain yang dicampurkan secara sengaja. Kapasitas mengandung elektroda tungsten murni lebih rendah dibandingkan dengan elektroda paduan tungsten. Elektroda paduan tungsten murni digunakan khusus untuk pengelasan paduan aluminium dan paduan magnesium. Ujung elektroda EWP yang tetap dalam bentuk bundar memproduksi busur yang stabil. Elektroda ini juga dapat menggunakan DC namun tidak memiliki sifat elektroda thoriated, ceriated, atau lanthanated yang dapat mengawali nyala dan busur yang stabil.

2. Elektroda Kelas E.W.T.h

Sifat thermionik emision dari bahan tungsten dapat ditingkatkan dengan memadukannya dengan oksida yang memiliki fungsi kerja sangat rendah.

Terdapat dua jenis elektroda tungsten thoriated yakni EWTh-1 dan EWTh-2, yang masing-masing mengandung oksida thorium (ThO_2 = thoria) 1% dan 2%. Jenis elektroda ini lebih baik daripada elektroda tungsten murni jika ditinjau dari beberapa aspek. Elektroda thoria mampu menampung arus las 20% lebih banyak, usianya lebih panjang, dan lebih tahan terhadap kontaminasi las. Dengan menggunakan elektroda jenis ini, penyalaan awal busur lebih mudah serta nyala busur lebih stabil.

3. Elektroda kelas E.W.Ce

Elektroda ini dikembangkan sebagai pengganti elektrodathoriated, karena serium bukan merupakan metal yang mengandung radioaktif. EWCe-2 adalah elektroda tungsten yang mengandung 2% oksida cerium (CeO_2). Keunggulan ini dapat meningkatkan penetrasi. EWCe-2 dapat dipakai menggunakan arus AC maupun DC.

4. Elektroda kelas E.W.La

Elektroda lathanum diciptakan bersamaan dengan elektroda cerium. Lathanum bukan radioaktif, elektroda ini mengandung lathanum (La_2O_3) sebanyak 1% dan dikenal sebagai latana. Sifat dan keuntungannya sama dengan elektroda cerium.

5. Elektroda kelas E.W.Zr

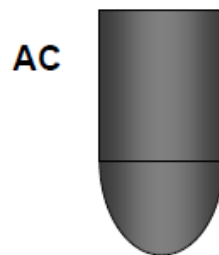
Elektroda zirconiased tungsten mengandung sedikit zirconium oxide (ZrO_2) dan memiliki sifat diantara tungsten thoriated. Elektroda ini merupakan pilihan untuk pengelasan dengan AC karena dapat menggabungkan sifat stabilitas busur dan bentuk ujung elektroda yang bulat serta kemampuan seperti elektroda thoriated seperti kemudahan mengawali nyala dan kapasitas kuat arusnya.

6. Elektroda kelas E.W.G

Elektroda ini didesain untuk mengisi kekurangan elektroda lainnya. Elektroda kelas EWG mengandung oksida yang tidak terspesifikasi atau gabungan oksida seperti tanah langka dalam jumlah yang tidak tertentu. Maksud pencampuran dengan oksida agar mempengaruhi sifat busur sebagaimana ditentukan oleh pabrik pembuat (Whidarto, 2006)

e. Bentuk ujung elektroda

Ujung berbentuk bola digunakan untuk tungsten murni dan zirconiater tungsten untuk pengelasan dengan arus AC. Bentuk serong dengan sudut tertetu dan kadang-kadang sedikit terpankask merupakan konfigurasi ujung elektroda thoriater, ceriater dan lanthanater untuk digunakan dalam pengelasan arus DC.



Gambar 2.5 Bentuk ujung elektroda (AWS A5.12 tungsten alloy electrodes for arc welding)

Ujung elektroda tungsten dapat membentuk bola, diruncingkan secara kimiawi. Secara umum bentuk ujung elektroda yang tersedia dipasar adalah konis. Bentuk ini kemungkinanakan diubah sesuai dengan kebutuhan dengan cara menggerinda atau dengan cara lain yang dapat lebih baik (Widharto, 2006)

2.2.4 Alumunium

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Kebanyakan alumunium digunakan untuk peralatan rumah tangga, tetapi alumunium juga digunakan sebagai material untuk pembuatan pesawat terbang, mobil, kapal laut dan kontruksi. Penambahan unsur Cu, Mg, Si, Mn, Zn, atau SI dalam paduan alumunium ditujukan untuk menambah sifat mekanik atau fisik sehingga didapat sifat-sifat yang lain, seperti koefisien pemuaian rendah, ketahanan aus dan lain sebagainya (Kaufman, 2000).

Sumber unsur ini tidak terdapat bebas, bijih utamanya adalah Bauksit. Penggunaan Aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, ampelas dan permata sintesis (Surdia dan Saito, 1992).

Secara umum Aluminium dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu aluminium murni dan paduan. :

1. Aluminium Murni

Aluminium 99% tanpa tambahan logam paduan apapun dan dicetak dalam keadaan biasa, hanya memiliki kekuatan tensil sebesar 90 MPa, terlalu lunak untuk penggunaan yang luas sehingga seringkali aluminium dipadukan dengan logam lain.

2. Aluminium Paduan

Elemen paduan yang umum digunakan pada aluminium adalah silikon, magnesium, tembaga, seng, mangan, dan juga lithium sebelum tahun 1970. Secara umum, penambahan logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tensil dan kekerasan, serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal, atau granula dalam logam. Namun, kekuatan bahan paduan aluminium tidak hanya bergantung pada konsentrasi logam paduannya saja, tetapi juga bagaimana proses perlakuannya (Wiryosumanto, 2000).

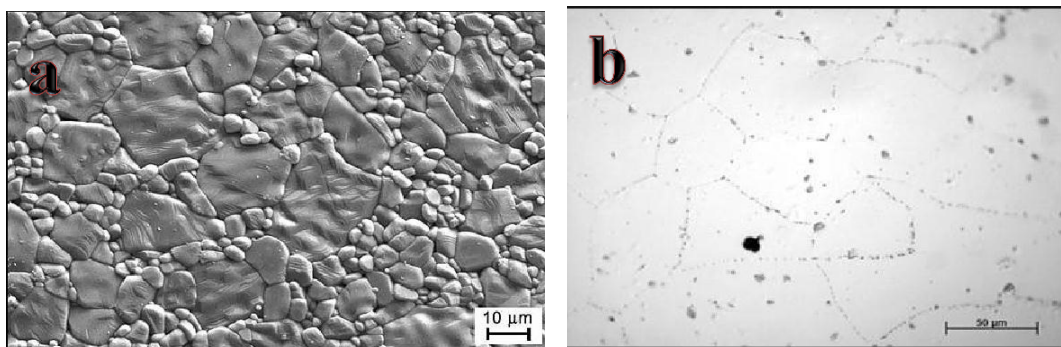
3. Aluminium 1100

Aluminium 1100 ini merupakan aluminium paduan murni dengan karakter pembentukan yang sangat baik. Komposisi kimia dari paduan aluminium 1100 ini terdiri dari 99,00 % aluminium dan 0,12 % tembaga, dan aluminium ini memiliki massa jenis $2,71 \text{ g/cm}^3$ ($0,0979 \text{ lb/in}^3$). Aluminium ini memiliki sifat mampu las yang baik dan juga aluminium ini cocok untuk pekerjaan dingin karena memiliki keuletan yang baik. Adapun sifat mekanik dan sifat termal dari aluminium jenis ini dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat-Sifat Fisik Aluminium (Surdia dan Shinroku, 1992)

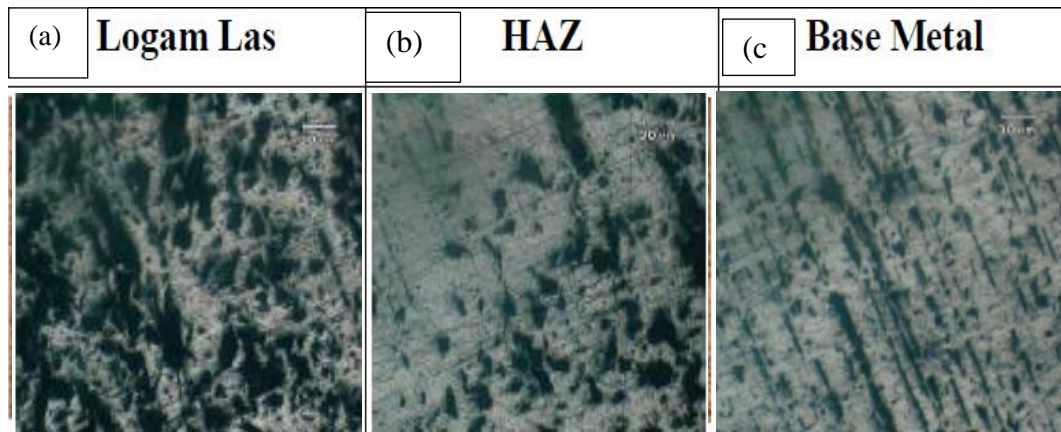
Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20°C)	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis (cal/g. °C)(100°C)	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)
Tahanan listrik koefisien temeperatur (°C)	0,00429	0,0115

Aluminium murni tidak memiliki kandungan unsur apapun selain aluminium itu sendiri. Menurut *ASM Hand Book Metallography and Microstructures*, partikel hitam yang terdispersi secara merata pada matriks aluminium adalah $FeAl_3$. Semakin banyak butiran $FeAl_3$ yang menyatu maka semakin sulit pergerakan dislokasi yang terjadi yang nantinya akan mengakibatkan peningkatan dan kekerasan logam. Pada gambar 2.5 merupakan hasil struktur mikro pada pengelasan aluminium.



Gambar 2.6 Struktur mikro pada aluminium. (a) struktur mikro alumina (bahan baku aluminium) (b) struktur mikro dari aluminium murni (Sonowijoyo, 2014)

Pada gambar 2.6 merupakan hasil struktur mikro pada pengelasan aluminium menggunakan pengelasan jenis spot welding.



Gambar 2.7 Struktur mikro hasil pengelasan spot welding menggunakan material aluminium (a) Logam las, (b) HAZ, (c) Base metal (Waluyo, 2013)

Pada gambar 2.7 (a) daerah logam las pada bahan aluminium hasil pengelasan spot welding menunjukkan besar arus dan lama waktu pengelasan yang digunakan akan menyebabkan butiran butiran besar menjadi kecil. Hal ini disebabkan oleh heat input yang terjadi semakin besar

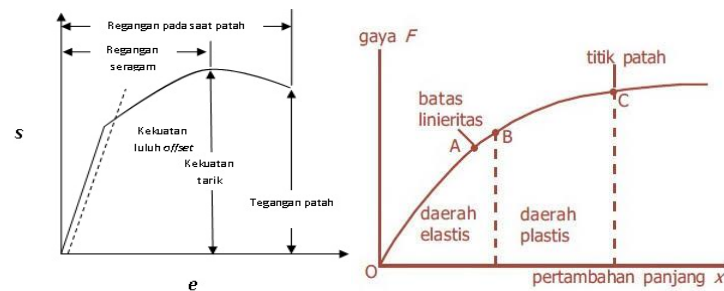
Pada gambar 2.7 (b) pada daerah HAZ mengalami perubahan bentuk butiran menjadi besar hal ini disebabkan oleh panas yang terjadi pada saat proses pengelasan. Pada gambar 2.7 (c) daerah base metal bentuk struktur mikronya berupa garis garis memanjang. (Waluyo, 2013)

2.2.5. Proses pengujian

1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan pengujian yang banyak dilakukan untuk mengetahui beberapa sifat mekanik suatu material yang berguna dalam suatu konstruksi. Bentuk spesimen pada uji tarik ini berbentuk plat, pipa silinder, dan juga pejal yang biasanya dibuat berdasarkan standar ASTM, JIM, AWS dan DIN. Pada penelitian ini, pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan geser dari hasil sambungan plat yang dilakukan. Proses pengujian ini dilakukan dengan menjepit kedua ujung material uji dimana salah satu penjepit dihubungkan dengan perangkat pengukur beban yang ada pada mesin uji dan ujung yang lain dihubungkan dengan perangkat peregang. Spesimen uji kemudian diberikan beban tarik secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan perubahan panjang yang terjadi hingga benda uji mengalami patahan. Data yang didapat dari

pengujian ini berupa kurva tegangan regangan atau bisa berupa kurva beban perpanjangan. Untuk menggambar kurva tegangan regangan atau beban perpanjangan, diperlukan beberapa parameter yaitu kekuatan tarik, titik luluh / kekuatan luluh, persen perpanjangan, dan pengurangan luas. Komposisi material, perlakuan panas, deformasi plastis, laju regangan, suhu, dan keadaan tegangan selama pengujian, akan memengaruhi bentuk dari kurva yang diperoleh. 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.



Gambar 2.8 Kurva hasil pengujian tarik (a) tegangan regangan (b) beban perpanjangan (Fisikazone,2013)

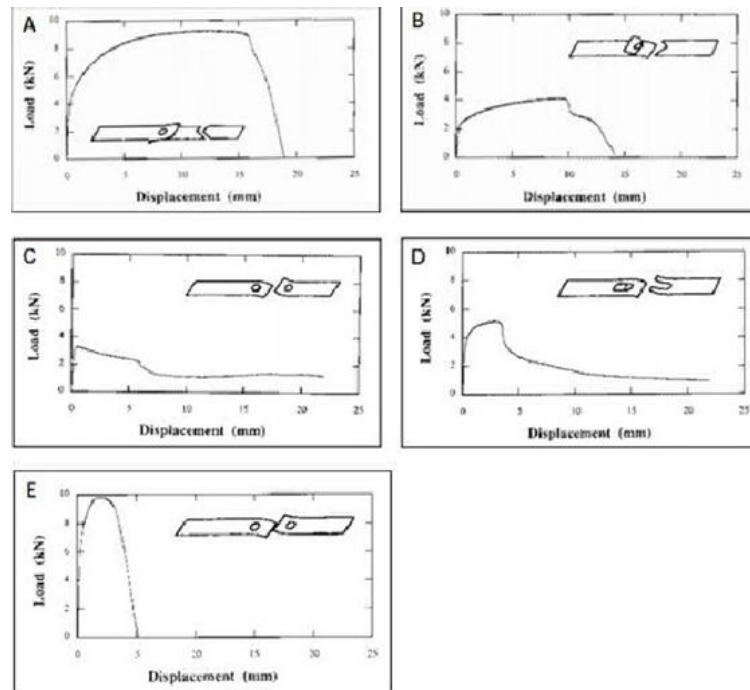
Adapun persamaan untuk mencari nilai tegangan geser ini adalah sebagai berikut:

$$\tau = P/A.....$$

Keterangan: τ : tegangan geser (N/mm^2)

P : gaya geser / beban (N)

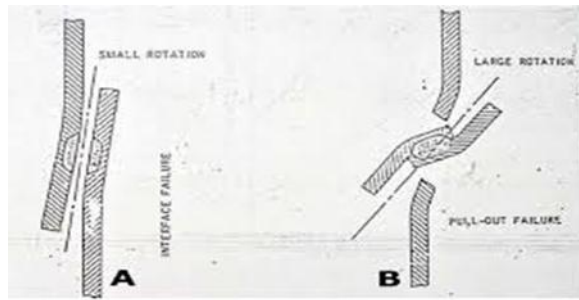
A : luas penampang (mm^2)



Gambar 2.9 Hasil *Shear test* pada pengujian tarik pada pengelasan titik (a) Pull out, (b) pull out, (c) interface, (d) pull out, (e) interface (Rahman, 2013)

Mode kegagalan pada pengelasan titik

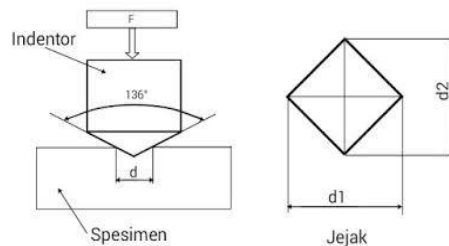
Kegagalan pada las titik dibagi menjadi 2 tipe yaitu *Interfacial failure* (IF) dan *Pull out failure* (PF). *Interfacial failure* merupakan kegagalan dalam pengelasan titik dimana terjadi kerusakan atau keretakan pada zona fusi. *Pull out failure* merupakan kegagalan dimana terjadi kerusakan pada daerah sekitar zona fusi sehingga plat mengalami kerusakan yaitu plat sobek. *Pull out failure* merupakan tipe kegagalan yang diharapkan oleh *engineer* karena memiliki kemampuan menahan beban geser lebih besar dibandingkan *Interfacial failure*. (haikal, 2013)



Gambar 2.10 Kegagalan pada las titik (A) *Interfacial failure* (IF) dan (B) *Pull out Failure* (PF) (Haikal, 2013)

2. Pengujian kekerasan (vickers)

Pengujian Vickers merupakan salah satu pengujian mekanik yang dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari suatu material atau bisa diartikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban identasi atau penetrasi (penekanan). Pengujian kekerasan ini perlu dilakukan terutama pada material yang pada penggunaannya akan mengalami gesekan dan deformasi plastis. Pengujian dengan metode vickers ini banyak dilakukan karena bebas dari pengujian kecil, pengukurannya teliti, dan range ukurannya besar. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tekanan dengan beban (F) pada permukaan material yang akan diuji menggunakan indentor intan yang cukup kecil berbentuk piramida seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 dengan dasar persegi dan sudut puncak 136°.



Gambar 2.11 Indentasi Vickers (Forge, 2017)

$$VHN = 2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{(1854)P}{d^2} bh \dots \dots \dots$$

Keterangan: HVN : hardness vickers number

P : beban yang digunakan (kgf)

D : panjang diagonal rata-rata (mm)

θ : sudut antar permukaan intan yang berhadapan 136°

3. Pengujian struktur mikro

Pengamatan struktur mikro adalah suatu pengujian untuk mengetahui susunan struktur logam pada suatu benda uji atau spesimen dengan perbesaran tertentu. Struktur mikro dan sifat paduannya dapat diamati dengan berbagai cara tergantung pada sifat yang dibutuhkan. Salah satu cara dalam mengamati struktur suatu bahan yaitu dengan teknik *metalographic* (pengujian mikroskopik). Proses terjadinya perbedaan warna, besar butir, bentuk dan ukuran butir yang mendasari penentuan dari jenis dan sifat fasa pada hasil pengamatan foto mikro adalah diakibatkan adanya proses pengetsaan. Prinsip dari pengetsaan sebenarnya merupakan proses pengikisan mikro terkendali yang menghasilkan alur pada permukaan akibat *crystal faceting* yaitu orientasi kristal yang berbeda, akan terjadi reaksi kimia yang berbeda intensitasnya. Karena fasa-fasa yang terdapat dalam logam memiliki kekerasan yang berbeda maka fasa yang lunak akan terkikis lebih dalam. Akibat adanya perbedaan ini dan bergantung pada arah cahaya pantulan yang tertangkap oleh lensa maka akan tampak bahwa fasa yang lebih lunak akan terlihat lebih terang dan fasa yang lebih keras akan terlihat gelap begitu juga akan terlihat bentuk dan ukuran butirnya sehingga dapat dibedakan fasa-fasa yang terlihat dalam bahan yang akan diuji.