BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Pengelasan spot welding (pengelasan titik) dengan bahan aluminium dan baja memiliki beberapa parameter, Arus listrik dan *holding time* yang digunakan saat pengelasan sangat berpengaruh pada hasil sambungan baik itu secara fisik dan kekuatan.

Hendrawan dan Rusnawan (2014), melakukan penelitian pengaruh arus dan waktu pengelasan terhadap sifat mekanik sambungan las titik (*spot welding)* logam tak sejenis. Penelitian ini menggunakan material baja karbon rendah dengan ketebalan 0,9 mm dan baja tahan karat austenite tipe 316L dengan ketebalan 0,9 mm. Pengelasan ini menggunakan variasi arus 5000 A, 6000 A, dan 7000 A. Variasi waktu yang digunakan 0,4 detik, 0,5 detik, dan 0,6 detik. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukan variasi arus dan waktu berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las. Variasi pengelasan yang paling optimal adalah 7000 A dan 0,6 detik menghasilkan nilai sebesar 5,323 kN.

Pengelasan dengan metode *resistance spot welding* banyak digunakan di industri. Kendala yang masih ditemui adalah benda kerja tidak menempel dengan kuat. Mustakim dkk (2017) melakukan penelitian pengaruh arus dan waktu spot welding terhadap sifat mekanik sambungan *dissimilar* dengan menggunakan bahan AISI 1003 dengan AISI 1025 dengan variasi waktu 14, 17, 20, 23 dan 26 detik. Variasi arus yang digunakan sebesar 49, 52, 55, 58 dan 61 A. Hasil dari penelitian ini menunjukkan variasi arus dan waktu berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan. Semakin tinggi arus dan waktu pengelasan maka kekuatan tarik semakin tinggi.

Handra dan Syafra (2013), telah melakukkan penelitian tentang kekuatan sambungan plat pada pengelasan titik yang ditinjau dari kekuatan tarik dan geser. Penelitian ini mengguakan material plat hitam dan plat galvanis dengan ketebalan 1,2 mm. Variasi waktu penekanannya yang digunakan (2 detik, 2,5 detik, 3 detik dan 3,5 detik). Arus pengelasan yang digunakan sebesar 26 A. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengelasan, kekuatan dan diameter *nugget* sambungan yang dihasilkan semakin besar pula, dimana nilai kekuatan tarik rata rata terbesar dari sambungan plat hitam sebesar 167,30 N/mm² dan galvanis sebesar 145,56 N/mm².

Purwaningrum dan Fatchan (2013) meneliti tentang pengaruh arus listrik terhadap karakteristik fisik-mekanik sambungan las titik logan alumiium dan baja. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah alumunium seri 5083 dengan ketebalan 4 mm dan baja SS 400 dengan ketebalan 1,2mm. Parameter arus pengelasan menggunakan 65 A, 70 A dan 75 A dengan *holding time* 1,2 detik. Hasil penelitian ini menunjukan nilai kekerasan terbesar pada logam las SS 400, hal ini sesuai dengan struktur mikro yag terbentuk pada daerah tersebut yaitu berupa bainit. Sedangkan pada daerah logam induk dan HAZ untuk semua varisai arus pengelasan, strukturnya berupa ferit dan perlit.

Amin (2017) melakukan penelitian pengaruh variasi arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las titik *dissimilar* stainless steel dengan ketebalan 1.2 mm dan baja karbon rendah dengan ketebalan 0,9 mm. Variasi arus yang digunakan pada penelitian ini adalah 60, 70, dan 80 A. Variasi waktu pengelasan yang digunakan adalah 4 detik. Hasil dari penelitian menunjukan pada arus listrik 60 ke 70 A berdampak pada kekuatan tarik. Peningkatan arus dari 70 ke 80 A mengalami penurunan kekuatan tarik. Hasil penelitian pada variasi arus listrik 70 A memiliki kondisi terbaik yang menghasilkan kekuatan tarik sebesar 190,920 kN/ mm².

Agustriyana, dkk (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh kuat arus dan waktu pengelasan *spot welding* terhadap kekuatan tarik dan mikrostruktur dengan bahan baja fasa ganda. Material yang digunkan pada penelitian ini adalah plat AISI 1005 dengan tebal 1 mm yang sebelumnya telah di*treatment* menjadi baja fasa ganda. Arus pengelasan yang digunakan 0,9 kA, 1,6 kA, dan 1,85 kA dengan waktu 0,25; 0,5; 0,075 dan 1 detik. Hasil dari penelitian ini kekuatan tarik terbesar 237,04 N/ mm² yang dihasilkan oleh variasi 1,85 kA dengan waktu 1 detik. Kekuatan Tarik

terendah pada variasi 0,9 kA dengan waktu 0,25 detik dengan kekuatan 150 N/ mm².

Anrinal dan Hendri (2012) melakukan penelitian pengaruh variasi waktu penekanan terhadap kekuatan Tarik hasil *spot welding* baja karbon rendah. Parameter arus yang digunakan adalah 70 A dengan variasi waktu penekanan 20, 25 dan 30 detik). Jenis baja karbon rendah yang digunakan adalah ST 37 dengan ketebalan 1,5mm. Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukan bahwa semakin lama waktu pengelasan akan menghasilkan diameter *nugget* yang semakin besar dan gaya tarik yang dibutuhkan juga semakin besar. Diameter *nugget* tebesar yang dihasilkan pada pengujian ini adalah 5,8 mm pada variasi waktu 30 detik, dan tegangan taik rata-rata terbesar yang dihasilkan adalah 400,82 N/mm^2 juga pada variasi waktu 30 detik.

Penelitian tentang *spot* TIG *welding* telah dilakukan oleh Abbass, dkk (2016) dengan judul Optimization and Predication of Spot TIG Welding Parameters of Stainless Steel Sheets (AISI 304L). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter pengelasan *spot* TIG seperti arus pengelasan, waktu pengelasan dan ketebalan lembaran pada gaya geser maksimum dan diameter spot baja tahan karat austenitik AISI 304L dengan ketebalan 0,6 mm, 0,8 mm dan 1 mm. Pengujian ini menggunakan metode taguchi dengan *array orthogonal L27* dan hasil pengujian ini menunjukan bahwa kekuatan geser maksimal akan meningkat seiring meningkatnya arus dan waktu penekanan, kemudian akan turun lagi pada arus yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama.

Anggoro (2016) melakukan penelitian tentang studi *interface* sambungan las *spot* TIG welding material tak sejenis antara baja dengan paduan alumunium. Penelitian ini menggunakan arus 70, 80, 90 dan 100 A. Variasi waktu yang digunakan 6, 7 dan 8 detik. Pembentukan lapisan *intermetallic* diteliti dengan *scanning electron microscope.* Hasil menunjukan ketebalan lapisan *intermetallic* tertinggi pada arus 100 A dengan waktu 8 detik

Penelitian tentang spot TIG welding juga dilakukan oleh Faozi (2015). Penelitian ini tentang pengaruh variasi parameter arus listrik dan waktu pengelasan

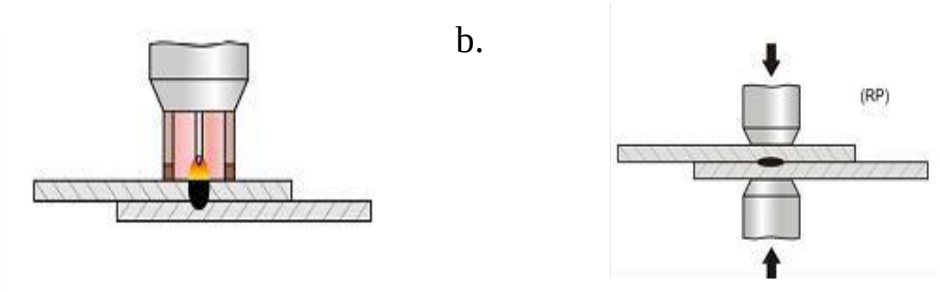
terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las *spot* TIG material tak sejenis baja SS400 dan paduan aluminium AA5083. Pada penelitian ini menggunakan variasi arus 70 A, 80 A, 90 A dan 100 A. Variasi waktu yang digunakan 6 detik, 7 detik, 8 detik. Hasil dari pengujian hasil lasan didapat beban tarik geser tertinggi sebesar 869,19 N pada pengelasan dengan parameter arus 100 A, dan waktu penekanan 8 detik.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan penelitian tentang sambungan pengelasan metode *spot* TIG *welding* masih jarang dilakukan. Penelitian sebelumnya banyak menggunakan metode *resistance spot welding*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang sifat fisik dan struktur mikro pada sambungan baja karbon rendah dan alumunium dengan metode *spot* TIG *welding.*

2.2. Spot TIG (tungsten inert gas) welding

Spot TIG *welding* adalah penyesuaian dari las TIG biasa. Metode penyambungan dengan *spot* TIG *welding* ini adalah dengan menggabungkan dua buah plat dengan cara sambungan tumpang (*lap joint*) dan diberikan las titik di salah satu bagian plat, sedangkan resistance *spot welding* membutuhkan tekanan yang dihasilkan oleh dua buah elektroda yang menjepit sambungan plat dan dialiri arus listrik (Mustakim, 2017). Pada proses pengelasan *spot* TIG elektroda tungsten dilindungi oleh gas argon yang berfungsi untuk mencegah lasan terkontaminasi dengan udara luar. Perbedaan prinsip pengelasan pada *spot* TIG *welding* dan resistance spot dapat dilihat pada Gambar 2.1.

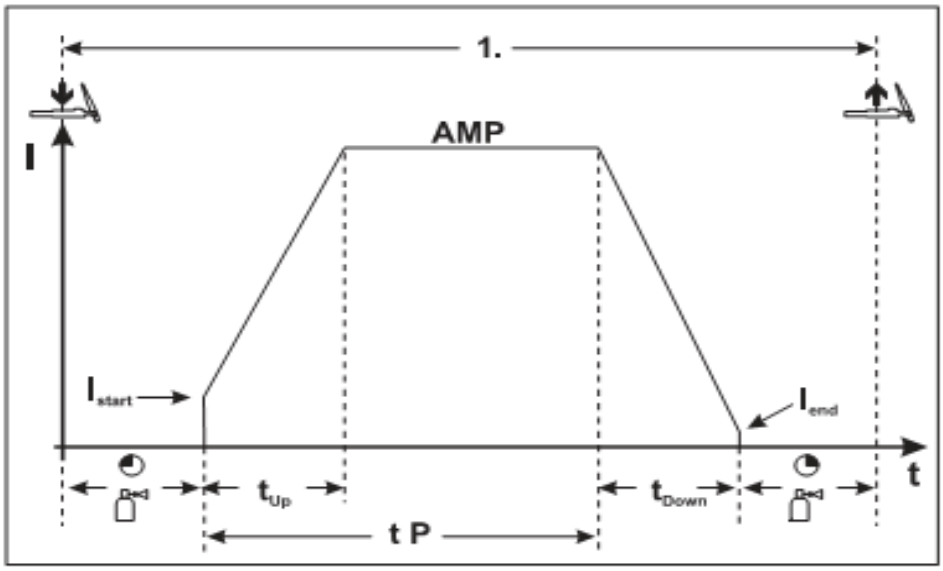
a. b.



Gambar 2.1 A. Prinsip pengelasan pada spot TIG welding dan B. resistance spot welding (Faozi, 2015).

a. Proses spot TIG welding

Spot TIG *welding* memerlukan mesin las TIG yang mampu mengeluarkan arus DC yang dimulai dari busur *High Frequency* (HF). Langkah kerja proses pengelasan *sopt TIG* ini dapat dilihat pada Gambar 2.2. Proses pengelasan *spot TIG* ini dimulai saat pelatuk pada *spot gun* ditekan dan ditahan, proses ini ditunjukkan pada angka (1). 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) elektroda yang terbuat dari tungsten ke material lasan. Sedangkan arus pengelasan secara konstan mengalir sesuai nilai arus pengapian (I_{start}) yang telah ditentukan.



Gambar 2.2 Proses langkah kerja pengelasan spot TIG (Faozi, 2015).

b. Pengaturan spot welding

Spot TIG *welding* memerlukan pengaturan arus, pengaturan waktu pengelasan dan pengaturan aliran gas pelindung. Pengelasan *spot* TIG memerlukan gas yang berfungsi sebagai pelindung hasil lasan dari udara luar. Laju aliran gas harus diatur sesuai dengan kebutuhan saat pengelasan. Pengaturan arus dan waktu pengelasan pada *spot* TIG digunakan untuk mendapatkan penetrasi dan sambungan lasan yang

diinginkan. Pengelasan dengan waktu yang singkat memerlukan arus yang tinggi, dan sebaliknya pengelasan dengan waktu yang lama arus yang kecil.

c. Pembentukan *nugget* pada spot TIG welding.

Nugget dalam *spot* TIG *welding* terjadi saat loncatan busur listrik yang berasal dari elektroda tungsten melewati plat material bagian atas dan plat material bagian bawah dileburkan ke atas. Bentuk *nugget* yang dihasilkan datar dan memiliki tekstur halus. Bentuk dari nugget pada *spot* TIG *welding* lebih baik dari dasi hasil *nugget* pengelasan resistance *spot welding*. Waktu tahan dan arus sangat berpengaruh pada struktur nugget (Amin, 2017).

Gambar 2. 3 Permukaan Nugget hasil lasan spot TIG welding pada sisi material baja karbon rendah

2.2.1. Parameter pengelasan

Parameter pengelasan *spot* TIG untuk menghasilkan sambungan yang sesuai harus didukung dengan adanya pengaturan arus pengelasan, waktu pengelasan (*holding time*) dan gas pelindung.

a. Arus pengelasan

Besarnya arus listrik yang diperlukan mengikuti spesifikasi bahan mulai dari ketebalan bahan dan posisi pengelasan. Dengan mengatur parameter arus yang sesuai akan menghasilkan sambungan yang baik. Masuknya panas pada pengelasan dipengaruhi oleh pengaturan arus listrik. Penetrasi dan penguatan yang rendah disebabkan arus yang terlalu kecil, jika arus terlalu besar dapat menghasilkan sambungan dengan kekuatan rendah dan mudah retak (pasalbessy dkk, 2015).

b. Waktu pengelasan (Holding time)

Waktu pengelasan (holding time) merupakan parameter masuk nya panas untuk benda kerja saat dilakukanya *spot* TIG *welding*. Waktu pengelasan memengaruhi

kekuatan Tarik, kekerasan, dan struktur mikro. Waktu pengelasan yang terlalu singkat mengakibatkan sambungan pada saat pengelasan tidak sempurna. Jika waktu pengelasan terlalu lama juga bisa mengurangi kekuatan sambungan las, maka dibutuhkan waktu las yang tepat sehingga menghasilkan sambungan yang baik.

c. Gas pelindung

Gas pelindung berfungsi untuk melindungi logam las dari kontaminasi udara luar. Gas yang sering digunakan sebagai pelindung adalah gas argon, gas argon dipilih karena tidak mudah bereaksi dengan unsur lain. Kelebihan gas argon diantaranya:

- Mudah dinyalakan, halus dan tidak bersuara keras.
- Memiliki daya pembersih.
- Lebih mudah didapat dan murah.

2.2.2. Baja karbom rendah

Baja merupakan logam yang sering digunakan. Baja adalah paduan dari besi dan karbon dan sedikit unsur lain, jenis ini dinakan dengan baja karbon (carbon steel). Baja dengan kandungan carbon kurang dari 0,30% disebut dengan baja karbon rendah. Baja karbon rendah penggunaan nya sangat luas seperti digunakan pada kontruksi umum, profil rangka bangunan, rangka kendaraan, pipa dan lain-lain. Baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi (Fatoni, 2016).

2.2.3. Alumunium 1100

Alumunium dan paduan aluminium adalah logam ringan dengan kekuatan tinggi, tahan korosi dan konduktor listrik yang baik. Alumunium banyak digunakan pada alat listrik, bangunan dan transportasi. Jenis Al-murni teknik (seri 1000) adalah aluminium murni antara 99,0% hingga 99,9%. Alumunium seri 1100 memiliki sifat tahan karat, konduksi panas dan listrik (Muku, 2009).

2.2.4. Pengelasan material tak sejenis (*dissimilar*)

Pengelasan material tak sejenis sering menemui kegagalan karena adanya perbedaan sifat fisik, termal dan metalurgi kedua material pada saat dilakukanya pengelasan. Pada pengelasan konduktivitas panas, titik leleh dan kelarutan material pada saat penyambungan merupakan unsur yang sangat penting untuk

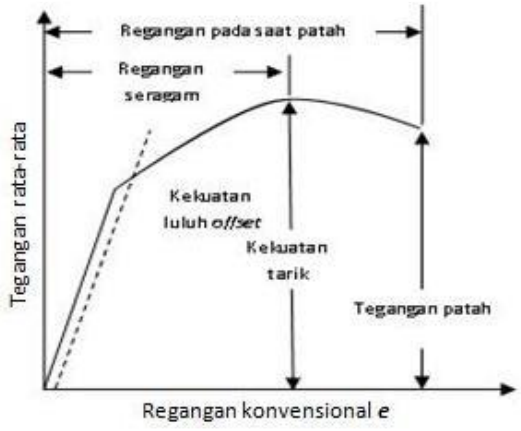
menghasilkan karakteristik suatu hasil sambungan. Pada penelitian ini penyambungan yang dilakukan menggunakan material baja karbon rendah dengan aluminium seri 1100.

2.2.5. Proses pengujian

a. Pengujian Tarik

Pengujian tarik sangat penting untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik dan untuk memudahkan dalam mengetahui sifat mekanik bahan dalam desain. Pengujian tarik diberi beban dengan gaya tarik sesumbu dan beban akan bertambah secara terus-menerus sampai putus, pada saat pengujian tarik akan dilakukan pengamatan mengenai perubahan panjang yang terjadi pada benda saat diuji tarik. Pengujian tarik mempergunakan tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan diperoleh dengan membagi beban dengan awal penampang lintang benda uji. Data yang didapat dari hasil pengujian ini berupa kurva tegangan regangan atau bisa berupa kurva beban perpanjangan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Bentuk kurva tegangan-regangan logam dipengaruhi pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastis, laju regangan, suhu. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan regangan adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan, dan pengurangan luas (Anggoro, 2016). 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. 4 Kurva hasil pengujian tarik tegangan regangan (Faozi,2015)

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

$$\tau = \frac{P}{A} \quad \text{.....(2.1)}$$

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

P : Gaya geser / beban (N)

A : luas penampang (mm^2)

Regangan (strain) didefinisikan sebagai perbandingan antara penambahan panjang benda ΔL terhadap panjang mula-mula L_0. Regangan dirumuskan sebagai berikut.

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{\triangle L}{L_0} \quad \text{.....(2.2)}$$

Keterangan: ε : regangan strain (tanpa satuan)

$\triangle$L : Pertambahan panjang (m)

L_0 : panjang mula-mula (m)

Selama gaya F yang bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitasnya, maka perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan (ε) adalah konstan. Bilangan (konstanta) tersebut dinamakan modulus elastis atau modulus Young (E). Jadi, modulus elastis atau modulus Young merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda. Secara matematis ditulis seperti berikut.

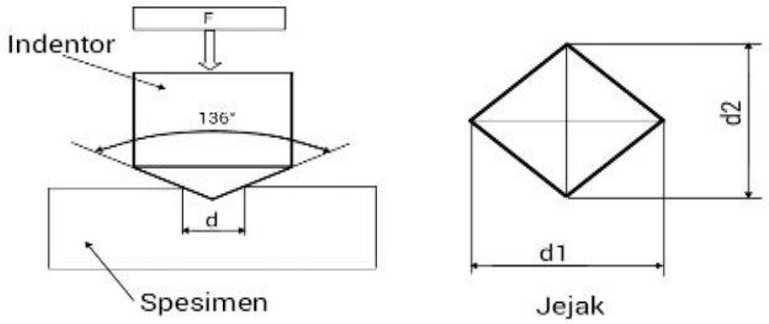
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{L_0}}{\frac{\Delta L}{L_o}} = \frac{FL_o}{A.\Delta L} \quad \text{.....(2.3)}$$

Keterangan: E : modulus Young (N/m^2 atau Pascall)

b. Pengujian kekerasan mikro *Vickers*

Pengujuan mekanik selanjutnya adalah uji kekerasan, kekerasan adalah kemampuan sebuah material untuk menahan beban indensitas atau penetrasi (penekanan). Pengujian kekerasan dengan metode vickers merupakan jenis metode pengujian kekerasan yang sering digunakan karena bekas penekanan yang kecil, teliti, dan range ukuran nya besar. Pengujian kekerasan vikers dikenal juga dengan *Diamond Pyramid Hardness test* (DPH) bertujuan untuk menentukan kekerasan

material dalam yaitu daya tahan material indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri pyramid seperti pada Gambar 2.5. Angka kekerasan Vickers (HV) sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (P) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indentor (diagonalnya) yang dikalikan dengan sin (136/2) (purnomo, 2017).



Gambar 2. 5 Pengujian vickers dan bentuk indentor vickers (Purnomo, 2017).

Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai kekerasan dengan metode vickers adalah:

$$HV = 1{,}854\frac{P}{d^2} \quad \text{.....(2.4)}$$

Dimana: HV : Angka kekerasan Vickers

P : Beban (Kg)

d : Rata-rata ukuran dari bekas injakan $(d_1 + d_2)/2$ (mm^2)

c. Pengujian metalografi

Pengujian metalografi adalah pengujian fisik yang dilakukan terhadap hasil lasan, tujuan pengujian metalografi untuk mengetahui struktur makro dan mikro sehingga dapat dilakukan analisa sifat mekaniknya. Sebelum dilakukan pengujian makro hasil pengelasan perlu di amplas dan diberikan cairan etsa.

- Pemeriksaan makro

Pemeriksaan makro bertujuan mengetahui bentuk dan batas antara daerah las, HAZ, logam induk dan bagian luar dan las bagian dalam. Angka pembesaran pada pemeriksaan makro antara 0,5 kali sampai dengan 50 kali.

- Pemeriksaan mikro

Pemeriksaan mikro bertujuan memperlihatkan gambar pencitraan yang menunjukan fasa daari sebuah logam dan paduannya, sehingga dapat mengetahui sifat dan karakteristik dari material tersebut. Pemeriksaan mikro adalah pemeriksaan bahan logam,

Dalam pengamatan struktur mikro terdapat beberapa langkah yang dilakukan diantaranya pemotongan spesimen, penempatan spesimen kedalam cetakan dan cetakan tersebut diisi resin yang untuk mempermudah dalam proses penghalusan dan pengamplasan. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan amplas halus secara bertahap, mulai dari yang paling kasar (nomor kecil) sampai yang paling halus (nomor besar). Agar struktur logam terlihat jelas maka permukaan tersebut dietsa. Pemeriksaan struktur mikro memberikan informasi tentang bentuk struktur, ukuran butir, dan banyaknya bagian struktur yang berbeda (Hadi, 2016).