

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pengelasan titik (*Spot Welding*) dengan menggunakan material logam tak sejenis merupakan salah satu proses pengelasan yang sudah banyak dikembangkan khususnya dalam industri otomotif. Metode pengelasan titik yang saat ini sudah banyak dikembangkan salah satunya ialah RSW (*Resistance Spot Welding*), lain halnya dengan STW (*Spot TIG Welding*) yang masih jarang dilakukan, STW merupakan metode pengelasan titik yang merupakan pengembangan dari las TIG (*Tungsten Inert Gas*). Kualitas pengelasan titik tidak hanya tergantung kepada operator las, akan tetapi ada pengaruh dari cara pengaturan peralatan las yang tepat (Sinarep, 2013).

Handra dan Syafra (2013), melakukan penelitian mengenai kekuatan sambungan plat pada *spot welding* dengan parameter pengujian ialah uji tarik dan geser, material uji yang digunakan ialah plat hitam dan plat galvanis dengan ketebalan 1,2 mm. Parameter pengelasan hanya terletak pada lama waktu penekanan dengan variasi waktu selama 2 detik, 2,5 detik, 3 detik dan 3,5 detik sedangkan arus yang digunakan yaitu 26 A. Hasil penelitian yang didapat menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengelasan maka diameter *nugget* yang didapat akan semakin besar maka gaya geser yang diperoleh akan semakin besar. Nilai kekuatan tarik dari plat hitam cenderung meningkat jika dibandingkan dengan kekuatan tarik dari plat galvanis, pada waktu penekanan 3,5 detik nilai kekuatan tegangan tarik kedua material cenderung meningkat dengan kekuatan rata-rata sebesar 167,30 N/mm² untuk plat hitam dan 145,56 N/mm² untuk plat galvanis.

Raharjo dan Ariawan (2005), meneliti tentang pengaruh waktu pengelasan terhadap struktur mikro dan kekerasan, dengan sambungan lap baja tahan karat feritik 430 dengan menggunakan metode *resistance spot welding* (*rsw*). Variabel pengelasan yang digunakan adalah waktu pengelasan dengan variasi waktu pengelasan 1 detik, 2 detik dan 3 detik, dengan ketebalan plat 0,8 mm dengan

voltase yang diberikan adalah konstan yaitu 1,79 volt. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan waktu pengelasan maka akan menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi dan akan memperbesar ukuran *nugget*.

Yasinta (2016), meneliti tentang pengaruh tebal cover plate dan voltase terhadap formasi lapisan intermetalik pada proses *resistance spot welding (RSW)* dengan menggunakan material tak sejenis antara alumunium A5052 dengan baja galvanis, dengan ketebalan plat alumunium A5052 adalah 3 mm dan ketebalan untuk baja galvanis adalah 2,2 mm. Parameter las yang pertama ialah ketebalan cover plate yang digunakan yaitu 1,2; 1,4; dan 1,8 mm untuk pengelasan konstan dengan waktu 7,5 detik, kemudian parameter las yang kedua adalah voltase yang digunakan yaitu 2,30; 2,67; dan 3,20 Volt, pengujian sambungan las yang dilakukan ialah dengan pengujian SEM dan pengujian EDS. Hasil pengujian sambungan las spesimen tanpa cover plate dan spesimen dengan cover plate lapisan intermetalik menunjukkan hasil morfologi dengan bentuk lidah, lapisan intermetalik kontinyu tetapi ketebalannya tidak konstan dan terlihat seperti gelombang. Pada pengelasan dengan metode *resistance spot welding* dengan material tak sejenis antara alumunium A5052 dengan baja galvanis menghasilkan fasa intermetalik yaitu Fe_2Al_3 , Fe_2Al_5 , $FeAl_2$ dan $FeAl$.

Kuntoro (2013), melakukan penelitian mengenai pengaruh pre-strain dan tegangan listrik pada las *resistance spot welding (RSW)*, dengan hasil penelitian yang menjelaskan bahwa peningkatan *pre-strain* tidak begitu berpengaruh pada pengkasaran butiran pada daerah HAZ. Tegangan listrik yang digunakan berpengaruh terhadap nilai *tensile shear load capacity (TLBC)*, nilai tertinggi untuk kekerasan mikro terdapat pada daerah *nugget* dengan fasa austenit, martensit dan 20% $\delta - ferit$. Pada pengelasan titik dengan material baja stainless steel feritik 430 terdapat struktur martensit yang dominan pada *nugget* yang diakibatkan laju pendinginan yang begitu cepat, dan nilai kekerasan tertinggi berada berada disamping garis fusi martensit dari *nugget*.

Abbas (2016), melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan arus pengelasan pada *spot TIG welding* dengan menggunakan plat *stainless steel* AISI 304 tebal 0,6 mm, 0,8 mm dan 1 mm dengan arus 125 A untuk plat 0,8 mm, 150

A pada plat 0,6 mm dan 175 A pada plat 1 mm. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa pengaruh peningkatan arus pengelasan dapat menghasilkan nilai kekuatan tarik-geser yang tinggi dimana nilai kekuatan tarik-geser tertinggi terdapat pada arus 175 A dengan nilai kekuatan tarik-geser sebesar 13200 N, peningkatan arus juga dapat mengakibatkan ukuran diameter *nugget* semakin besar, sehingga penggunaan parameter arus, waktu dan ketebalan plat akan sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan geser pada sambungan *spot TIG welding*.

Faozi (2015), telah melakukan penelitian tentang pengaruh parameter arus listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan *spot TIG welding* dengan menggunakan material tak sejenis antara SS400 dan AA5083 dengan ketebalan plat ialah 1,2 mm dan 2,5 mm, pengelasan ini menggunakan gas pelindung argon dengan laju alir gas yang konstan. Parameter pengelasan yang digunakan ialah dengan memberikan variasi arus listrik yaitu 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A dan waktu pengelasan selama 6 detik, 7 detik dan 8 detik. Hasil penelitian yang didapat menunjukkan bahwa pembesaran ukuran butir pada kedua material yang disebabkan oleh peningkatan arus dan waktu pengelasan yang diberikan sehingga pendinginan yang terjadi akan berjalan lambat. Kemudian nilai *Tensile Load Bearing Capacity (TLBC)* mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya arus listrik dan lama waktu pengelasan yang diberikan, arus 100 A dan lama waktu pengelasan 8 detik merupakan parameter las dengan nilai rata-rata TLBC tertinggi yaitu sebesar 869,16 N, sedangkan nilai rata-rata TLBC terendah diperoleh pada arus listrik 70 A dengan lama waktu pengelasan 6 detik dengan nilai sebesar 86,70 N. Sedangkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada arus listrik 70 A dengan lama waktu pengelasan 6 detik dengan nilai kekerasan pada *weld metal* material baja SS400 sebesar $\pm 241,30$ HV, sedangkan nilai kekerasan untuk material aluminium 5083 nilai kekerasan yang diperoleh sebesar $\pm 83,52$ HV.

Saputra (2019), melakukan penelitian tentang pengaruh kuat arus listrik terhadap sifat fisik dan mekanik pada sambungan las *spot TIG welding* dengan material tak sejenis antara baja karbon rendah dengan aluminium 1100 dengan masing-masing ketebalan plat sebesar 0,8 mm. Parameter arus las yang digunakan

yaitu 100 A, 110 A, 120 A dan 130 A dengan lama waktu pengelasan selama 5 detik. Hasil penelitian tersebut menjelaskan bahwa nilai rata-rata kekuatan geser tertinggi terdapat pada arus 100 A dengan nilai kekuatan geser sebesar 37,65 N/mm² sedangkan nilai rata-rata pada kekuatan geser terendah terdapat pada arus 120 A dengan nilai kekuatan geser sebesar 18,88 N/mm². Sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada baja karbon rendah terletak pada daerah *weld metal* pada arus pengelasan 120 A dengan nilai kekerasan sebesar ± 208 HV dan nilai kekerasan tertinggi pada aluminium 1100 sebesar $\pm 63,5$ HV yang terletak pada daerah *weld metal* pada arus 130 A. Hasil pengujian metalografi yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan struktur pada daerah *HAZ* dan *weld metal*, perubahan tersebut terjadi akibat dari masukan panas pada saat pengelasan dan pendinginan yang terjadi berjalan lambat.

Aji (2015), meneliti tentang pengaruh arus listrik dan jenis gas pelindung terhadap sifat fisik mekanik pada pengelasan *spot TIG welding* dengan menggunakan material tak sejenis antara aluminium A5083 dan baja SS400, parameter las yang digunakan yaitu *holding time* selama 6 detik dan laju aliran gas konstan sedangkan variasi arus yang digunakan yaitu 70 A, 80 A, 90 A dan 100 A, pada penelitian ini diberikan variasi penggunaan gas pelindung, gas yang digunakan adalah gas argon dengan variasi 95% Ar 5% CO₂ dan 90% Ar 10% CO₂. Hasil penelitian tersebut menjelaskan bahwa dengan meningkatnya nilai arus yang digunakan maka ukuran diameter *nugget* semakin besar serta penetrasi yang terjadi semakin dalam sedangkan nilai kekerasan pada daerah *HAZ* dan *weld metal* yang diperoleh semakin menurun seiring dengan meningkatnya arus yang digunakan. *Tensile Load Bearing Capacity (TLBC)* tertinggi terdapat pada variasi gas pelindung campuran 90% Ar dan 10% CO₂ dengan nilai kapasitas beban tarik sebesar $\pm 608,22$ N, sedangkan nilai kapasitas beban tarik terkecil terdapat pada arus 70 A dengan nilai $\pm 158,01$ N.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan parameter arus pengelasan, waktu pengelasan dan gas pelindung, semuanya memberi kesimpulan bahwa peningkatan arus dan waktu akan mempengaruhi nilai TLBC dan ukuran diameter *nugget* yang didapat pada

sambungan las, baik itu pada pengelasan RSW yang sudah banyak dilakukan maupun pada pengelasan STW yang masih sedikit dilakukan, dan pengaruh pencampuran gas pelindung 90% Ar dan 10% CO₂ dapat menghasilkan nilai TLBC tertinggi pada sambungan las SS 400-AA5083. Pada pengelasan RSW material yang sudah digunakan dalam penelitian cenderung lebih banyak baik itu pengelasan *similar* maupun *dissimilar* seperti plat SS 430 dengan ketebalan 0,8 mm (Raharja & Ariawan) dan material galvanis dengan plat hitam dengan ketebalan 1,2 mm (Handra & Syaфра). Sedangkan pada pengelasan STW, material yang digunakan dalam penelitian masih sedikit dan hanya menggunakan beberapa plat saja seperti SS 400 dengan AA 5083 dan baja karbon rendah dengan A11100, sehingga perlu dilakukan penelitian dengan metode yang sama akan tetapi material yang digunakan berbeda.

2.2 Dasar Teori

Pengelasan (*welding*) merupakan salah satu proses penyambungan dua material logam dengan proses pemanasan pada daerah las sehingga menjadi ikatan antar logam-logam yang disambung dan menjadi satu kesatuan yang utuh. Pengelasan termasuk salah satu bagian dari proses manufaktur, karena peran pengelasan dalam suatu industri dan rekayasa produksi sangatlah penting, sehingga semua proses pembangunan konstruksi dengan menggunakan bahan logam melibatkan unsur pengelasan (Parekke, 2014).

Kekuatan sambungan las dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti parameter arus yang digunakan, waktu pengelasan yang digunakan bahkan kemampuan operator las dapat menentukan hasil sambungan las yang baik dan jelek (Aji, 2015). Maka dari itu ketika proses pengelasan dilakukan harus bisa menguasai teknik pengelasan yang baik dan benar, karena hasil dari proses pengelasan penggunaannya sangatlah luas mulai dari skala rumah tangga sampai penggunaan las untuk keperluan industri yang tentunya memiliki skala yang lebih luas seperti untuk keperluan dalam industri mobil, kereta bahkan industri perkapalan dan industri yang lainnya.

Pada pengelasan akan terjadi proses induksi *thermal* yang mengakibatkan terjadinya perubahan struktur mikro pada daerah *HAZ (Heat Affected Zone)*, perubahan struktur mikro pada logam atau sambungan las dapat dipengaruhi oleh *heat* input dan laju pendinginan yang terjadi bahkan dapat dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan. Laju kecepatan pendinginan tidak terjadi secara merata pada setiap bagian pada titik pengelasan, karena disebabkan oleh pemanasan yang terjadi hanya pada salah satu sisi saja sehingga terjadi tegangan pada daerah las yang menyebabkan perubahan struktur mikro yang berbeda pada setiap titik yang ada pada material las.

Masukan panas (*heat input*) dalam proses pengelasan merupakan parameter yang sangat penting karena nilai masukan panas dapat menyatakan hasil penetrasi yang terjadi pada saat pengelasan berlangsung. Nilai masukan panas dapat dicari dengan memperhatikan tegangan dan arus yang digunakan serta lama waktu pengelasan yang dibutuhkan. Mencari nilai masukan panas pada pengelasan dapat dilihat pada persamaan 2.1 di bawah :

$$P = V.I \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan : P = daya (Watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (A)

$$H = V.I.t \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan : H = masukan panas (joule)

V = tegangan listrik (volt)

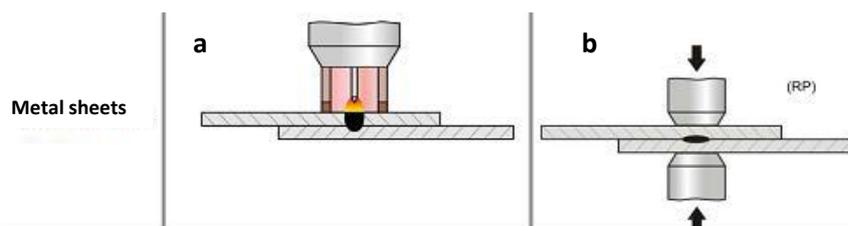
I = arus (Ampere)

t = waktu (detik)

Kalor merupakan bentuk energi yang berpindah-pindah, oleh karena itu perlu diketahui hubungan antara satuan kalor dengan satuan energi, dimana nilai 1 joule setara dengan 0,24 kalori sedangkan nilai 1 kalori setara dengan 4,18 joule.

2.2.1 Spot TIG welding

Spot TIG welding termasuk pada pengelasan titik untuk penyambungan dua material plat logam tipis yang akan dilas pada satu sisi permukaan material, *spot TIG welding* berbeda dengan metode las titik *resistance spot welding (rsw)* proses pengelasan *rsw* dilakukan dengan kedua sisi permukaan plat logam namun untuk proses pengelasan dengan *spot TIG welding* hanya dilakukan pada satu sisi material sehingga proses *spot TIG welding* relatif lebih mudah dilakukan. Konsep dari *spot TIG welding* sama dengan pengelasan TIG yaitu menggunakan tungsten sebagai elektroda namun ada beberapa perbedaan dari kedua jenis metode pengelasan ini yaitu pada nyala busur, nyala busur diatur oleh lama waktu pengelasan di *power supply* dan *spot gun* sebagai pengganti *torch* di pengelasan TIG. Pengembangan *spot TIG welding* ini bertujuan untuk memudahkan proses pengelasan karena ada beberapa aplikasi pada industri manufaktur khususnya pada industri otomotif yang sulit untuk dilas dengan menggunakan *resistance spot welding* maupun pengelasan yang lainnya. Beberapa keuntungan *spot TIG welding* dibanding dengan *resistance spot welding* ialah bisa menghasilkan permukaan las yang lebih baik dan proses pengelasannya bisa dilakukan hanya pada satu sisi material yang akan dilas.



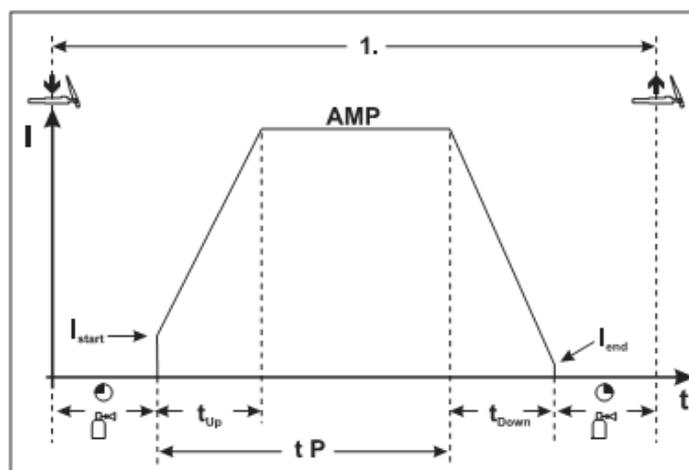
Gambar 2.1 a) Skema pengelasan pada *spot TIG welding*, b) Skema pengelasan *resistance spot welding* (*Manual Operating instructions EWM tetrix 351, 2011*)

Proses pengelasan *spot TIG welding* ditunjukkan pada Gambar 2.1, bagian a) proses pengelasan ini terjadi ketika menekan *spot gun* pada material yang akan dilas dan saat itu juga proses peleburan atau penyambungan material berlangsung, bertepatan dengan itu gas pelindung (argon) akan mengalir tepat selama proses pengelasan berjalan. Selanjutnya proses pengapian atau *High Frequency (HF)* terjadi lompatan api dari elektroda yang terbuat dari tungsten pada material logam

yang akan di las sehingga mengakibatkan busur api menyala. Kemudian arus pengelasan akan terus mengalir sesuai dengan besar arus yang telah ditentukan, proses pengelasan akan berhenti pada saat lama waktu pengelasan yang telah ditentukan selesai atau pada saat *spot gun* ditarik sebelum pada waktunya.

a. Prinsip kerja *spot TIG welding*

Prinsip kerja dari *spot TIG welding* tidak jauh berbeda dengan las TIG pada umumnya, yang berbeda hanyalah lama waktu pengelasan (*holding time*) sebagai parameter yang menentukan lamanya proses pengelasan berlangsung.



Gambar 2.2 Skema proses pengelasan *spot TIG welding* (*Manual operating instructions EWM tetrix 351, 2011*)

Gambar 2.2 di atas menggambarkan mengenai proses langkah kerja *spot TIG welding*, proses awal las terjadi setelah melakukan pengaturan dan menentukan parameter-parameter las yang diinginkan pada mesin las, selanjutnya proses pengelasan dimulai dengan cara menarik pelatuk pada *spot gun* kemudian diarahkan pada material plat yang akan dilas. Gas pelindung akan mengalir sebelum proses pengelasan terjadi, kemudian proses pengelasan akan berlangsung setelah busur api menyala yang ditunjukkan dengan adanya loncatan pengapian *High Frequency (HF)* dari elektroda ke benda kerja. Arus pengelasan dapat disetting sesuai dengan yang diinginkan, sehingga pada proses *spot TIG welding* arus akan meningkat dengan sendirinya, kemudian proses pengelasan akan berakhir pada saat lama waktu pengelasan telah selesai dengan waktu pengelasan (*holding time*) yang telah ditentukan.

b. Pengaturan *spot TIG welding*

Ada beberapa parameter pengelasan yang bisa diatur pada las *spot TIG welding* seperti parameter arus pengelasan, lama waktu pengelasan (*holding time*) dan laju aliran gas pelindung. Aliran gas pelindung berfungsi untuk melindungi material las dari udara dan kotoran yang ada diluar pada saat proses pengelasan berlangsung, sedangkan arus listrik berfungsi untuk menentukan penetrasi pengelasan yang di inginkan dan lama waktu pengelasan (*holding time*) berfungsi sebagai jeda waktu pengelasan yang berlangsung sehingga proses pengelasan akan berhenti secara otomatis. Pengaturan arus dan waktu pengelasan saling bertolak belakang, dimana jika ingin mendapatkan hasil las yang baik maka sebaiknya menentukan pengaturan arus besar dan waktu pengelasannya singkat dan sebaliknya saat menentukan arus pengelasan yang kecil maka dibutuhkan waktu pengelasan yang sedikit lebih lama.

c. Pembentukan *nugget* pada sambungan las

Pada las *spot TIG welding* busur mencair melalui material plat logam bagian atas dan plat bagian bawah di lebur sehingga terjadi penyambungan dan menghasilkan *nugget* pada material bagian atas, *nugget* pada las *spot TIG* lebih halus dan rata sehingga memungkinkan untuk tidak perlu proses finishing setelah proses pengelasan. Ilustrasi pembentukan *nugget* dapat di lihat pada Gambar 2.3

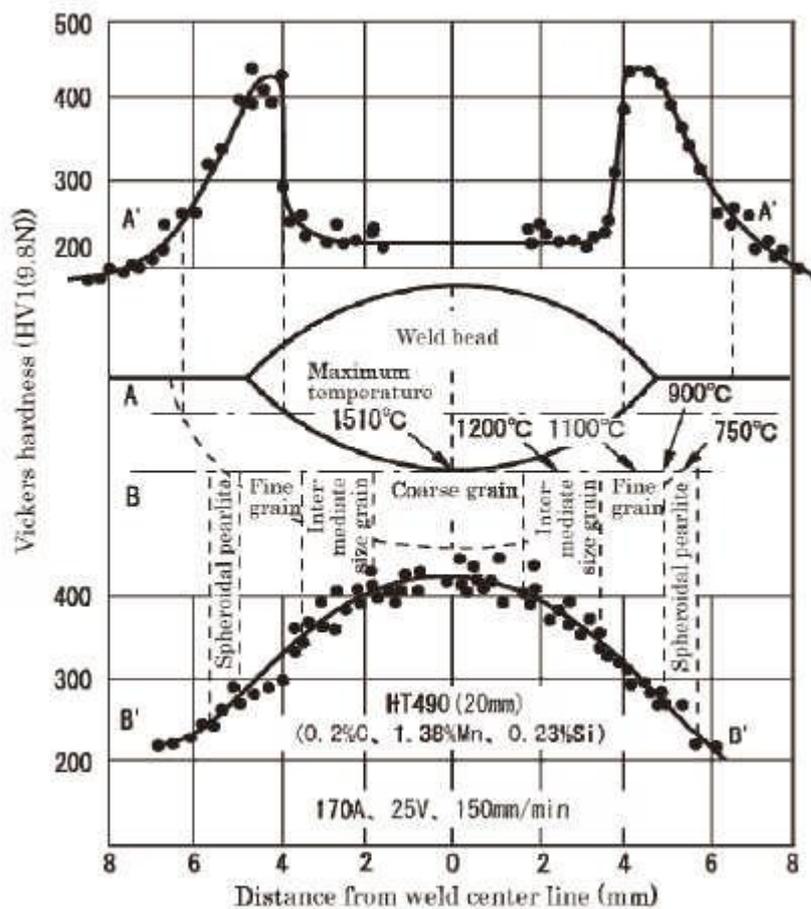


Gambar 2.3 Hasil las *spot TIG welding* (*Manual operating instructions EWM tetrix 351, 2011*)

2.2.2 Metalurgi las

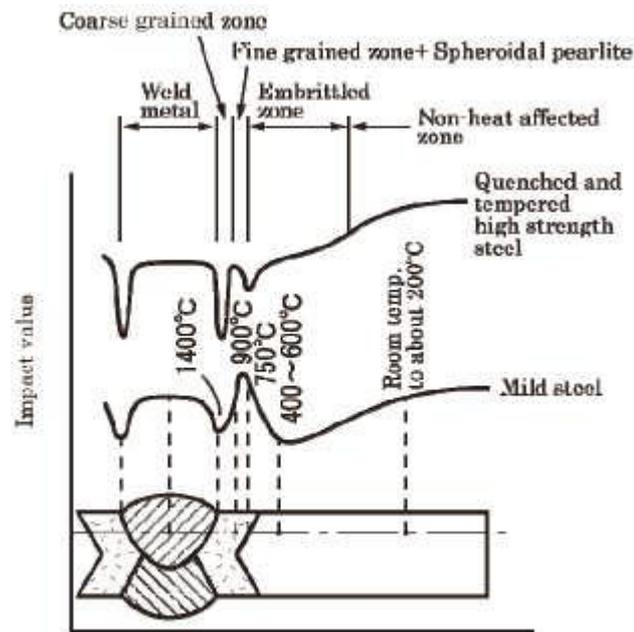
Metalurgi las bertujuan untuk mengetahui struktur mikro pada material logam dan perubahan strukturnya yang mempengaruhi sifat-sifat mekanis logam las, mikrostruktur dan kekerasan berkaitan erat dengan kemampuan kecepatan

pendinginan dan pemanasan ulang pada daerah fusion las dengan HAZ, sehingga perlu di perhatikan setiap perubahan mikrostruktur yang terjadi pada pengelasan. Gambar 2.4 menunjukkan diagram CCT untuk pengelasan. Kekerasan akan meningkat saat terjadi peningkatan pada kecepatan pendinginan (waktu pendinginan lebih pendek) pada pengelasan (Winarto, 2011).



Gambar 2.4 Distribusi kekerasan pada proses pengelasan Bead on Plate (Winarto, 2011)

Daerah yang mengalami penggetasan terjadi pada bagian sisi yang mengalami temperatur reheating yang lebih rendah dari *mild steel*, dimana penggetasan pada bagian butir kasar terdapat pada garis fusi atau fusi line embrittlement. Gambar 2.5 menunjukkan distribusi besarnya dampak pada *heat affected zone (HAZ)* pada baja.



Gambar 2.5 Skema distribusi besarnya impak pada pengelasan (Winarto, 2011)

2.2.3 Parameter pengelasan

Parameter pengelasan merupakan aspek yang dapat mempengaruhi hasil akhir dari proses pengelasan, pada *spot TIG welding* ada beberapa parameter yang digunakan diantaranya arus pengelasan, waktu pengelasan (*holding time*) dan aliran gas pelindung.

a. Arus pengelasan

Dalam proses pengelasan parameter arus las merupakan salah satu aspek yang penting agar menghasilkan sambungan las yang kuat khususnya dalam *spot TIG welding*, namun penggunaan arus dalam pengelasan harus menyesuaikan dengan bahan material logam yang akan dilas karena tidak setiap logam memiliki karakteristik dan sifat mampu las yang sama. Maka dari itu dalam melakukan penelitian *spot TIG welding* lebih baik dilakukan beberapa percobaan terlebih dahulu dalam menyesuaikan parameter arus yang akan digunakan dengan jenis plat logam yang akan digunakan.

b. Waktu pengelasan (*holding time*)

Dalam *spot TIG welding* terdapat parameter waktu pengelasan (*holding time*), lama waktu pengelasan akan berpengaruh pada kekuatan hasil sambungan

dan juga akan berpengaruh terhadap ukuran *nugget* pada benda kerja. Maka dari itu dalam pengelasan *spot TIG welding* harus ditentukan terlebih dahulu waktu pengelasan yang ideal sehingga akan menghasilkan kekuatan tarik-geser pada sambungan yang baik. Apabila waktu pengelasan terlalu singkat akan mengakibatkan sambungan las yang tidak kuat dan kekuatan tarik geser menurun, begitu juga apabila waktu pengelasan terlalu lama akan mengakibatkan kekuatan sambungan yang kurang kuat, maka dari itu perlu ditentukan waktu yang efektif dalam memperoleh hasil sambungan las yang sempurna.

c. Gas pelindung

Gas pelindung berfungsi untuk melindungi cairan logam las (logam pengisi maupun logam induk) dari pengaruh kontaminasi udara sekitar, dan gas pelindung bekerja untuk mencegah terjadinya proses oksidasi antara logam las dengan udara dari luar. Dalam pengelasan *spot TIG welding* gas lindung yang digunakan ialah jenis gas argon (Ar), karena gas argon lebih efektif tidak diperlukan flow rate yang tinggi dan sifatnya lebih stabil. Kelebihan gas argon di antara lain adalah:

- Nyala lebih halus
- Lebih mudah dalam menyalakan busur listrik
- Bisa digunakan untuk bahan yang tipis
- Mengurangi penetrasi
- Lebih murah dan lebih mudah didapat

2.2.4 Galvanis

Baja merupakan salah satu paduan logam yang terdiri dari unsur utama yaitu besi (Fe) dan karbon (C) sebagai unsur penguat. Pengaruh adanya unsur karbon dalam baja ialah untuk meningkatkan kualitas pada baja seperti kekuatan tariknya (*tensile strength*) dan level kekerasannya (*hardness*). Selain unsur tambahan seperti karbon baja sering ditambahkan dengan unsur lain sesuai dengan kalsifikasi jenis baja itu sendiri, seperti unsur Chrom (Cr), vanadium (V), dan

nikel (Ni), penambahan unsur-unsur tersebut sesuai sifat yang ingin dicapai seperti tahan panas, anti korosi dan tahan pada temperatur tinggi.

Galvanis merupakan baja yang dilindungi oleh lapisan *zinc*, baja yang tidak dilapisi unsur *zinc* dapat membentuk lapisan oksidasi dan mampu menyerap air dan udara sehingga menyebabkan korosi (Yasinta, 2016). Proses pelapisan baja tersebut dinamai dengan proses galvanisasi, galvanisasi merupakan proses pelapisan logam dengan tujuan untuk melindungi material logam dari sifat korosi. Pada proses galvanisasi tersebut baja yang dilapisi akan dicelupkan pada larutan zinc dengan suhu sebesar 840^o F, saat material baja dicelupkan akan terbentuk zinc-baja yang mampu tahan terhadap goresan dan lapisan permukaan dilindungi oleh zinc murni yang tentunya akan melindungi material dari korosi. Zinc yang digunakan dalam proses galvanisasi memiliki persentase kemurnian sebesar 98% dan 2% terdiri dari unsur alumunium. Tabel 2.1 menunjukkan unsur kimia yang terdapat pada material galvanis, sedangkan Tabel 2.2 menunjukkan mengenai sifat mekanis pada material galvanis.

Tabel 2.1 Unsur kimia plat galvanis (Sulistijono, 2008)

Kadar Logam	C	Si	Cu	P	Mn
(%)	0.05	0.020	0.018	0.0090	0.60

Tabel 2.2 Sifat mekanis lapisan Fe-Zn pada proses Hot Deep Galvanizing (Sulistijono, 2008)

Fase	Notasi	Titik cair (°C)	Kekerasan	Sifat mekanis
Eta (η)	Zn	419	70-72	Lunak, ulet
Dzeta (ζ)	FeZn ₁₃	530	175-185	Keras, getas
Delta ($\delta - 1$)	FeZn ₇	530-670	240-300	Ulet
Gamma (Γ)	Fe ₃ Zn ₁₀	670-780	...	Tipis, keras, getas

Berdasarkan Tabel 2.2 di atas fase *hot deep galvanizing* pada paduan Fe-Zn yang terjadi secara berlapis-lapis dimana lapisan terluar adalah fase Eta (η) dan lapisan terdalam adalah fase Gamma (Γ).

2.2.5 Baja Tahan Karat (Stainless Steel 430)

Baja jenis stainless steel merupakan baja paduan yang memiliki lingkup yang luas dalam penggunaannya (Surdia, T., 1995). *Stainless steel 430* termasuk pada kategori *stainless steel* seri *ferrit* yaitu baja paduan yang memiliki nilai kadar karbon yang kecil sehingga material relatif rapuh karena nilai kekerasannya kurang. Ketika proses pengelasan pada material ini dilakukan dan saat struktur butir mulai terbentuk pada daerah sekitar *HAZ (Heat Affected Zone)* maka akan mempengaruhi nilai kekuatan pada material logam (Supriyanto, 2012). Material *stainless steel 430* memiliki harga yang lebih murah dan mudah di dapat jika dibandingkan dengan stainless seri 300. Komposisi kimia pada stainless steel 430 dapat di lihat pada Tabel 2.3, sedangkan Tabel 2.4 menunjukkan karakteristik dari material *stainless steel 430*.

Tabel 2.3 Komposisi kimia plat *stainless steel 430* (Wiryosumarto dan Okumura, 2000)

Unsur	Cr	C	Si	Mn	S	Ni	P
Berat %	17	0.12	0.75	1.0	0.03	0.6	0.04

Tabel 2.4 Karakteristik material *stainless steel 430* (Ananta, 2013)

Poisson's ratio	0.27-0.30
Kekuatan tarik	480 Mpa
Regangan	275
Pertambahan panjang	20%
Kekerasan	88 (HRB)
Modulus elastisitas	200 Gpa
Densitas	7.80 gr/cm ³

2.2.6 Pengelasan tak sejenis (*Dissimilar*)

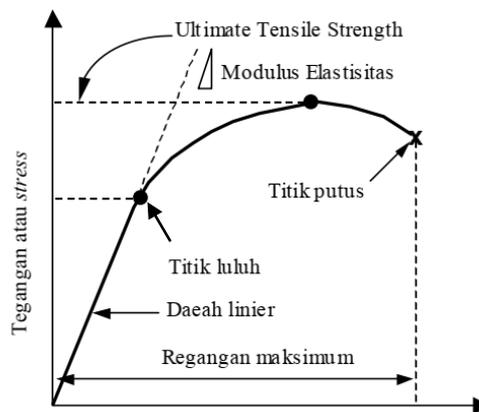
Pada pengelasan material tak sejenis sedikit lebih susah jika dibandingkan dengan pengelasan sejenis (*similar*) dan tak jarang sering ditemukan kegagalan karena terdapat beberapa perbedaan pada kedua material seperti perbedaan sifat fisik, mekanik dan sifat termal yang dimiliki oleh kedua material tersebut. Pada proses pengelasan jenis material, sifat mampu las, konduktivitas dan titik leleh

pada masing-masing material merupakan salah satu unsur penting yang akan menentukan kualitas hasil sambungan las (Faozi, 2015).

2.2.7 Pengujian spesimen

a. Pengujian tarik geser

pengujian tarik merupakan salah satu variabel yang dapat mengidentifikasi hasil kekuatan pada sambungan las, nilai kekuatan tarik dapat ditentukan oleh sifat dari logam uji itu sendiri seperti sifat pada logam induk, daerah HAZ dan pada daerah las, semua sifat tersebut dipengaruhi oleh parameter pengelasan yang digunakan. Pengujian tarik memiliki prinsip kerja yaitu, benda uji diberi pembebanan dengan kenaikan nilai pembebanan secara bertahap sampai dengan pada kondisi benda uji patah (Wiryosumarto dan Okumura, 2008). Pengujian tarik-geser pada sambungan las *spot TIG welding* bertujuan untuk mengetahui nilai TLBC (*Tensile Load Bearing Capacity*) atau biasa disebut kapasitas beban yang diberikan.



Gambar 2.6 Kurva tegangan-regangan (Purnomo, 2017)

a. Tegangan tarik

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan : F = Gaya tarik maksimum (N)
A₀ = Luas penampang (mm)

b. Modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan : E = Modulus elastisitas (Pa)
 σ = tegangan (N/mm²)
 ε = regangan

b. pengujian makro dan mikro

Logam terdiri dari struktur yang sangat kecil oleh karena itu struktur yang terbentuk dalam suatu logam tidak bisa jika di lihat oleh mata secara langsung. Pengujian makro bertujuan untuk mengetahui batas yang terbentuk dalam sambungan las biasanya batas tersebut dapat menunjukkan daerah logam induk, daerah *HAZ* dan daerah las. Sebelum pemeriksaan makro dilakukan, benda uji terlebih dahulu diberikan perlakuan kimiawi atau biasa disebut proses *etsa* dimana benda uji di celupkan dengan campuran etsa kimia dalam jangka waktu tertentu. Setelah itu dilakukan pengamatan makro untuk mengetahui permukaan las yang terdapat lubang-lubang atau patahan. Angka perbesaran uji makro antara 0.5 sampai 50 kali.

Sedangkan pengujian mikro bertujuan untuk mengetahui fasa yang terjadi pada benda uji dan untuk mengetahui bagian daerah logam induk, daerah *HAZ* dan daerah las, sehingga dengan begitu dapat diketahui karakteristik dari benda uji tersebut setelah diberikan proses pengelasan. Sama seperti uji makro, pada uji mikro ini benda uji harus dilakukan proses etsa terlebih dahulu agar struktur yang terdapat pada benda uji dapat teramati dengan jelas, namun sebelum dilakukan proses etsa benda uji harus terlebih dahulu dibuatkan cetakan atau *mounting* setelah itu dilakukan pengamplasan dan pemolesan dengan menggunakan autosol, setelah proses itu semua selesai maka benda uji diberikan etsa kemudian dilakukan pengamatan struktur pada benda uji .

c. Pengujian kekerasan (*Vickers*)

Sifat kekerasan suatu material menjadi salah satu unsur yang penting terlebih lagi jika material akan mengalami gesekan dan deformasi plastis, nilai kekerasan dapat menggambarkan kemampuan suatu material dalam menerima penekanan atau penetrasi. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material terhadap indenter intan yang cukup kecil. Pengujian kekerasan yang dilakukan ialah menggunakan metode *vickers* dimana kelebihan

uji *vickers* yaitu memiliki bekas penekanan yang kecil, nilai pengukurannya lebih teliti dan memiliki range ukuran yang besar. Beban yang diberikan pada metode *vickers* lebih kecil jika dibandingkan dengan uji kekerasan metode *rockwell* dan *brinell* yaitu antara 1 sampai dengan 1000 gram.



Gambar 2.7 Pengujian *vickers* dan bentuk indentor *vickers* (Calister, 2001)

Pengujian kekerasan *vickers* memiliki persamaan sebagai berikut :

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

HV : angka kekerasan *vickers*

P : Beban (kg)

d : diagonal (mm),/ rata-rata ukuran bekas injakan d_1 dan d_2