

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesuai dengan berjalannya waktu, teknologi pun semakin berkembang dan memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Saat ini teknologi pengelasan telah dipergunakan secara luas dalam proses penyambungan material baik itu pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi untuk mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini juga didukung akan pemahaman mendalam terhadap ilmu metalurgi dan material dimana dengan pemahaman tersebut kita diharapkan dapat menghasilkan sambungan dari lasan yang cukup baik agar proses penyambungan pada konstruksi bangunan dan mesin dapat menyambung dengan baik dan tidak mudah putus. Proses pengelasan mungkin terlihat sederhana, namun sesungguhnya didalamnya banyak problem-problem yang perlu diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan dan pengalaman.

Karena itu didalam proses pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi proses tersebut. Secara terperinci dapat dikatakan bahwa dalam perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula tentang cara pengelasan, cara pemeriksaan, bahan las dan jenis las yang akan dipergunakan, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang. Dalam proses penyambungan untuk konstruksi maupun permesinan. Proses pemilihan material dasar yang hendak disambung memiliki peranan penting untuk dapat menghasilkan sambungan pada konstruksi yang cukup baik.

Sampai saat ini pemilihan baja sebagai material dasar untuk penyambungan telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, mengingat sifat-sifat fisik dan mekanis baja yang cukup baik untuk aplikasi konstruksi dan permesinan. Namun selayaknya jenis material-material lain, baja juga memiliki keterbatasan sifat yang mana dalam aplikasi-aplikasi khusus yang bergantung pada kondisi lingkungan dan perlakuan

tertentu baja menjadi tidak bisa dipergunakan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, baja dalam bentuk paduan telah dibuat.

Baja paduan dibuat untuk mengatasi keterbatasan sifat pada baja yang rentan terhadap kondisi lingkungan tertentu seperti lingkungan yang korosif dipergunakan baja tahan karat stainless steel dan untuk aplikasi yang membutuhkan keausan tinggi dipergunakan baja tahan aus *wear resistance steel*. Baja paduan sendiri memiliki jenis yang beragam, bergantung pada jenis paduan, perlakuan dan aplikasinya. Dengan demikian untuk keperluan dan aplikasi tertentu, kombinasi material-material yang berbeda sifat dan karakteristiknya dapat dipergunakan sebagai cara untuk mengatasi keterbatasan dari sifat material yang digunakan. Kombinasi material dengan jenis dan sifat yang berbeda telah banyak diaplikasikan misalnya pada alat penukar panas (*heat exchanger*), bejana tekan, dan sistem perpipaan. Namun dalam pelaksanaannya terdapat beberapa kendala teknis yang sering muncul terutama dalam proses penyambungan pada material yang berbeda jenis. Salah satu cara penyambungan untuk bagian-bagian logam yang berpisah adalah dengan proses pengelasan.

Las (*welding*) adalah suatu cara untuk menyambung material dengan jalan mencairkan material melalui pemanasan dengan ataupun tanpa tekanan. Dalam

penelitian ini, yang akan ditelaah lebih lanjut adalah metode penyambungan las pada duamaterial yang berbeda. Ada beberapa jenis proses pengelasan yang sering digunakan dibidang fabrikasi industri yakni salah satunya adalah proses *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*. Proses pengelasan ini cukup populer dan banyak digunakan, hal ini cukup beralasan karena jenis pengelasan ini cukup sederhana, tidak memerlukan peralatan yang kompleks, mobilitas peralatan yang bisa menjangkau berbagai tempat kerja, kualitas hasil pengelasan yang cukup baik, konsumsi energi lebih efisien, dan waktu serta biaya yang relatif kompetitif.

1.2 Rumusan Masalah

Dari hasil penelitian dan berdasarkan Judul tersebut maka didapatkan rumusan masalah yang dapat dikaji adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap kekuatan tarik pada pengelasan SMAW stainless steel SUS 304 ?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus terhadap kualitas sambungan pada pengelasan stainless steel SUS 304 ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji, maka perlu diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah stainless steel SUS 304 dengan ukuran 250 mm x 60 mm dengan tebal 40 mm.
2. Menggunakan proses SMAW untuk melakukan proses pengelasan
3. Jenis Kawat pengelasan yang digunakan adalah NSN-308 dengan diameter 2.6 mm

4. Menggunakan Variasi Arus 80A, 100A, 120A.
5. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan foto hasil kualitas pengelasan.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari masing – masing proses pengelasan pada stainless steel dengan menggunakan pengujian tarik.
2. Untuk Mengetahui kualitas (cacat) hasil pengelasan pada masing – masing kuat arus pada proses pengelasan stainless steel dengan menggunakan pengujian foto makro.

1.5 Manfaat

Melalui penelitian ini, mengharapkan manfaat yang didapat pada dunia pendidikan khususnya dibidang pengelasan dengan mengaplikasikan ilmu yang didapat selama diakademis untuk menghadapi suatu permasalahan pengelasan tentang pengaruh variasi arus yang berbeda pada metode pengelasan SMAW untuk material stainless steel SUS 304 menggunakan kawat las dengan tipe NSN-308.

BAB 2

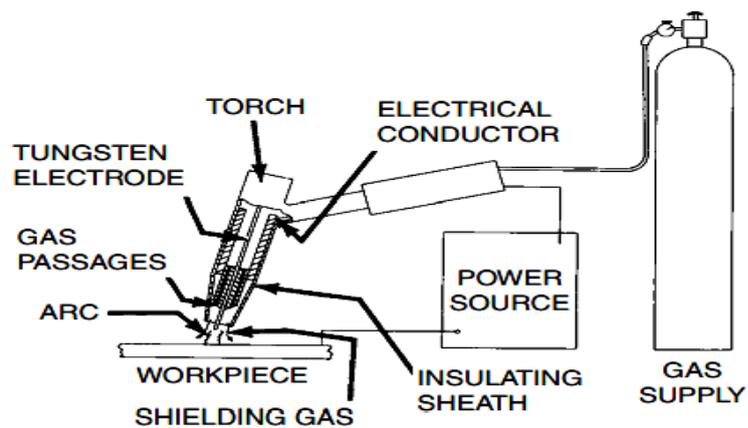
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Siswanto, 2011). Menurut (Tarkono, 2010) perbedaan menggunakan jenis-jenis elektrode akan mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (*elongation*). Pada penelitian (Syahrani, 2013) melakukan variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan bending padabaja SM 490 diperoleh perbedaan nilai kekuatan tarik dan bending. Penelitian ini menggunakan perbedaan metode pegelasan, penggunaan arus, dan jenis elektroda. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektrode dan jenis kampuh yang digunakan.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsch Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

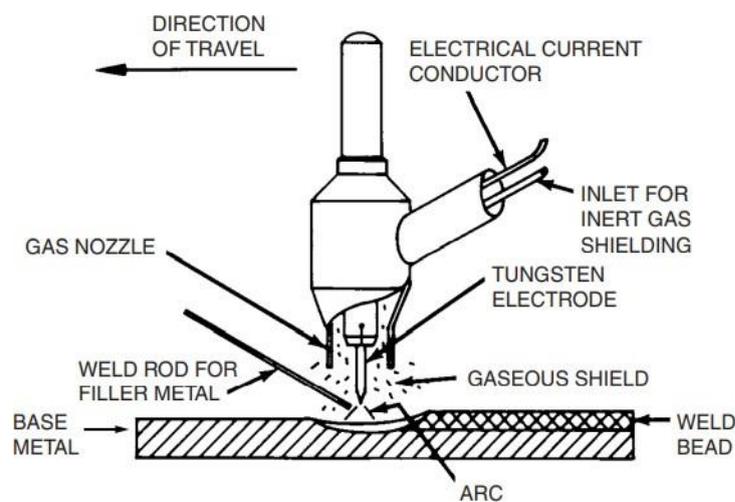
Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya. Faktor yang mempengaruhi proses pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai



Gambar 2. 1 Skematik Pengelasan Gas Metal Arc Welding

b. *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*

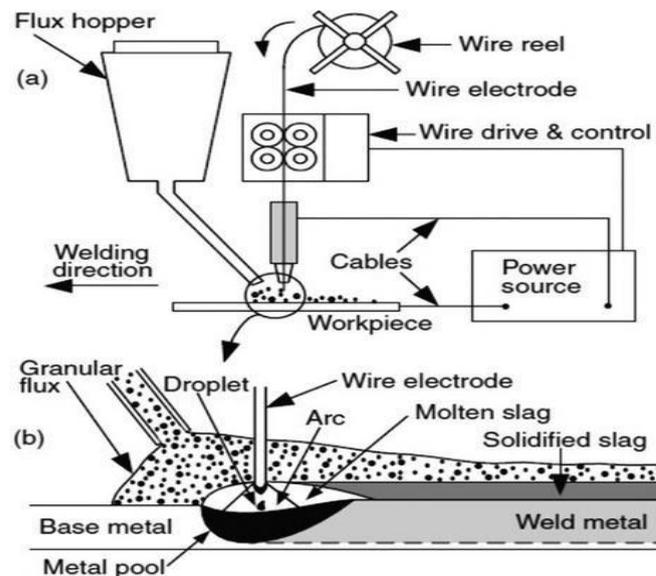
Gas tungsten arc welding (GTAW) adalah proses las busur yang menggunakan busur antara tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses ini digunakan dengan perlindungan gas dan tanpa penerapan tekanan. Proses ini dapat digunakan dengan atau tanpa penambahan filler metal. GTAW telah menjadi sangat diperlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan yang rendah skematik proses pengelasan dapat dilihat seperti gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2. 2 Skematik Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding

c. Submerged Arc Welding (SAW)

Submerged Arc Welding (SAW) adalah salah satu jenis las listrik dengan proses memadukan material yang dilas dengan cara memanaskan dan mencairkan metal induk dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara metal induk dan elektroda. Arus dan busur lelehan metal diselimuti (ditimbun) dengan butiran flux di atas daerah yang dilas seperti yang terlihat pada gambar 2.3 di bawah ini.

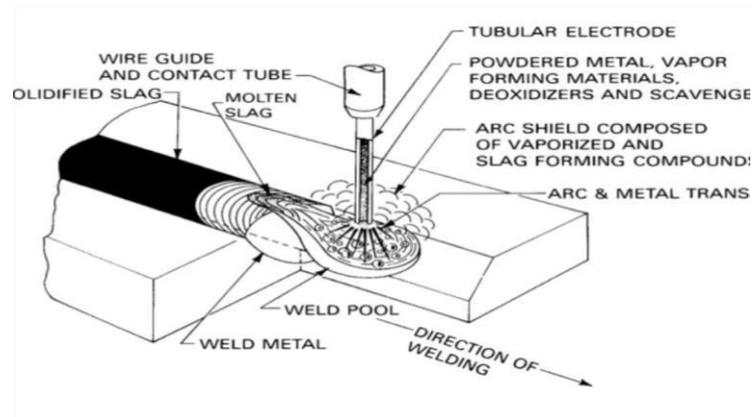


Gambar 2. 3 Skematik Pengelasan Submerged Arc Welding

d. Flux Cored Arc Welding (FCAW)

Flux cored arc welding (FCAW) merupakan las busur listrik flux inti tengah. FCAW merupakan kombinasi antara proses SMAW, GMAW dan SAW. Sumber energi pengelasan yaitu dengan menggunakan arus listrik AC atau DC dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau rectifier. FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan karbon dioksida CO₂. Biasanya, padamesin las FCAW ditambah robot yang bertugas untuk menjalankan pengelasan biasa disebut dengan super anemo seperti yang

dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.

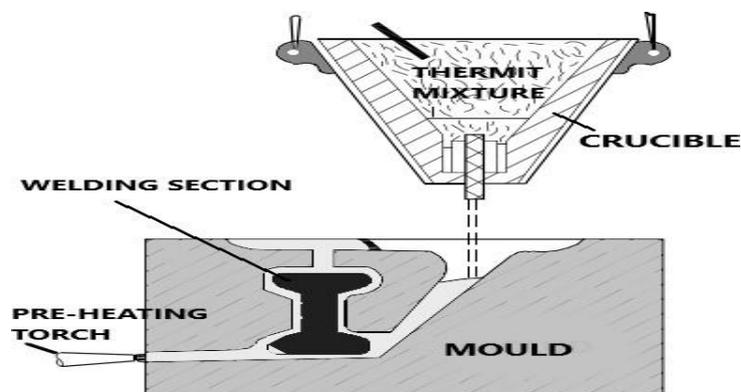


Gambar 2. 4 Skematik Pengelasan Flux-Cored Arc Welding

e. Thermit Welding (TW)

Thermit welding (TW) adalah proses pengelasan di mana panas untuk penggabungan dihasilkan dari logam cair yang berasal dari reaksi kimia *Thermit*. *Thermit* merupakan merk dagang dari *thermite*, yakni sebuah campuran serbuk aluminium dan besi oksida yang bisa menghasilkan reaksi *exothermic* ketikadibakar. Bahan tambah atau *filler* pada pengelasan ini berupa logam cair. Logam cair tersebut dituang pada sambungan yang telah dilengkapi dengan cetakan. Proses penggabungan ini lebih mirip dengan pengecoran dapat dilihat seperti pada gambar

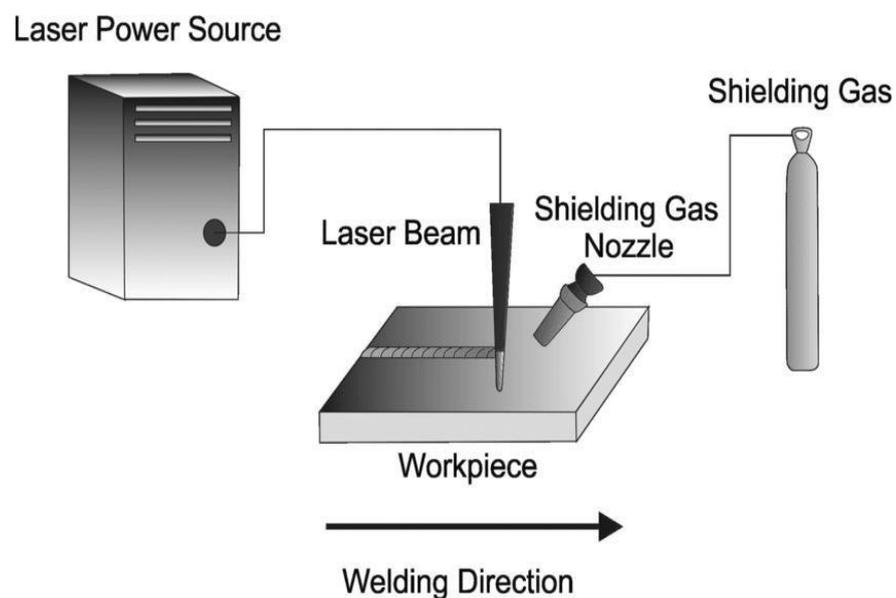
2.5 di bawah ini.



Gambar 2. 5 Skematik Pengelasan Thermit Welding (TW)

f. Laser Beam Welding (LBW)

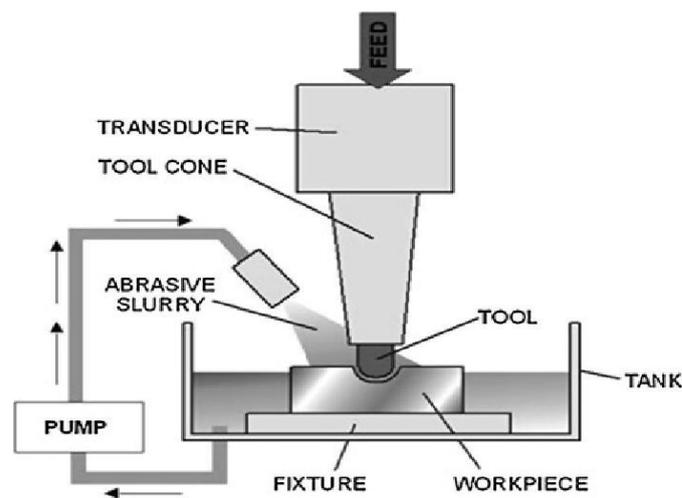
Laser beam welding (LBW) adalah proses pengelasan di mana penggabungan diperoleh dari energi yang terkonsentrasi tinggi, sorotan cahaya sedarap difokuskan pada sambungan benda kerja. Pada umumnya dioperasikan dengan gas pelindung untuk mencegah oksidasi. Gas pelindung yang digunakan contohnya adalah helium, argon, nitrogen, dan karbon dioksida. Pada LBW bahan tambah atau *filler* biasanya tidak diberikan seperti yang terlihat pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2. 6 Skematik Pengelasan Laser Beam Welding (LBW)

g. Ultrasonic Welding (USW)

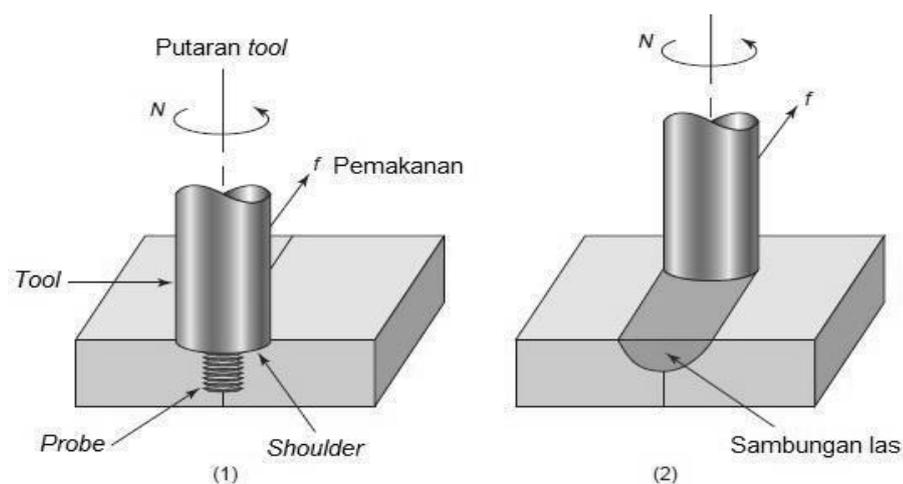
Ultrasonic welding (USW) adalah jenis pengelasan *solid-state* di mana dua benda kerja ditahan/dijepit bersamaan dan diberi getaran berfrekuensi *ultrasonic* supaya terjadi penggabungan. Gerak dari getaran melewati celah antara dua benda kerja yang dijepit secara *lap joint*. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya kontak dan ikatan metalurgi yang kuat antara kedua permukaan benda kerja. Panas pada proses USW dihasilkan dari gesekan antar permukaan benda kerja dan deformasi plastis. Suhu panas tersebut berada di bawah titik cair benda kerja seperti yang terlihat pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2. 7 Skematik Pengelasan Ultrasonic Welding

h. Friction Stir Welding (FSW)

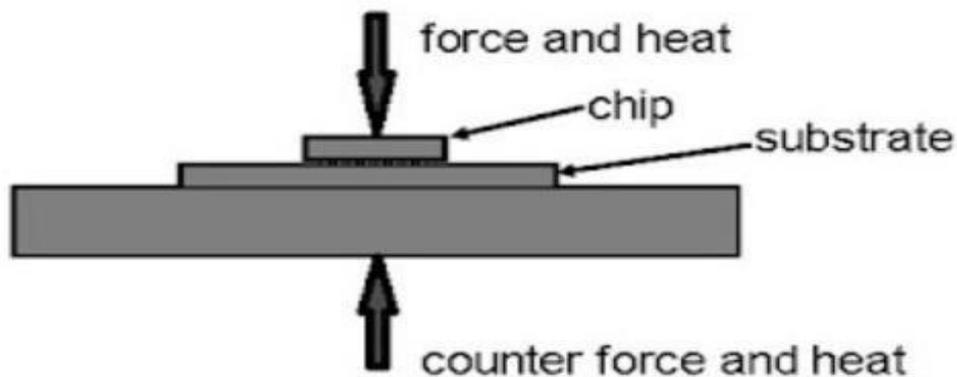
Friction stir welding (FSW) adalah proses pengelasan *solid-state* di mana sebuah *tool* yang berputar dimakamkan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. *Tool* yang berputar dan dimakamkan pada garis sambungan tersebut menghasilkan panas serta secara mekanis menggerakkan (*stirring*; bentuk dasar: *stir*, sehingga diberi nama *friction stir welding*) logam untuk membentuk sambungan las seperti yang terlihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. 8 Skematik Pengelasan Friction Stir Welding

i. Diffusion welding (DFW)

Diffusion welding (DFW) adalah proses pengelasan solid-state yang dihasilkan dari pemberian panas dan tekanan supaya terjadi difusi serta penggabungan. Proses tersebut biasanya dilakukan dengan atmosfer yang terkontrol dan waktu yang tepat untuk membiarkan difusi serta penggabungan terjadi. Temperatur yang digunakan sebaiknya di bawah titik cair dari logam benda kerja dan deformasi plastis yang terjadi pada permukaan benda kerja sebaiknya minimal. Mekanisme penggabungan pada diffusion welding terjadi dalam bentuk padat, di mana atom berpindah dan saling menyeberang di antara dua permukaan benda kerja yang saling kontak. Pengelasan ini terkadang menggunakan lapisan bahan tambah yang diletakkan di antara dua benda kerja yang akan disambung (seperti roti isi) seperti yang terlihat pada gambar 2.9 di bawah ini.

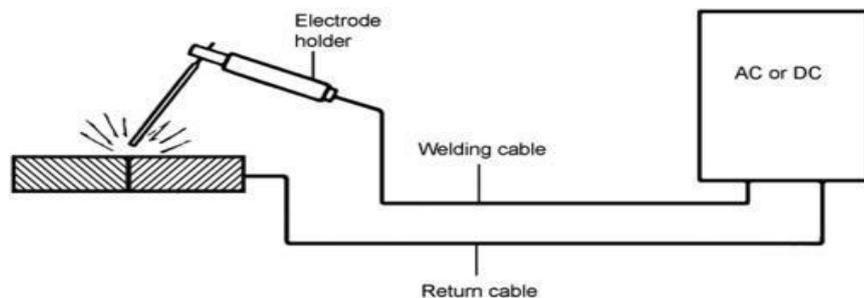


Gambar 2. 9 Skematik Pengelasan Diffusion Welding

j. Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

Pengertian SMAW (Shielded Metal Arc Welding) atau las busur logam terlindung adalah suatu proses pengelasan busur listrik dimana energi panas untuk pengelasan dibangkitkan oleh busur listrik yang terbentuk antara elektroda logam

yang terbungkus dan benda kerja. Logam pengisi yang ada di dalam elektroda dibungkus oleh slag yang akan menjadi pelindung logam lasan saat proses pengelasan berlangsung. Las SMAW biasa disebut juga dengan istilah las MMA (Manual Metal Arc) atau stick welding. Diagram proses pengelasan SMAW dapat dilihat pada ilustrasi berikut



Gambar 2. 10 Skematik Pengelasan Shielded Metal Arc Welding

k. Oxygen Asitilen Welding (OAW)

Oxygen Asitilen Welding (OAW) suatu proses pengelasan gas yang menggunakan sumber panas nyala api melalui pembakaran gas oksigen dan gas asetilen untuk mencairkan logam dan bahan tambah. Dalam pengelasan OAW ini biasanya digunakan hanya untuk plat tipis, hal ini dikarenakan sambungan las *Oxygen Acetyline* ini mempunyai kekuatan yang rendah dibandingkan las busur listrik seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.

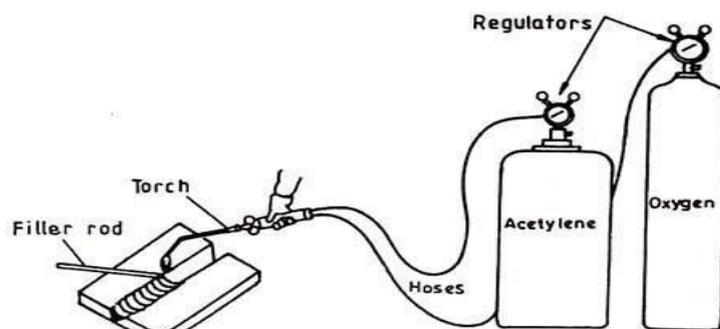


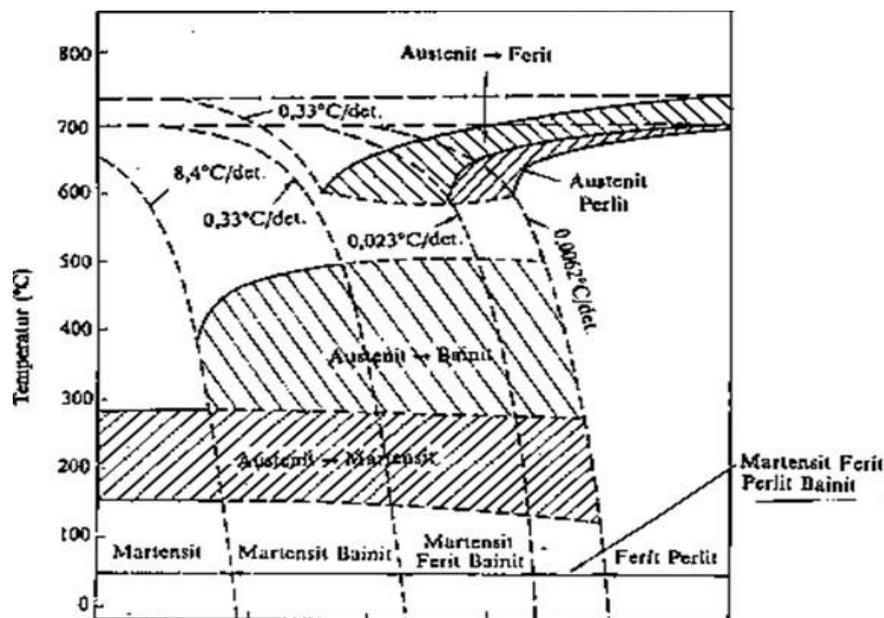
Fig. 2-49 A standard setup for oxy-acetylene welding.

Gambar 2. 11 Skematik Pengelasan Oxygen Asitilen Welding

2.4 Diagram CCT (Continuous Cooling Transformation)

Pada proses pengelasan, transformasi austenit menjadi ferit merupakan tahap yang paling penting karena akan mempengaruhi struktur logam las, hal ini disebabkan karena sifat-sifat mekanis material ditentukan pada tahap tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi transformasi austenit menjadi ferit adalah masukan panas, komposisi kimia las, kecepatan pendinginan dan bentuk sambungan las.

Struktur mikro dari baja pada umumnya tergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah austenit sampai suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki baja juga akan berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro yang terbentuk biasanya digambarkan dalam diagram yang menghubungkan waktu, suhu dan transformasi, diagram tersebut dikenal dengan diagram CCT (*continuous cooling transformation*).



Gambar 2. 12 Tabel 2. 1 Diagram CCT Baja Stainless 304

Contoh diagram CCT ditunjukkan dalam gambar di atas, dari diagram di atas dapat dilihat bahwa bila kecepatan pendinginan naik berarti waktu pendinginan dari suhu austenit turun, struktur akhir yang terjadi berubah campuran ferit-perlit ke campuran ferit-perlit-bainit-martensit, ferit-bainit-martensit, kemudian bainit-martensit dan akhirnya pada kecepatan yang tinggi sekali struktur akhirnya adalah martensit.

2.5 Material Stainless Steel SUS 304

Grade 304 adalah termasuk jenis *austenitic stainless steel* yang paling serbaguna dan paling luas pemakaiannya, tersedia dalam range produk yang luas, yang mempunyai bentuk dan finish yang bagus disbanding dengan jenis yang lain. Mempunyai karakteristik welding dan forming yang bagus. Keseimbangan *austenitic structure* dari Grade 304 memungkinkan untuk diproses tanpa *intermediate annealing*, sehingga membuat *grade* ini dominan di industri manufaktur *stainless parts* seperti *sinks*, *hollow-ware* dan *saucepans*. Grade 304 sudah banyak aplikasinya di bidang industrial, architectural, dan *transportation*. Grade 304 memiliki karakteristik las yang bagus. *Post-weld annealing* tidak dibutuhkan ketika *welding section* yang tipis.

Grade 304L, versi *low carbon* dari 304, tidak membutuhkan *post-weld annealing* dan dipakai secara luas dalam *heavy gauge components* (lebih dari 6mm).

Grade 304H dengan kadar *carbon* yang tinggi diaplikasikan pada temperatur yang tinggi. *Austenitic structure* juga memberikan grade ini ketangguhan yang bagus, meskipun pada *cryogenic temperature*. Untuk Spesifikasi, komposisi kimia, dan sifat

mekanik dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 1 Spesifikasi Stainless Steel SUS 304

Stainless Steel SUS 304	Keterangan
Specifications	ASTM A240 Grade 304
Standard	AISI, JIS, ASTM, DIN
Thickness	0.40MM to 6MM,
Cutting Method	Plasma Cut, Laser Cut, Waterjet Cut, Saw Cut
Length	1000mm to 6000mm
Form	Coils, Foils, Rolls, Plain Sheet, Shim Sheet, Perforated Sheet, Chequered Plate, Strip, Flats, Blank (Circle), Ring (Flange)
Finish	- Cold Rolles (2D, 2B, 2R) - Heat Treated (2D,2B) - Satin Polish (1K/2K)
Hardness	Soft, Hard, Half Hard, Quarter Hard, Spring Hard etc.
Grade	ASTM A240 Grade 304

Tabel 2 Mechanical Physical properties

Grade	Tensile Strength (Mpa)min	Yield Strength 0,2% Proof (Mpa)min	Elongation (% in 50mm) min	Hardness	
				Rockwell B (HRB) max	Brinell (HB) max3
304	515	205	40	92	201

Tabel 3 Nilai Chemical Composition

Grade		C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
304	Min	-	-	-	-	-	18,0	-	8,0	-
	Max	0,08	2,0	2,0	0,75	0,045	0,03	-	10,5	0,10

2.6 Elektroda Pengelasan

Kawat Las NIKKO NSN-308 Diameter 3,2mm x 350mm adalah kawat las untuk pengelasan Stainless Steel / baja tahan karat 18% Cr-8%Ni. jenis salutan: Lime Titania. Penggunaan arus yang relatif rendah, Spatter sedikit, busur api stabil, terak mudah lepas, logam las bersih dan tahan korosi. Sangat cocok digunakan pada industri kimia, obat, pengolahan makanan, pupuk dan pabrikasi stainless.

Tabel 4 Spesifikasi Stainless Steel SUS 304

No	Nama	Spesifikasi
1.	Model Code	NSN-308
2.	Diameter (mm)	2.6 mm
3.	Certifications	AWS A5.4 E308-16, JIS Z 3221 D308-16
4.	Tensile Strength	60.8 kgf/mm ²
5.	Elongation	45 %
6.	Yield Point	40.7 kgf/mm ²
7.	Current	AC, DC+

2.7 Kelebihan Dan Kekurangan Pengelasan SMAW

Pada pengelasan dengan metode SMAW terdapat kelebihan dan kekurangan antara lain :

a. Kelebihan

1. Dapat dipakai dimana saja didalam air maupun di luar air
2. Pengelasan dengan segala posisi.
3. Elektroda tersedia dengan mudah dalam banyak ukuran dan diameter.
4. Perlatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana-mana.
6. Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli & gemuk.
7. Dapat di kerjakan pada ketebalan berapapun

b. Kekurangan

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan.
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya flag harus dibersihkan.
3. Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja non – ferrous.

Efisiensi endapan rendah

2.8 Pengujian Tarik

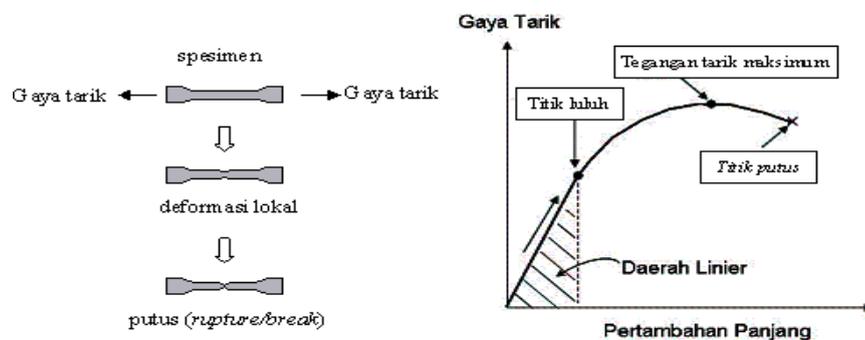
2.8.1 Pengertian Pengujian Tarik

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Uji tarik juga dapat diartikan sebagai suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu.

Percobaan ini untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Salah satu cara untuk mengetahui besaran sifat mekanik dari logam adalah dengan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik.

2.8.2 Teori Pengujian Tarik

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada gambar dibawah ini. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gambar 2. 13 Gambaran Singkat Uji Tarik Dan Datanya

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan **UTS**, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum.

1. Hukum Hooke (*Hooke's Law*)

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva penambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut:

“rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan”

Stress adalah beban dibagi luas penampang bahan dan strain adalah penambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

1. Stress: $\sigma = F/A$

2. Strain: $\varepsilon = \Delta L/L$

3. F: gaya tarikan

4. ΔL : penambahan panjang

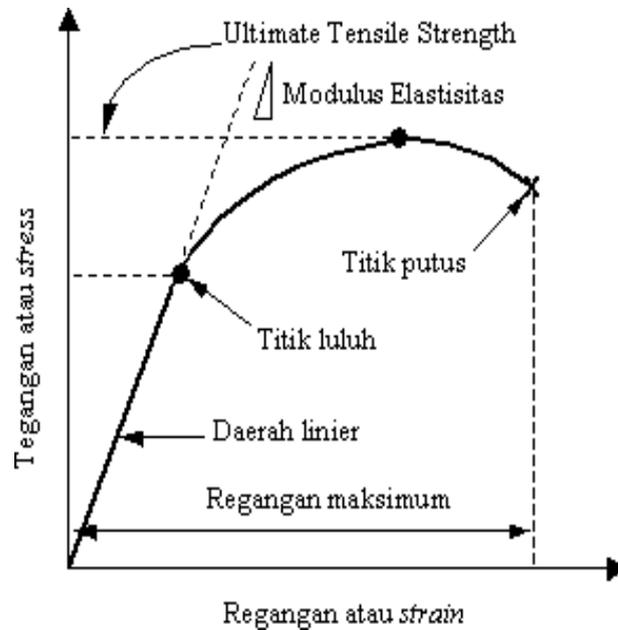
5. A: luas penampang

6. L: panjang awal

Hubungan antara stress dan strain dirumuskan: $E = \sigma / \varepsilon$

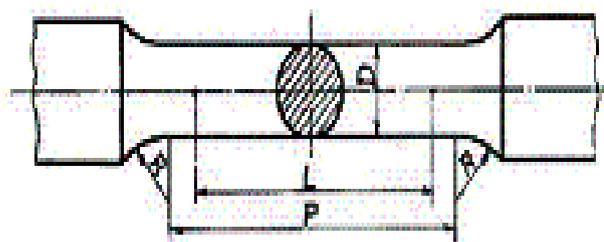
Untuk memudahkan pembahasan, Gambar kita modifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarikan dan penambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*). Selanjutnya kita dapatkan Gambar.2, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan

regangan (ϵ) selalu tetap. E diberi nama “*Modulus Elastisitas*” atau “*Young Modulus*”. Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini kerap disingkat kurva SS (*SS curve*).



Gambar 2. 14 Kurva Tegangan-Regangan

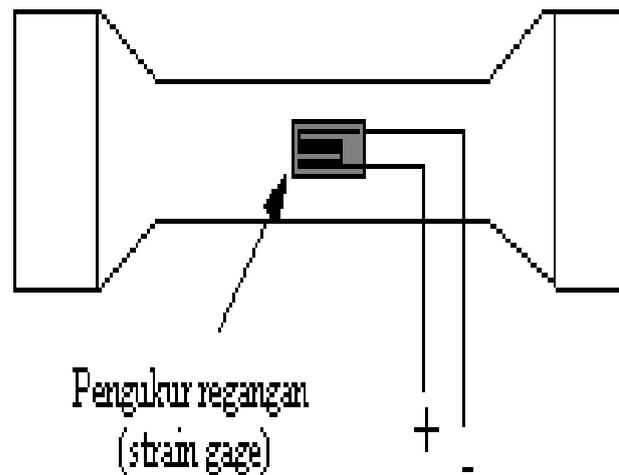
Bentuk bahan yang diuji, untuk logam biasanya dibuat *spesimen* dengan dimensi seperti pada Gambar berikut.



Unit: mm

D	L	P	R
14	50	60	≥ 15

Gambar 2. 15 Dimensi Spesimen Uji Tarik (JIS Z2201).



Gambar 2. 16 Ilustrasi Pengukur Regangan Pada Spesimen

Perubahan panjang dari spesimen dideteksi lewat pengukur regangan (*strain gage*) yang ditempelkan pada spesimen seperti diilustrasikan pada Gbr.4. Bila pengukur regangan ini mengalami perubahan panjang dan penampang, terjadi perubahan nilai hambatan listrik yang dibaca oleh detektor dan kemudian dikonversi menjadi perubahan regangan.

2.8.3 Jenis-jenis Spesimen Uji Tarik

Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari ASTM E8 atau D638. Standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksudkan agar retak dan patahan terjadi di daerah *gage length*. *Face* dan *grip* adalah faktor penting. Dengan pemilihan *setting* yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi slip atau bahkan pecah dalam daerah *grip* (*jaw break*). Ini akan menghasilkan hasil yang tidak valid. *Face* harus selalu tertutup di seluruh permukaan yang kontak dengan *grip*. Agar spesimen uji tidak bergesekan langsung dengan *face*. contoh spesimen pada proses uji tarik salah satunya adalah komposit Al-SiC.

2.8.4 Cara Melakukan Pengujian Tarik

Mesin uji tarik untuk material yang terdiri atas beberapa bagian, Bagian atas disebut sebagai *Crosshead*, atau bagian yang bergerak yang menarik benda uji, Sepasang ulir silinder akan membawa atau menggerakkan bagian crosshead. Sementara itu di bagian bawah di buat static. dibagian crosshead terdapat sensor loadcell yang akan mengukur besarnya gaya tarik, sedangkan untuk mengukur perubahan panjang digunakan strain gages atau extensometer.

Dengan menarik suatu bahan kita akan mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Dalam pengujian tarik ini, bahan yang ingin dilakukan pengujian harus mendapatkan beberapa perlakuan khusus seperti perubahan panjang dari spesimen dideteksi lewat pengukur regangan (*strain gage*) yang ditempelkan pada spesimen seperti diilustrasikan pada Bila pengukur regangan ini mengalami perubahan panjang dan penampang, terjadi perubahan nilai hambatan listrik yang dibaca oleh detektor dan kemudian dikonversi menjadi perubahan regangan.

Adapun langkah – langkah yang dikerjakan dalam percobaan ini yaitu :

- a. Menyiapkan spesimen dan alat uji tarik yang akan digunakan
- b. Mengalibrasi alat uji tarik yang akan digunakan
- c. Menempatkan spesimen pada tempat yang telah disediakan pada alat uji tarik
- d. Mengontrol alat agar spesimen yang telah ditempatkan tercengkram dengan sempurna pada alat uji tarik
- d. Memutar pengontrol kecepatan pada control panel
- e. Mengamati hasil pengukuran pada monitor control panel

2.8.5 Hasil Proses Uji Tarik

Interpretasi dari hasil uji tarik dapat dijelaskan sebagai berikut

a. Kelenturan (*ductility*)

Merupakan sifat mekanik bahan yang menunjukkan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum suatu bahan putus atau gagal pada uji tarik. Bahan disebut lentur (*ductile*) bila regangan plastis yang terjadi sebelum putus lebih dari 5%, bila kurang dari itu suatu bahan disebut getas (*brittle*).

b. Derajat kelentingan (*resilience*)

Derajat kelentingan didefinisikan sebagai kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase perubahan elastis. Sering disebut dengan Modulus Kelentingan (*Modulus of Resilience*), dengan satuan *strain energy per unit volume* (Joule/m³ atau Pa).

c. Derajat ketangguhan (*toughness*)

Kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai bahan tersebut putus. Sering disebut dengan Modulus Ketangguhan (modulus of toughness).

d. Pengerasan regang (*strain hardening*)

Sifat kebanyakan logam yang ditandai dengan naiknya nilai tegangan berbanding regangan setelah memasuki fase plastis.

e. Tegangan sejati , regangan sejati (*true stress, true strain*)

Dalam beberapa kasus definisi tegangan dan regangan seperti yang telah dibahas di atas tidak dapat dipakai. Untuk itu dipakai definisi tegangan dan regangan sejati, yaitu tegangan dan regangan berdasarkan luas penampang bahan secara *real time*.

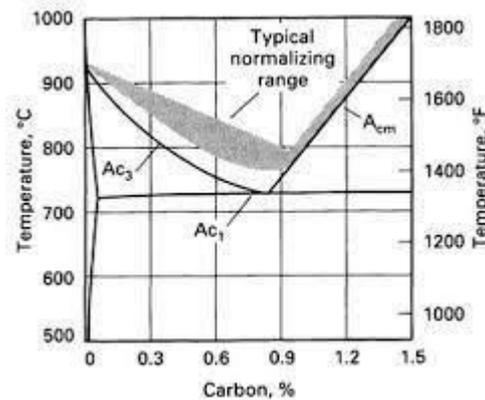
2.9 Heat Treatment Baja SUS 304

Stainless steel SUS 304 adalah salah satu material yang banyak di gunakan dalam peralatan industri, alasan beberapa industri menggunakan material ini adalah mengandung tingkat keasaman cukup tinggi, yang mempunyai ketahanan terhadap korosi yang sangat tinggi. Selain itu stainless steel dapat menahan korosi yang disebabkan oleh berbagai macam zat kimia. Proses perlakuan panas meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, di pertahankan pada waktu tertentu dan di dinginkan pada media tertentu pula. Perlakuan panas mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butir kristal, meningkatkan kekerasan, tegangan tarik logam dan sejenisnya. Tujuan tersebut akan tercapai jika memperhatikan faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media pendingin yang digunakan (Djafrie, 1985). Sifat mekanik tersebut terutama meliputi kekerasan, keuletan, kekuatan, ketangguhan. Penggunaan baja stainless steel di dunia semakin meningkat dikarenakan karakteristiknya yang menguntungkan. Terdapat penambahan tuntutan dari karakteristik material untuk bangunan dan industri konstruksi dimana stainless steel digunakan untuk material berpenampilan menarik (attractive), tahan korosi (corrosion resistance), rendah perawatan (low maintenance) dan berkekuatan tinggi (high strength). Dengan sifat pada masing-masing material berbeda, maka banyak metode untuk menguji sifat apa sajakah yang dimiliki oleh suatu material tersebut. Uji impact merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Oleh karena itu uji impact banyak dipakai dalam bidang menguji sifat mekanik yang dimiliki oleh suatu material tersebut. Uji impact adalah pengujian dengan menggunakan

pembebanan yang cepat (rapid loading). Salah satu material yang akan digunakan pada uji impact adalah stainless steel AISI 304. Hasil dari proses hardening pada baja, akan menimbulkan tegangan dalam (internal stresses), dan rapuh (britles), sehingga baja tersebut belum cocok untuk segera digunakan. Oleh karena itu pada baja tersebut perlu dilakukan proses lanjut yaitu proses temper. Proses tempering akan menurunkan kegetasan, kekuatan tarik dan kekerasan sampai memenuhi syarat penggunaan, sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat. Quenching adalah proses pemanasan logam sampai dengan suhu austenitisasi, ditahan beberapa waktu agar austenite dapat homogen, kemudian di dinginkan secara cepat sehingga akan membentuk struktur martensite yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi bila di bandingkan dengan struktur perlite dan ferite. Quenching merupakan salah satu proses perlakuan panas yang cukup penting dan banyak dilakukan dalam proses manufacturing di industri logam. Meskipun quenching dapat memperbaiki sifat mekanik baja, tetapi di sisi lain akan menimbulkan tegangan dalam yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk dan ukuran sehingga bisa mengakibatkan adanya retakan (Totten, 1997).

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan. Perlakuan panas di definisikan sebagai kombinasi dari proses pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Perubahan sifat tersebut terjadi karena ada perubahan struktur mikro selama proses pemanasan dan pendinginan dimana sifat logam atau paduan sangat dipengaruhi oleh struktur mikro. Proses perlakuan panas terdiri dari beberapa

tahapan, dimulai dari proses pemanasan bahan hingga pada suhu tertentu dan selanjutnya di dinginkan juga dengan cara tertentu. (Smallman and Bishop, 1999).



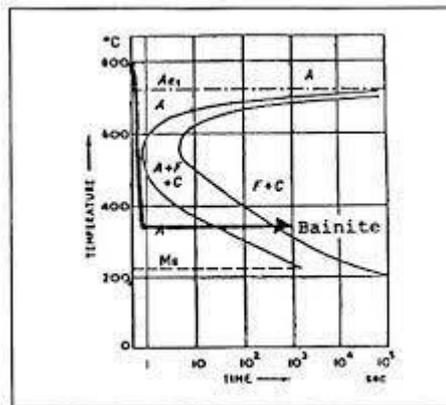
Gambar 2.17 Diagram Heat Treatment

Tujuan dari perlakuan panas adalah mendapatkan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dan sesuai dengan yang di inginkan seperti meningkatkan kekuatan dan kekerasan, mengurangi tegangan, melunakkan, mengembalikan pada kondisi normal akibat pengaruh pada pengerjaan sebelumnya, dan menghaluskan butir kristal yang akan berpengaruh pada keuletan bahan. (ASM handbook Vol 4, 1991).

2.9.1 Quenching

Quenching adalah suatu proses pengerasan baja dengan cara baja di panaskan hingga mencapai batas austenit dan kemudian diikuti dengan proses pendinginan cepat melalui media pendingin air, oli, atau air garam, sehingga fasa autenit bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Tujuan utama dari proses quenching ini adalah untuk menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi. Quenching merupakan salah satu proses perlakuan panas yang cukup penting dan banyak dilakukan dalam proses

manufakturing di industri logam. Meskipun quenching dapat memperbaiki sifat mekanik baja, tetapi di sisi lain akan menimbulkan tegangan dalam yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk dan ukuran sehingga bisa mengakibatkan adanya retakan (Totten, 1997).



Gambar 2.18 Diagram TTT untuk Baja Hipoeutectoid ($C < 0,8\%$)

Tujuan utama quenching adalah meningkatkan kekerasan logam, sedangkan faktor utama dalam proses quenching adalah pengaturan laju pendinginan pada logam. Jika laju pendinginan terlalu lambat, logam menjadi lebih getas dan kekerasan akan berkurang.

2.9.2 Analysis Of Variance (ANOVA)

Uji anova adalah bentuk khusus dari analisis statistik yang banyak digunakan dalam penelitian eksperimen. Uji anova juga adalah bentuk uji hipotesis statistik dimana kita mengambil kesimpulan berdasarkan data atau kelompok statistik inferentif. Pada materi umum anova yang sudah dijelaskan bahwa anova dibagi kedalam tiga jenis yaitu anova satu arah, anova dua arah tanpa interaksi dan anova dua arah dengan interaksi. Anova digunakan untuk melihat perbandingan rata-rata beberapa kelompok biasanya lebih dari dua kelompok.