

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, Industri Karoseri dll. Disamping untuk konstruksi las juga dapat untuk mengelas cacat logam pada hasil pengecoran logam, mempertebal yang aus (Wiryosumarto dan Okumura; 2004). Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambah maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengertian Pengelasan menurut Widharto (2003) adalah salah satu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan dalam keadaan lumer dan cair. Pengelasan logam berbeda dengan DMW (Disimilar Metal Welding) merupakan perkembangan dari teknologi las modern akibat dari kebutuhan akan penyambungan material-material yang memiliki jenis logam yang berbeda.

Cacat las / defect weld suatu keadaan hasil pengelasan dimana terjadinya penurunan kualitas hasil lasan. Kualitas hasil lasan yang dimaksud merupakan turunya kekuatan dibandingkan dengan kekuatan material dasar base metal, tidak baiknya tampilan /performa dari suatu hasil lasan dapat juga dipengaruhi terlalu tingginya arus dapat menyebabkan kawat inti elektroda las mengalami kelebihan

panas dan bahan fluks akan dapat memburuk menyebabkan takikan dan tampilan rigi las yang buruk. Namun sebaliknya arus yang terlalu rendah dapat menyebabkan penumpukan menyebabkan penumpukan terjadinya cacat las seperti kurang penembusan dan pemasukan terak.

Menurut American Society Mechanical Engineers (ASME) ,penyebab cacat lasan dapat dibagi menjadi beberapa faktor antara lain, kurang mendukungnya lokasi pengerjaan, kesalahan operator , kesalahan teknik pengelasan , kesalahan material. Secara umum cacat las dapat dibagi dua yaitu cacat bulat (rounded indication) dan cacat memanjang (linear indication).

Uji liquid penetrant merupakan suatu metode NDT (Non Destructive Test) yang cepat dan handal untuk melihat secara visual cacat las pada permukaan yang terbuka dari hasil pengelasan. Uji liquid penetrant ini dapat digunakan untuk mendeteksi diskontinuitas halus pada permukaan seperti retak,bocor halus dan berlubang, dalam pengujian ini menggunakan prinsip kapilaritas yaitu masuk dan keluarnya cairan penetrant kedalam diskontinuitas dan dari diskontinuitas ke permukaan. Prinsip kerja uji penetrant adalah cairan penetrant yang masuk kedalam diskontinuitas kemudian akan keluar kepermukaan dengan bantuan Developer (pengembang). Developer ini harus mempunyai warna yang kontras dengan cairan penetrant agar saat pendeteksiaan cacat permukaan dapat dilakukan dengan mudah dan benar, hasil uji penetrant dapat ditolak jika dimensinya tidak sesuai dengan standart yang diatur dalam ASME section V article 6. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi arus listrik terhadap cacat las pada besi ASTM A36 melalui uji penetrant dengan standart prosedur yang benar.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengetahui variasi arus listrik terhadap cacat permukaan pada baja ASTM A36 dengan metode NDT (Non Destructive Test) cairan penetrant.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan yang dibahas tidak melebar maka perlu diadakan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Baja ASTM A36
2. Pengelasan dilakukan dengan metode SMAW
3. Material yang akan dilas menggunakan kuat arus listrik 80 ,100,120 Ampere
4. Hasil pengelasan material akan dilakukan pengujian dengan Liquid Penetrant
5. Spesimen yang digunakan ada 3 buah

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil cacat las pada permukaan dengan metode liquid penetrant
2. Untuk mengetahui pengujian penetrant test dengan prosedur yang benar
3. Untuk mengetahui dan mendeteksi diskontinuitas rounded indication dan Linear indication dengan uji penetrant.

1.5 Manfaat Penelitian

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi khususnya pengelasan, maka penulis dapat mengambil manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai literatur pada penelitian inspeksi pengelasan, khususnya bagi penulis.
2. Sebagai informasi guna meningkatkan ilmu pengetahuan bagi peneliti dalam bidang inspeksi pengelasan
3. Sebagai informasi bagi juru las untuk meningkatkan kekuatan hasil las.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelasan

Definisi pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) 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.

Pengelasan adalah suatu aktifitas menyambungkan dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan bahan tambahan (filler metal) yang sama berbeda titik cair maupun strukturnya. Daryanto 2013.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan Cara memberikan bahan tambah atau elektrodes pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

Mutu pengelasan tergantung dari pengerjaan dan proses pengelasan, secara umum pengelasan dapat diartikan sebagai ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan saat logam dalam keadaan lumer atau cair. Wiryosumarto dan Okumura (2004) menyebutkan bahwa pengelasan adalah penyambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung dibuat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau panas yang didapat dari busur nyala listrik (gas pembakar) sehingga kedua ujung atau bidang logam merupakan bidang yang masa kuat dan tidak mudah dipisahkan.

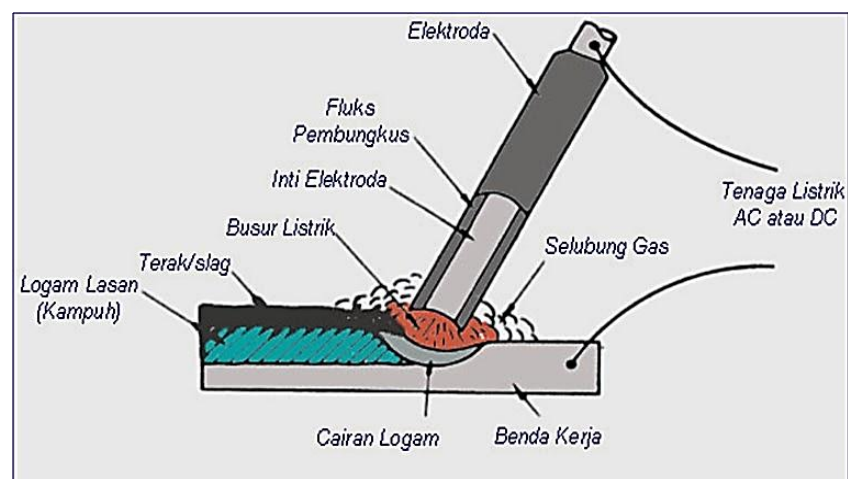
2.2 Las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*)

Las listrik ini menggunakan elektroda berselaput (fluks) sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan bahan dasar yang akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawat las, busur listrik dan daerah las sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar.

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa (fluks). Elektroda

selama ini akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan (fluks) yang digunakan. Bahan (fluks) yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.



Gambar 2.1 Skematis Las SMAW

Fungsi dan kegunaan skematis atau salut elektroda adalah:

- a. Mencair dan mengapung di atas kolam las sehingga melindungi cairan baja dari

reaksi dengan zat asam menjadi oksida.

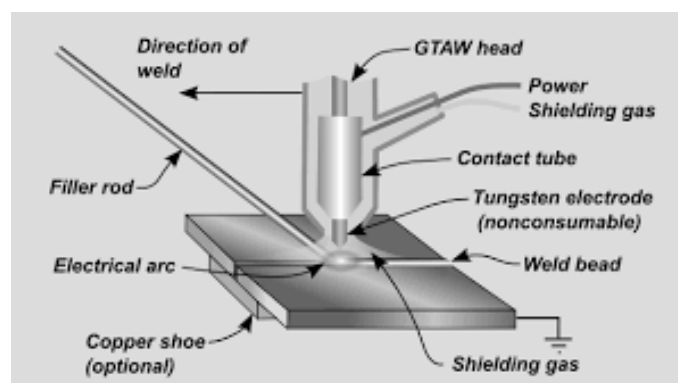
- b. Cairan coating (flux) membeku di atas lajur las membentuk slag atau terak dan berfungsi untuk melindungi lajur las panas dari reaksi dengan zat asam
- c. Coating sewaktu mencair juga menghasilkan asam yang berfungsi mengusir udara dari lingkungan busur las
- d. Coating juga berfungsi untuk menstabilkan busur karena proses ionisasi yang terjadi
- e. Coating berfungsi pula untuk menambah bahan additive guna meningkatkan kekuatan bahan las

2.3 Las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*)

Las busur gas Tungsten Inert Gas (TIG) atau dikenal juga istilah Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) adalah cara pengelasan dimana gas dihembuskan ke daerah las untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap atmosfer. Gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas helium (He), gas argon (Ar), gas karbondioksida (CO²) atau campuran dari gas-gas tersebut. 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.

Las busur gas TIG menggunakan elektroda wolfram yang tidak berfungsi sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar merupakan sumber panas pengelasan. Elektroda wolfram yang mempunyai titik cair yang tinggi (3.800°C), tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik. Pada jenis ini logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Tetapi untuk mengelas pelat yang sangat tipis kadang-kadang tidak diperlukan logam pengisi. Las TIG dapat dilaksanakan dengan tangan atau secara otomatis dengan mengotomatiskan cara pengumpanan logam pengisi.

Penggunaan las TIG mempunyai dua keuntungan, yaitu pertama kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi ke dalam logam induk dapat diatur semauanya. Cara pengaturan ini memungkinkan las TIG dapat digunakan dengan memuaskan baik untuk plat baja tipis maupun plat yang tebal. Kedua adalah kualitas yang lebih baik dari daerah las. Tetapi sebaliknya bila dibandingkan dengan las MIG, efisiensinya masih lebih rendah dan biaya operasinya masih lebih tinggi. Karena hal-hal diatas maka las TIG biasanya digunakan untuk mengelas logam-logam bukan baja.



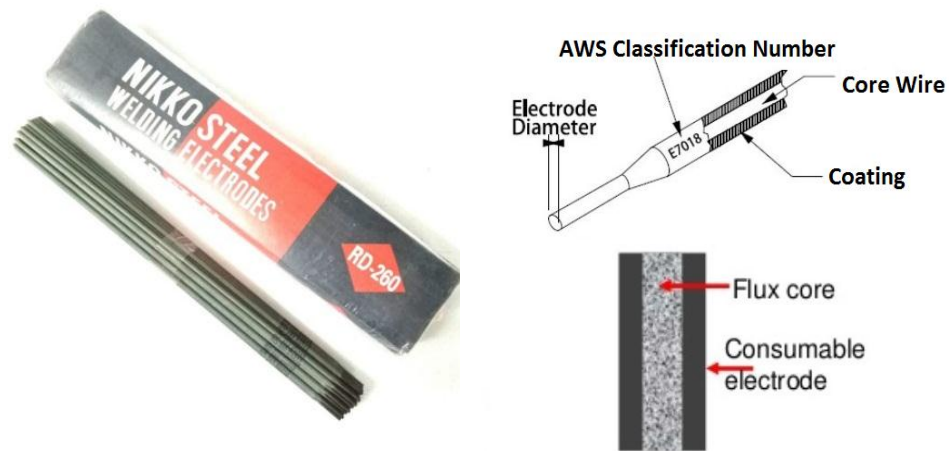
Gambar 2.2 Skematis Pengelasan GTAW

2.4 Elektroda

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambahan. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari *fluks* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, mensiabilkan busur. Bahan *fluks* yang digunakan untuk jenis E7016 adalah serbuk besi dan hidrogen rendah. Jenis ini kadang disebut jenis kapur. Jenis ini menghasilkan sambungan dengan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap retak sangat rendah, ketangguhannya sangat memuaskan. Smith, D.1984

Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur.

Dalam pengelasan ini hal yang penting adalah bahan fluks dan jenis listrik yang digunakan. Karena pentingnya hal tersebut maka bahan fluks dan jenis listrik akan dibicarakan terpisah. Pada dasarnya bila ditinjau dari logam yang dilas. kawat elektroda dibedakan menjadi lima, yaitu : baja lunak, baja karbon tinggi baja paduan, besi tuang dan logam non ferro.



Gambar 2.3 Kawat Las Elektroda

Standarisasi elektroda dalam AWS (*American Welding Society*) didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las dan dinyatakan dengan tanda EXXXX, yang artinya sebagai berikut:

- a. E : Menyatakan elektroda las busur listrik
- b. XX : Dua angka sesudah E menyatakan kekuatan tarik (ksi)
- c. X : Angka ketiga menyatakan posisi pengelasan, yaitu:
- d. Angka 1 untuk pengelasan segala posisi
- e. Angka 2 untuk pengelasan posisi datar dan dibawah tangan
- f. Angka 3 untuk pengelasan posisi dibawah tangan
- g. X : Angka keempat menyatakan jenis selaput dan arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

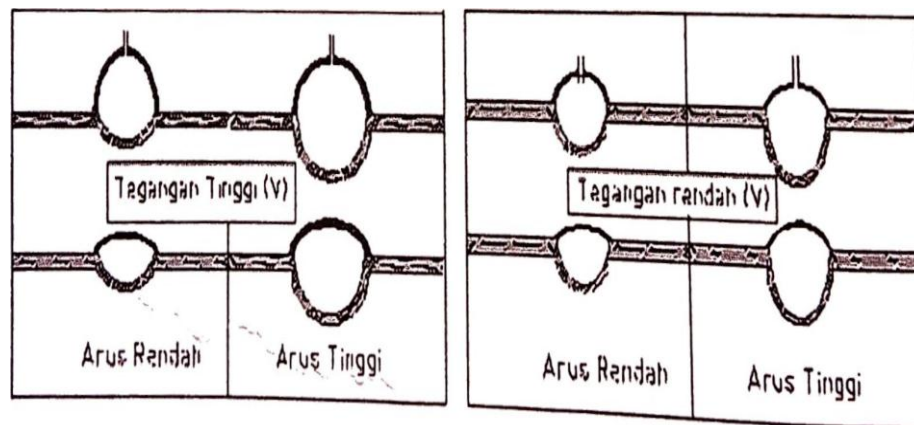
2.5 Parameter Pengelasan

Kestabilan dari busur api yang terjadi pada saat pengelasan merupakan masalah yang paling banyak terjadi dalam proses pengelasan dengan las SMAW,

oleh karena itu kombinasi dari Arus listrik (I) yang dipergunakan dan Tegangan (V) harus benar-benar sesuai dengan spesifikasi kawat elektroda dan fluksi yang dipakai. Parameter pengelasan yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh dari Arus Listrik (I)

Setiap kenaikan arus listrik yang dipergunakan pada saat pengelasan akan meningkatkan penetrasi serta memperbesar kuantiti lasnya. Penetrasi akan meningkat 2 mm per 100A dan kuantiti las meningkat juga 1,5 Kg/jam per 100 A



Gambar 2.4 Pengaruh Arus Listrik

2. Pengaruh dari Tegangan (V)

Setiap peningkatan tegangan listrik (V) yang dipergunakan pada proses pengelasan akan semakin memperbesar jarak antara tip elektroda dengan material yang akan dilas, sehingga busur api yang terbentuk akan menyebar dan mengurangi penetrasi pada material las. Konsumsi fluksi yang dipergunakan akan meningkat sekitar 10% pada setiap kenaikan 1 volt tegangan.

3. Pengaruh Kecepatan Las

Jika kecepatan awal pengelasan dimulai pada kecepatan 40 cm/menit, setiap penambahan kecepatan akan membuat bentuk jalur las yang kecil (Welding Bead), penetrasi, lebar serta kedalaman las pada benda kerja akan berkurang. Tetapi jika kecepatan pengelasannya berkurang dibawah 40 cm/menit cairan las yang terjadi dibawah busur api las akan menyebar serta penetrasi yang dangkal, hal ini dikarenakan over heat.

4. Pengaruh Polaritas arus listrik (Alternating Current atau Direct Current)

Pengelasan dengan kawat elektroda tunggal pada umumnya menggunakan tipe arus Direct Current (DC), elektroda positif (EP), jika menggunakan elektroda negatif (EN) penetrasi yang terbentuk akan rendah dan kuantiti las yang tinggi. Pengaruh dari arus Alternating Current (AC) pada bentuk butiran las dan kuantiti pengelasan antara elektroda positif dan negatif adalah sama yaitu cenderung porosity, oleh karena itu dalam proses pengelasan yang menggunakan arus AC harus memakai fluksi yang khusus. Arus adalah aliran pembawa muatan listrik, simbol yang digunakan adalah huruf besar I dalam satuan ampere. Pengelasan adalah penyambungan dua logam atau logam paduan dengan cara memberikan panas baik diatas atau dibawah titik cair logam tersebut, baik dengan atau tanpa tekanan serta ditambah atau tanpa logam pengisi yang dimaksud dengan arus paengelasan disini adalah aliran pembawa muatan listrik dari mesin las yang digunakan untuk menyambung dua logam dengan mengalirkan panas ke logam pengisi atau elektroda. Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan menurut Howard BC,1998 dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Hubungan Diamter Elektroda dengan Pengelasan.

Diameter Elektroda	Arus (Ampere)
2.5	60-90
2.6	60-90
3.2	80-140
4.0	150-190
5.0	180-250

2.6 Heat Input

Dalam pengelasan, untuk mencairkan logam induk dan logam pengisi diperlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan berasal dari bermacam-macam sumber yang tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari parameter arus las, tegangan las, dan kecepatan pengelasan. Parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam ditempat Akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi juga oleh arus las, tegangan dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelesan yang dikenal dengan heat input. Persamaan heat input dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V \cdot I}{v} \text{ (kJ/mm)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

Q = Heat Input (kJ/mm)

V = Voltage (V)

I = Current (A)

v = Travel Speed (mm/Menit)

2.7 Baja Karbon Rendah

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja. Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Menurut pendefinisian ASM *handbook* 1993, baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut:

- a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya.

b. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan.

Dalam pengaplikasiannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya.

2.7.1 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan baja dengan unsur karbon kurang dari 0,3 % C. Baja ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah jenis ini sangat reaktif dan mudah sekali untuk berubah kembali ke bentuk oksidasi jika terkontaminasi air, ion dan oksigen. Baja ASTM A36 memiliki sifat mampu las yang dipengaruhi oleh takik dan kepekaan terhadap retak las.

Pada baja ASTM A36 terdapat beberapa unsur komposisi kimia seperti manganese (Mn), Phospour (P), Sulfur (S), dan Silicon (Si).

Tabel 2.2 komposisi kimia Plat Baja ASTM A36

Karbon (C)	0.25 - 0.29 %
Tembaga (CU)	0.20 %
Besi (Fe)	98.0 %
Mangan (Mn)	1.00 %
Fosfor (P)	0.040 %
Silikon (Si)	0.28 %
Sulfur (S)	0.50

Adapun kekuatan mekanis dari baja ASTM A36 dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Mechanical properties A36

Mechanical Properties	Metric
Tensile Strength,Ultimate	400-550 Mpa
Tensile Strength, Yield	250 Mpa
Elongation at Break (in 200 mm)	20.0 %
Elongation at Break (in 50 mm)	23.0 %
Modulus of Elasticity	200 Gpa
Bulk Modulus (typical for steel)	140 Gpa
Poissons Ratio	0.260
Shear Modulus	79.3 Gpa

2.8 Non Destructive Test (NDT)

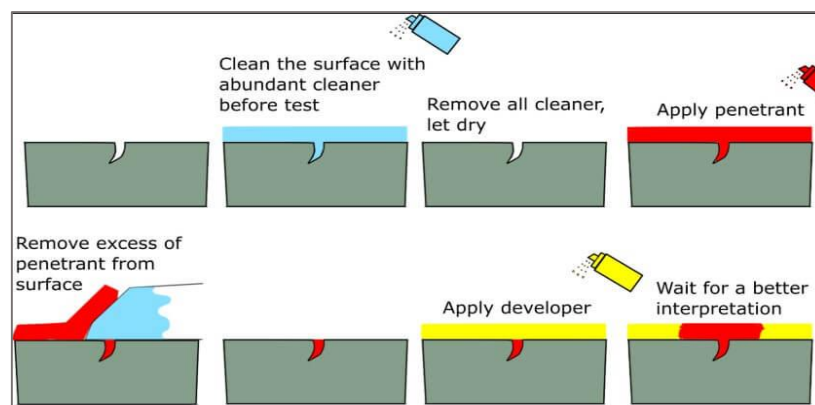
Non Destructive Test (NDT) adalah tes fisik suatu material atau benda uji dengan metode tidak merusak benda uji untuk mengetahui cacat pada material tersebut. Tujuan dari pengujian NDT adalah untuk mendeteksi cacat dengan prosedur tertentu pada suatu benda oleh seorang operator, Hasil dari pengujian ini akan menentukan suatu part akan diganti atau tidak tergantung dari jumlah cacat yang ada yang merujuk pada suatu standar. *Non Destructive test* (NDT) mempunyai banyak metode untuk proses pengujiannya, dan diantara metode tersebut tidak ada yang paling bagus karena dari metode tersebut mempunyai kelebihan masing-

masing yang tidak ada dimetode lainnya. Berikut ini beberapa metode yang banyak digunakan ,diantaranya adalah:

1. Metode Liquid Penetrant
2. Metode Visual Inspection
3. Metode Magnetik Partikel
4. Metode Ultrasonik
5. Metode Radiography
6. Metode Eddy Current

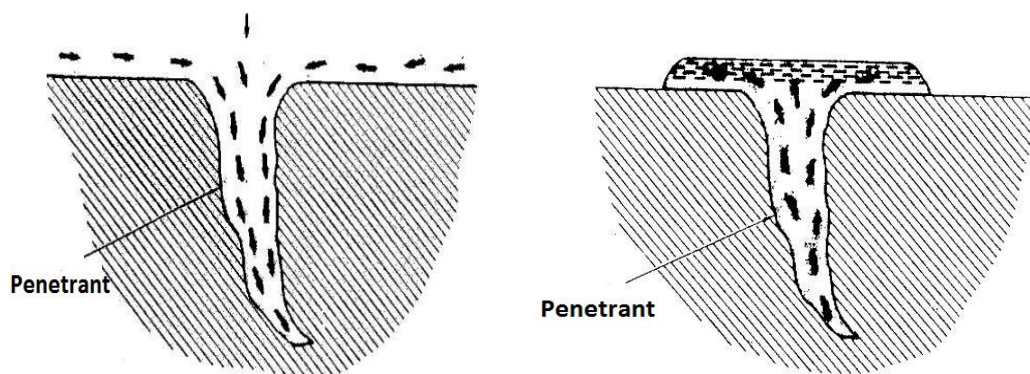
2.9 Dye-Pentrant Test

Uji liquid penetrant merupakan salah satu metode pengujian NDT yang tidak merusak benda kerja yang relatif mudah dan praktis untuk dilakukan. Uji penetrant mengetahui diskontinuitas pada halus pada permukaan seperti retak,berlubang ,dan kebocoran. Prinsipnya metode ini memanfaatkan daya kapilaritas. kapilaritas merupakan naik atau turunnya permukaan zat cair pada diskontinuitas . Diskontinuitas merupakan ketidak sempurnaan pada material akibat proses manufaktur, seperti retakan,lubang,kotoran dll.



Gambar 2.5 Prinsip dari cairan penetrant

Diskontinuitas yang mampu dideteksi dengan pengujian ini adalah diskontinuitas yang bersifat terbuka dengan prinsip kapilaritas seperti pada gambar. Deteksi diskontinuitas pada cara ini tidak terbatas pada ukuran, bentuk arah, struktur bahan maupun komposisinya. Liquid penetrant dapat meresap kedalam celah diskontinuitas yang sangat kecil. Pengujian penetrant tidak dapat mendeteksi kedalaman dari diskontinuitas. Proses ini banyak digunakan untuk menyelidiki keretakan permukaan (surface cracks), kekeroposan (porosity), lapisan-lapisan bahan, dll. Penggunaan uji liquid penetrant tidak terbatas pada logam ferrous dan non ferrous saja tetapi juga pada ceramics, plastic, gelas, dan benda-benda hasil powder metalurgi.



Gambar 2.6 Proses kapilaritas pada specimen uji

Cacat yang bisa dideteksi keretakan yang bersifat mikro yaitu keretakan yang mampu dilihat mata telanjang. Cairan penetrant bisa meresap kedalam permukaan retak kedalam 4 Mikron (4×10^{-6} m). Pengujian uji liquid penetrant ini sangat terbatas yakni:

1. Keretakan atau kekeroposan yang diselidiki dapat dideteksi apabila keretakan tersebut terjadi sampai ke permukaan benda. Keretakan di bawah permukaan (subsurface cracks) tidak dapat dideteksi dengan cara ini.
2. Permukaan yang terlalu kasar atau berpori-pori juga dapat mengakibatkan indikasi yang palsu.
3. Tidak dianjurkan menyelidiki benda-benda hasil powder metallurgi karena kurang padat (berpori-pori).

Klasifikasi liquid penetrant berdasarkan pengamatan ada tiga jenis,yaitu:

1. Visible Penetrant

Zat penetrant berwarna merah, hal ini ditunjukkan pada tampilannya yang kontras terhadap warna developernya (pengembang). Proses ini tidak memerlukan pencahayaan ultraviolet.

2. Fluorescent Penetrant

Cairan penetran jenis ini biasanya berwarna hijau-kuning dapat berkilau jika disinari dengan sinar UV. Sensitivitas Fluorescent penetrant bergantung pada kemampuannya untuk menampilkan diri terhadap cahaya UV yang lemah pada kondisi ruang gelap atau kurang cahaya.

3. Dual sensitivity Penetrant

Jenis ini penetrant ini adalah kombinasi Visible dan Fluorescent penetrant memiliki kelebihan ganda, sehingga dengan dual sensitivity dapat diperoleh hasil ketelitian yang tinggi dan akurat.

Tabel 2.4 Kriteria Keberterimaan Pengujian Penetrant Test

The following indications shall be unacceptable.		
Relevant linear indications with length > 3 times width.	Relevant rounded indications > 5 mm.	4 or more relevant rounded indications in a line separated by 1.5 mm or less (edge to edge).

Adapun indikasi-indikasi uji penetrant dapat diklasifikasikan menjadi golongan non-relevan dan indikasi relevan. Indikasi non-relevan merupakan yang disebabkan selain karena diskontinuitas seperti ketidakraturan permukaan akibat permesinan, penggerindaan, atau pengelasan $\leq 1,6$ mm. Sedangkan indikasi relevan Indikasi non-relevan merupakan indikasi yang disebabkan oleh adanya cacat/diskontinuitas yang muncul pada permukaan dengan ukuran $> 1,6$ mm. Yang termasuk indikasi relevan diantaranya adalah

1. Linear Indication

Indikasi linier cacat apabila ukuran panjangnya lebih besar dari tiga kali lebarnya ($L > 3W$).

2. Roundead Indication

Cacat yang berbentuk bulat atau elips dengan panjang kurang atau sama dengan tiga kalinya lebarnya ($L \leq 3W$). Material tersebut bisa ditolak bila memiliki 4 atau

lebih indikasi yang tersusun dalam satu baris ,dengan jarak antara indikasi kurang dari 1,6 mm.

2.10 Standart Prosedur ASME (*American Society Mechanical Engineering*)

Dalam melaksanakan penentrant test kita tidak boleh sembarang melakukannya, semua ada prosedur dan syarat keberterimaan yang diatur dan ditentukan oleh Standard dan Code.Untuk pemeriksaan uji cairan penentrant harus mempersiapkan prosedur yang ditetapkan ASME ,dapat dilihat pada ASME Article 6 *Liquid Penetrant Examination* ,Adapun prosedur dan standart dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.5 Prosedur persiapan *Dye Penetrant* menurut ASME

Requirement	Essential Variable	Nonessential Variable
Identification of and any change in type or family group of penetrant materials including developers, emulsifiers, etc.	X	...
Surface preparation (finishing and cleaning, including type of cleaning solvent)	X	...
Method of applying penetrant	X	...
Method of removing excess surface penetrant	X	...
Hydrophilic or lipophilic emulsifier concentration and dwell time in dip tanks and agitation time for hydrophilic emulsifiers	X	...
Hydrophilic emulsifier concentration in spray applications	X	...
Method of applying developer	X	...
Minimum and maximum time periods between steps and drying aids	X	...
Decrease in penetrant dwell time	X	...
Increase in developer dwell time (Interpretation Time)	X	...
Minimum light intensity	X	...
Surface temperature outside 40°F to 125°F (5°C to 52°C) or as previously qualified	X	...
Performance demonstration, when required	X	...
Personnel qualification requirements	...	X
Materials, shapes, or sizes to be examined and the extent of examination	...	X
Post-examination cleaning technique	...	X

Tabel 2.6 Maksimum dan Minimum prosedur pengujian menurut ASME

Procedure Step	Minimum	Maximum
Drying after preparation (T-643)	X	...
Penetrant dwell (T-672)	X	X
Penetrant removal water washable/solvent removable (T-673.1/T-673.3)
Penetrant removal with lipophilic emulsifier [T-673.2(a)]	X	X
Penetrant removal with hydrophilic emulsifier [T-673.2(b)]		
Prerinse	...	X
Immersion	...	X
Water-emulsifier spray	...	X
Water immersion or spray post-rinse	...	X
Drying after penetrant removal (T-674)		
Solvent removal penetrants	...	X
Water washable and post-emulsifiable penetrants	...	X
Developer application (T-675)	...	X
Developing and interpretation time (T-675.3 and T-676)	X	X

Activate Windows

Go to PC settings to activate Windows.

Tabel 2.7 Waktu pengujian *Dye penetrant* menurut ASME

Material	Form	Type of Discontinuity	Dwell Times [Note (1)], (minutes)
			Penetrant
Aluminum, magnesium, steel, brass and bronze, titanium and high- temperature alloys	Castings and welds	Cold shuts, porosity, lack of fusion, cracks (all forms)	5
	Wrought materials — extrusions, forgings, plate	Laps, cracks	10
Carbide-tipped tools	Brazed or welded	Lack of fusion, porosity, cracks	5
Plastic	All forms	Cracks	5
Glass	All forms	Cracks	5
Ceramic	All forms	Cracks	5

NOTE:
(1) For temperature range from 50°F to 125°F (10°C to 52°C). For temperatures from 40°F (5°C) up to 50°F (10°C), minimum penetrant dwell time shall be 2 times the value listed.

Activate Windows

Setelah dilakukan tahap pengujian sesuai prosedur ,langkah selanjutnya masuk ketahap pengamatan indikasi yang terjadi seperti indikasi relevan, indikasi non relevan , indikasi Linier, indikasi Rounded .Catatan tidak diijinkan adanya latar belakang atau warna yang timbul sesuai penentrant didaerah yang diperiksa,karena dikhawatirkan dapat menutup indikasi diskontinyitas yang ada, apabila terjadi hal ini maka harus dilakukan pengujian ulang.