

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 METODE *NON DESTRUCTIVE TEST*

Non Destructive Test atau pengujian tanpa rusak adalah metoda fisis untuk menentukan kondisi bahan tanpa merusak bahan tersebut. Pengujian terhadap karakteristik bahan dilakukan secara tidak langsung, tetapi melalui karakteristik yang dapat dihubungkan dengan kondisi sebenarnya.

Keuntungan dari metode *Non Destructive Test* ini antara lain adalah :

- Tidak merusak bahan uji.
- Dapat dilakukan dilapangan atau di lokasi bahan uji.
- Dapat dilakukan pada bahan uji sebanyak-banyaknya yang diinginkan (tidak terbatas pada sepotong benda uji).

Beberapa jenis metode *Non Destructive Test* selalu dikembangkan. Setiap metode uji memiliki kelebihan dan keterbatasan didalam penggunaannya. Dalam pemilihan metoda uji yang digunakan harus disesuaikan dengan informasi apa dan hasil yang bagaimana yang diperlukan dengan memperhatikan kemampuan dan keterbatasan daripada setiap metode. Untuk mendapatkan hasil yang baik mungkin diperlukan beberapa metode uji yang harus digunakan. Metode *Non Destructive Test* yang banyak dipergunakan antara lain :

- a. Metode uji *Liquid Penetrant* (PT)
- b. Metode uji *Ultrasonic* (UT)
- c. Metode uji *Radiography* (RT)
- d. Metode uji *Eddy Current* (ET)
- e. Metode uji *Magnetic Particle* (MT)

II.1.1 Metode Uji *Liquid Penetrant* (PT)

Uji cairan *penetran* adalah salah satu metode uji tanpa rusak yang mampu mendeteksi cacat terbuka pada permukaan suatu bahan atau komponen, missal

pada retakan terbuka. Uji cairan penetran dapat dilakukan pada semua jenis bahan, asalkan permukaannya tidak menyerap cairan penetrant tersebut (bahan logam, gelas, keramik).

Perinsip kerja dari metode uji *penetran* ini adalah sifat kapilaritas. Bila celah yang sangat sempit diberi cairan, maka celah tersebut akan mampu menyedot cairan sehingga celah akan berisi cairan. Cairan yang ada di dalam celah akan dapat disedot ke luar permukaan bila ujung celah diberi *developer* yang daya kapilaritasnya lebih kuat. Cairan yang disedot oleh *developer* di ujung celah akan memberikan indikasi bahwa di tempat tersebut terdapat celah.

Cairan *penetran* harus memiliki kemampuan untuk masuk ke dalam celah atau cacat, oleh karena itu cairan ini harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Mampu memasuki celah yang sempit.
- Mampu berada di dalam celah yang besar.
- Tidak mudah menguap.
- Bila berada di permukaan benda uji mudah dibersihkan.
- Bila berada di dalam celah sukar dibersihkan.
- Mudah disedot dari dalam celah.
- Mampu menyebar dalam bentuk film.
- Tidak mudah berubah warna menjadi pucat.
- Tidak korosif.
- Tidak berbau.
- Tidak mudah menyala
- Stabil bila disimpan
- Tidak beracun.
- Murah.

A. Sifat Fisis

a. Viskositas

Viskositas tinggi menyebabkan turunnya daya penetrasi, sedangkan viskositas rendah menyebabkan cairan terlalu cepat menyebar atau mengalir ke tempat lain.

b. Tegangan Permukaan

Efektifitas cairan *penetran* sangat dipengaruhi oleh tegangan permukaan. Bila harga tegangan permukaan tinggi, daya melarutkan zat warna sangat baik sedangkan bila tegangan permukaannya rendah kemampuan penetrasi dan penyebarannya sangat baik.

c. Daya Pembasah

Daya pembasah ada kaitannya dengan sudut kontak cairan dengan permukaan. Daya pembasah merupakan faktor terpenting. Sebagai contoh air daya pembasahnya tinggi, tegangan permukaan air cukup tinggi sedangkan air juga merupakan pelarut yang baik. Untuk meningkatkan tegangan permukaan, sedangkan daya melarutkannya cukup baik.

d. Massa Jenis

Massa jenis tidak banyak pengaruhnya terhadap kemampuan penetrasi. Umumnya massa jenis cairan penetran antara 0,86 – 1,06 pada 16⁰C.

e. Volatilitas

Cairan *penetran* tidak boleh bersifat volatilitas (mudah menguap). Penguapan sedikit akan membantu pengintensifan pemunculan warna dan menjaga agar indikasi tidak menyebar secara berlebihan. Bila cairan penetran mengandung *solven* yang *volatile*, penguapan yang cepat akan mengakibatkan :

- Formula tidak stabil, dapat terjadi perubahan sifat dari cairan *penetran*.

- Mengurangi daya penyebaran sehingga cairan cepat menjadi kering.
- Kedua hal tersebut akan menyebabkan pengurangan sensitivitas, terutama bila cairan ditempatkan dalam tanki/bak terbuka.

f. Titik Nyala

Titik nyala cairan *penetran* harus tinggi agar tidak terbakar. Umumnya titik nyala tidak mempengaruhi kemampuan penetrasi kecuali bila ditambahkan sedikit cairan yang titik nyalanya rendah akan mampu meningkatkan *sensitivity*.

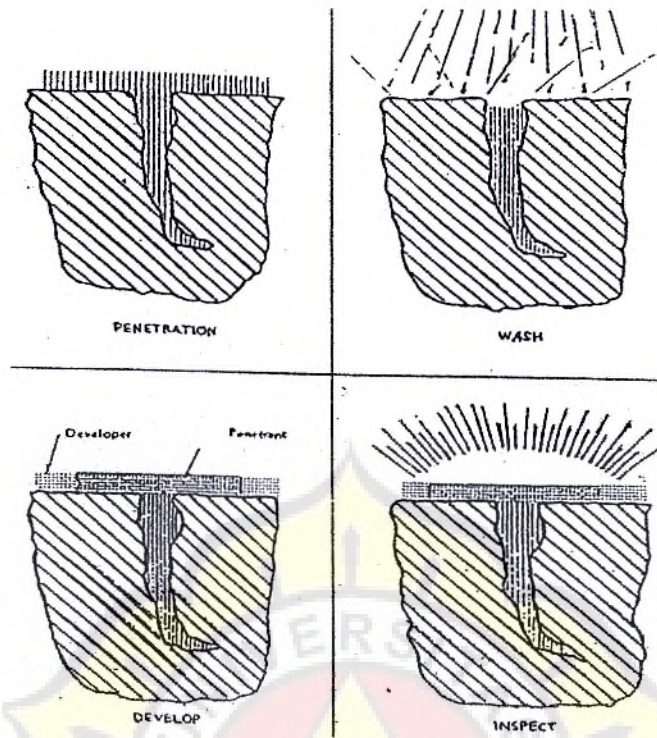
g. Korosivitas

Cairan *penetran* harus *non korosif* terhadap benda uji maupun tempat penyimpanannya. Paduan *titan* dan baja paduan *nikel* tinggi mudah berkarat bila cairan mengandung *natrium*, belerang dan *halogen*.

B. Tahap-Tahap Pelaksanaan

Uji *penetran* dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Permukaan yang diperiksa dibersihkan dari kotoran yang mungkin menyumbat atau menutupi celah.
2. Permukaan yang telah bersih dilapisi oleh cairan *penetran* dalam waktu tertentu agar cairan *penetran* dapat masuk kedalam celah. Pelapisan dapat dilakukan melalui penyemprotan, pengolesan atau pencelupan.
3. Sisa cairan *penetran* di permukaan yang tidak masuk kedalam celah dibersihkan.
4. Permukaan dilapisi *developer* untuk menyedot keluar cairan *penetran* yang berada dalam celah, agar menghasilkan indikasi.
5. Permukaan diinspeksi secara *visual* untuk dideteksi adanya indikasi.
6. Benda uji dicuci atau dibersihkan dari bekas atau sisa bahan yang dipergunakan dalam uji cairan *penetran*, bila perlu diberi perlakuan anti karat.



Gambar 1. Proses Penetran

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

C. Tipe dan Sistem

Ditinjau dari cara inspeksinya, ada dua tipe cairan penetran, yaitu :

1. Cairan *Penetran Flourescen*

Inspeksi pada uji *penetran* dengan cara ini dilakukan dengan bantuan sinar *ultraviolet*. Cairan ini mengandung zat warna yang akan berfluorensi bila disinari dengan sinar *ultraviolet*.

2. Cairan *Penetran Non Flourescen*

Inspeksi pada uji *penetran* dengan cairan ini dilakukan secara *visual* tanpa bantuan sinar *ultraviolet*. Cairan mengandung zat warna yang memiliki kapasitas yang tinggi pada ruang terang.

Ditinjau dari cara pembersihannya *penetran* ada tiga system, yaitu :

1. Sistem *water washable*
2. Sistem *post emulsified*
3. Sistem *solvent removanle*

D. *Pre – Cleaning*

Pre – Cleaning dimaksudkan untuk mempersiapkan agar permukaan benda uji bersih dari kotoran yang mungkin menyumbat celah atau cacat atau yang akan mengganggu proses *penetrasi* serta menghilangkan kontaminasi yang mungkin ada pada permukaan benda uji.

E. *Developing*

Developer berfungsi menyedot cairan penetran yang terdapat dalam celah sehingga akan menimbulkan indikasi pada lapisan *developer*. Indikasi ini akan menunjukkan adanya cacat. Ada tiga macam *developer*, yaitu :

1. *Developer Basah*

Developer basah berupa serbuk kering yang dilarutkan dalam air sehingga membentuk cairan suspensi. Setiap kali akan digunakan, *developer* perlu diaduk dan diperiksa konsentrasinya sesuai dengan petunjuk pembuatan. Pelapisan *developer* pada benda uji harus dilakukan segera setelah dibersihkan atau dicuci dan dikeringkan dan dijaga agar tidak terlalu tebal. Bila terlalu tebal, permunculan indikasi akan terganggu sehingga menjadi kurang jelas.

2. *Developer Kering*

Developer kering dilapiskan pada permukaan benda uji setelah benda uji kering. Serbuk kering yang terlalu tebal dapat dihindarkan dengan cara meniup permukaan benda uji perlahan-lahan atau benda uji diketok-ketok.

3. *Developer Basah Nonaqueous*

Developer Nonaqueous berupa serbuk kering yang dilarutkan dalam *solven*. *Developer* ini paling sensitive dibandingkan dengan kedua *developer* diatas.

F. *Inspeksi*

Setelah proses selesai dilakukan dengan baik, inspeksi secara *visual* dilakukan pada seluruh permukaan yang diperiksa untuk mendeteksi adanya indikasi. Waktu untuk timbulnya indikasi tergantung pada tipe *penetran*, *developer* dan jenis cacat. Bila ditunggu terlalu lama, indikasi akan melebar

sehingga kontrasnya berkurang. Bila inspeksi dilakukan diruang gelap karena menggunakan cairan *penetran fluoresen*, penyesuaian mata dan ruang perlu dilakukan selama kurang lebih 5 menit, setiap kali pemeriksa memasuki ruang gelap.

II.1.2 Metode Uji *Ultrasonic* (UT)

Menggunakan metode Gelombang *Ultrasonic* berfrekuensi tinggi (2 MHz – 4 MHz) yang ditembuskan ke dalam bahan. Dalam perjalanannya dalam bahan, gelombang *ultrasonic* akan memantul setiap kali menjumpai benda pantul termasuk cacat. Bila geometrinya bersesuaian sedemikian rupa sehingga gelombang pantul dapat diterima oleh *probe*, maka indikasinya dapat diamati melalui layar CRT (*Cathode Ray Tube*). Melalui indikasi yang muncul di CRT, lalu dianalisa untuk mengetahui cacat bahan, untuk memudahkan *scanning* disediakan *probe* dengan berbagai sudut : 0° , 45° , 60° dan 70° . Selanjutnya akan dijelaskan pada Bab IV.

II.1.3 Metode Uji *Radiography* (RT)

Metode ini menggunakan sinar-sinar *elektromagnetik* (sinar - X, sinar - γ) ditembuskan kepada bahan lalu direkam dalam film khusus. Dari hasil rekaman dalam film akan dapat diamati, juga dapat diperoleh rekaman yang permanen. Namun pemakaiannya harus hati-hati karena sinar *elektromagnetik* dapat berbahaya bagi manusia. Juga harganya yang relatif mahal dibandingkan dengan metode lainnya. Metode uji ini dapat digunakan pada semua bahan.

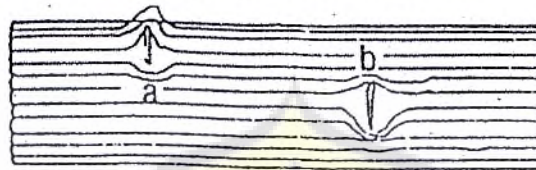
II.1.4 Metode Uji *Eddy Current* (ET)

Metode ini menggunakan arus listrik kedalam lilitan (*coil*) untuk menginduksi arus (arus induksi atau arus *Eddy*). Bila arus ini mengenai diskontinuitas akan mempengaruhi arah arus *Eddy* ini dan kondisi ini ditunjukkan oleh indikator. Uji ini pada umumnya digunakan pada logam untuk mendeteksi diskontinuitas pada permukaan (*surface*) dan sekitar permukaan (*subsurface*). Juga dapat digunakan untuk menguji kekerasan, tebal lapisan (*non* logam), juga

mengukur tebal lembaran. Metode ini dapat digunakan pada bahan konduktor (logam).

II.1.5 Metode *Magnetic Particle* (MT)

Ide dasar uji *Magnetic Partikel* adalah untuk menentukan lokasi dan mengidentifikasi diskontinuitas pada bahan *ferromagnetic*. Arah medan magnet dalam bahan akan berbelok bila menjumpai diskontinuitas.



Gambar 2. Arah Medan Magnet Dalam Bahan

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

Dari gambar diatas, tampak bahwa :

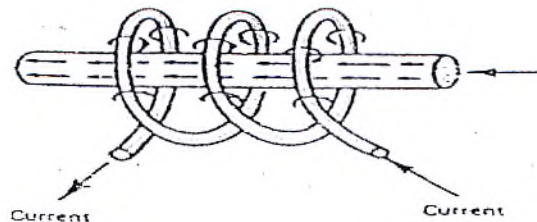
- Diskontinuitas yang terlalu dalam, kebocoran magnet tidak ada.
- Diskontinuitas yang arahnya sejajar arah medan magnet, tidak mempengaruhi arah medan magnet.

A. Metode *Magnetisasi*

Metode *magnetisasi* dikelompokkan berdasarkan hasil dari *magnetisasi* : *magnetisasi longitudinal*, *magnetisasi sirkular*.

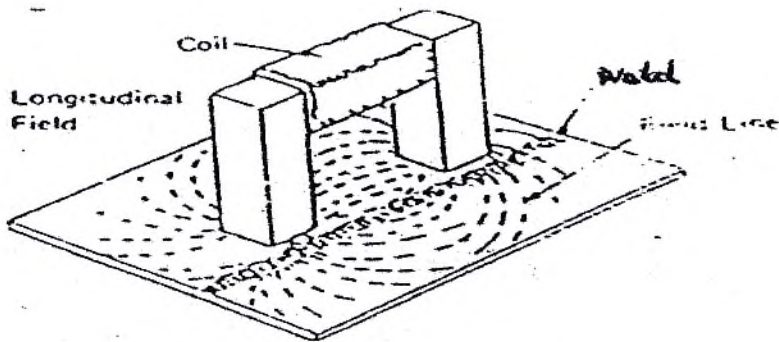
a. *Magnetisasi Longitudinal*

Dihasilkan dari arus listrik yang dialirkan dalam coil.



Gambar 3. *Magnetisasi Longitudinal*
Digunakan Dalam Menguji *Shaf, Drum*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

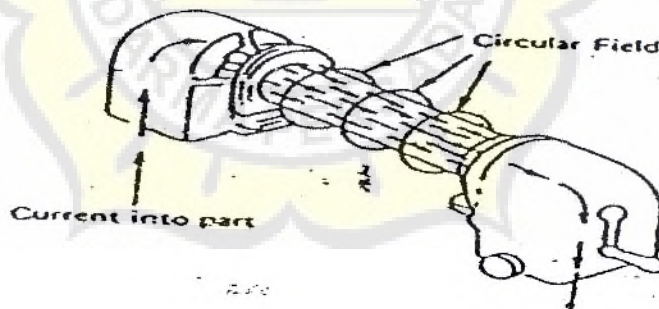


Gambar 4. Uji Pertikel *Magnetic* Dengan *Yoke*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

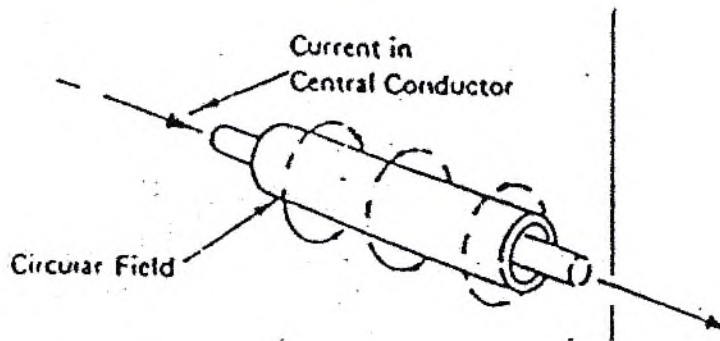
b. *Magnetisasi Sirkular*

Pemberian arus langsung biasanya di lokasi-lokasi tertentu yang terbatas, menggunakan *prod*. Hal penting yang tidak boleh dilupakan adalah bahan harus tidak bermagnet, bersih dari hal-hal yang dapat menyebabkan loncatan arus.



Gambar 5. *Magnetisasi* Langsung: Arus Listrik
Dialirkan Pada Bahan Yang akan *Dimagnetisasi*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan



Gambar 6. *Magnetisasi Tidak Langsung*
Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

B. Teknik *Magnetisasi*

Ada beberapa cara *magnetisasi* bahan :

- Magnet permanen

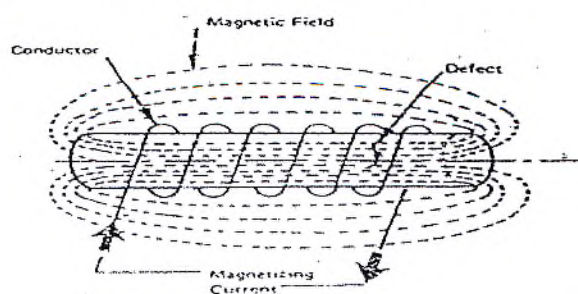
Pada beberapa jenis bahan (*hard steel*, paduan), bila dimagnetisasi akan terus bersifat magnet untuk waktu yang lama. Dalam pengujian magnet permanen jarang digunakan. Karena jauh lebih *fleksibel* menggunakan metode *electromagnetic*, arus bisa diatur.

- *Elektromagnetic*

Magnetisasi menggunakan arus listrik.

a. *Coil*

Untuk benda uji batang dengan posisi cacat tegak lurus sumbu batang.



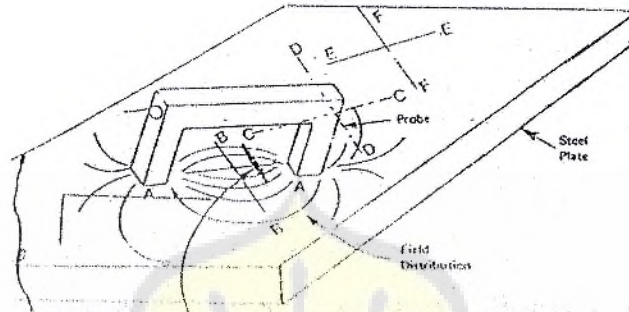
Gambar 7. *Magnetic Longitudinal*

Menggunakan *Coil*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

b. *Yoke Magnetic*

Posisi *Yoke* diubah-ubah untuk memperoleh hasil yang memuaskan, *sensitivitas* tertinggi diperoleh bila cacat ada diantara dua kaki *yoke* dan tegak lurus dengan arah dan tegak lurus dengan arah *yoke*.

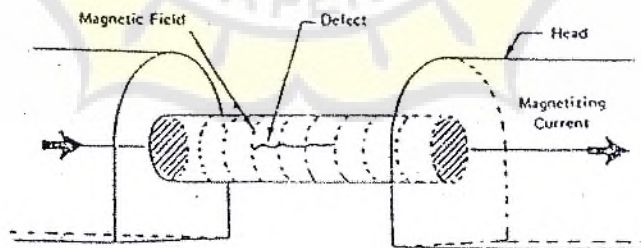


Gambar 8. *Magnetic Longitudinal Menggunakan Yoke*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

Cacat diatas efektif diuji dengan posisi *yoke* seperti diatas. *Yoke* baik digunakan untuk *inspeksi diskontinuitas* dekat permukaan.

c. Aliran Arus Langsung



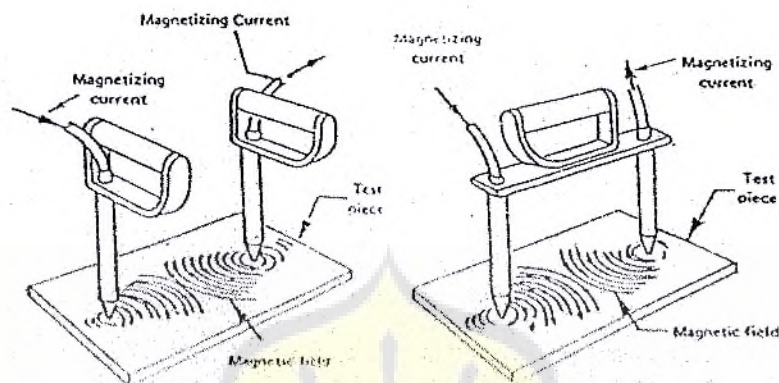
Gambar 9. *Aliran Arus Langsung Pada Bahan Yang Akan Diuji*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

Dengan cara diatas (metode *magnetisasi sirkular* langsung), digunakan pada benda uji batang, dengan cacat yang sejajar dengan sumbu batang.

d. *Prod*

Ada dua jenis *prod* : Kontak *prod* tunggal (terdiri dari 2 *prod* yang terpisah) dan Kontak *prod double* (kedua *prod* tergabung menjadi satu).

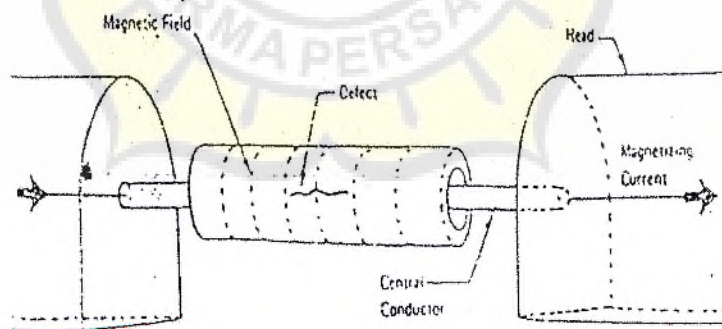


Gambar 10. Kontak *Prod* Tunggal dan *Prod* Ganda

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

e. Kontak Pusat

Cacat yang terdeteksi adalah yang sejajar dengan sumbu. Cara ini digunakan untuk benda uji pipa.



Gambar 11. Konduktor Pusat

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

C. Metode-Metode Pekerjaan

Ada beberapa metode yang perlu diketahui, karena digunakan dalam pengujian partikel *magnetic*.

Waktu *magnetisasi* :

- Medan Magnet Kontinue : *Magnetisasi* berlangsung terus pada saat digunakan bubuk kering atau *suspensi* basah.
- Medan Magnet *Remanen* : Partikel *ferromagnetic* (kering atau *suspensinya*) *dimagnetisasi* dan gaya *magnetisasinya* dihilangkan.

Cara magnet *remanen* hanya dilakukan bila bahan memiliki *retentivity* besar.

Indikasi yang diamati pada inspeksi partikel *magnetic* adalah kondisi *medium* uji yaitu partikel *ferromagnetic*, yang akan dipengaruhi oleh medan magnet bocoran akibat adanya *discontinuitas*.

Pemakaian partikel *ferromagnetic* ada 2 cara, yaitu cara kering dan cara basah. Partikel *magnetic* tersedia dalam beberapa warna. Pilihan warna berdasarkan kontrasannya terhadap bahan yang akan diuji. Ada lagi partikel yang dilapisi bahan *berfluorescen*.

1. Metode Kering

Partikel *magnetic* berupa bubuk kering. Cara ini baik untuk permukaan benda uji yang kasar. Warna dipilih agar kontras terhadap benda uji. Bubuk diarahkan pada lokasi yang diinginkan perlahan-lahan kelebihan dihilangkan dengan air.

2. Metode Basah

Partikel *magnetic* digunakan dalam bentuk *suspensi*, cairan *suspensinya* dapat *fluorescen*, dapat juga tidak. Cara ini bisa digunakan pada metode medan kontinyu maupun permanen. Metode basah baik digunakan untuk permukaan yang halus. Bila digunakan cairan *fluorescen* terhadap *UV* (menyerap sinar hitam dan memancarkan sinar tampak), *sensitivitinya* akan naik.

Pemilihan teknik inspeksi partikel *magnetic* berdasarkan hal-hal berikut :

1. Kondisi permukaan
 - Kasar : metode kering
 - Halus : metode basah

2. *Retentivitas*
 - Kecil : Medan magnet kontinue
 - Besar : Medan magnet permanen
3. Warna
 - Cari yang kontras
4. Orientasi cacat dan bentuk benda uji yang menentukan cara

D. Metode *Demagnetisasi*

Demagnetisasi adalah proses penghilangan magnet sisa, yaitu yang lebih kecil dari medan magnet semula dan searah dengan medan magnet semula. *Demagnetisasi* perlu dilakukan baik sebelum maupun setelah inspeksi. *Demagnetisasi* dapat dilakukan menggunakan arus AC atau DC.

Metode-Metode *Demagnetisasi* :

1. AC – *Coil*
 - Untuk bahan yang cukup kecil dimaksudkan kedalam *coil* yang dialiri arus AC. Arus perlahan-lahan diturunkan atau *coil* dan bahan dijauhkan perlahan.
2. DC, *Multipoint Reversing Step Down*
 - Step down* bolak balik berulang dengan kontak langsung atau konduktor inti. Arus dibalik dan dikecilkan secara berulang.
3. Cara lainnya
 - Cara-cara lainnya, masing-masing ada kelebihan atau kekurangannya. Pada dasarnya metode *demagnetisasi* adalah dengan menggunakan dua kegiatan bersama.

a. Peralatan dan Perlengkapan

Alat pembangkit medan magnet dikelompokkan menjadi 2 kelompok :

1. Alat yang berdasarkan pada medan magnet yang dibangkitkan oleh listrik.
2. Alat yang menggunakan medan magnet permanen.

Alat yang banyak digunakan adalah alat yang menggunakan arus listrik sebagai pembangkit medan magnet, beberapa jenis alat yang perlu dikenal dalam kelompok ini adalah :

1. Unit *Portabel*

Range arusnya adalah 1000 A dengan sumber tegangan 120 V, 220 V, dan 550 V (AC atau DC) dengan menggunakan *prod. Coil* atau tempat kontak (*Contact Head*). Dapat digunakan untuk cara kering maupun cara basah. Alat *demagnetisasi* biasanya bersatu dalam alat ini.

2. Unit *Mobile*

Seperti unit *portable* akan tetapi range arusnya mencapai 6000A.

3. Unit *Statis*

Dapat menggunakan sumber AC atau DC, alat ini baik untuk digunakan metode *flurescen* basah karena partikel *flurescennya* dapat digunakan kembali.

4. *Yoke*

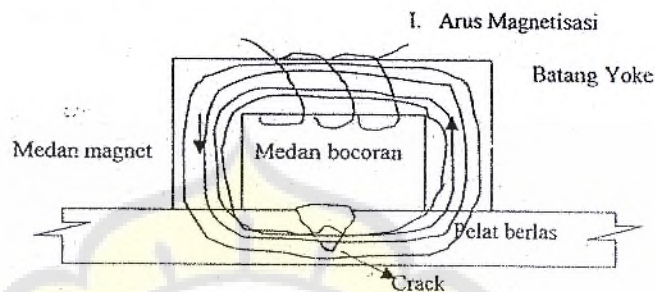
Yoke adalah pembangkit medan magnet yang paling sederhana. Batang besi lunak berbentuk U dan *coil* konduktor dililitkan setengahnya. Karena besi lunak memiliki *permealibilitas* tinggi dan *retentivitas* rendah, bila *coil* dialiri arus akan terbentuk medan magnet kuat. Umumnya lebar *yoke* adalah berkisar 15cm – 20cm dan menggunakan sumber arus AC 115 *Volt*. Sistem yang lebih rumit menyediakan selector AC/DC, arus yang lebih besar dan *ammeter*.

Keuntungan pemakaian *yoke* :

- Kecil dan *portable*
- Dapat menggunakan baterai
- Tidak cenderung terjadi titik kontak tinggi (*hard spot*)
- Dapat digunakan pada daerah yang terbatas.

Kerugian pemakaian *yoke* :

- *Yoke* dapat menjadi panas, terutama bila digunakan terus menerus
 - Untuk alat yang tidak dilengkapi dengan *ammeter*, arus akan tidak termonitor dengan pasti, sebaliknya digunakan alat ukur pelengkap.
- Pemakaian *yoke* biasanya untuk pemeriksaan *in-service*, *spot check* pada las-lasan, penelusuran kerusakan.

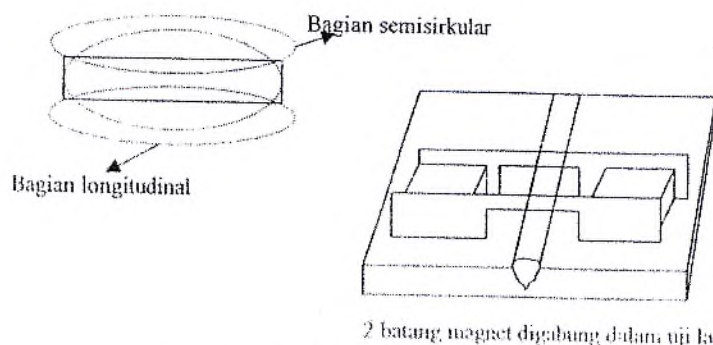


Gambar 12. *Yoke*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

E. Magnet Permanen

Magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen sama dengan yang dihasilkan dengan arus DC, arahnya tetap. Karena *reluktansi ferromagnetic* lebih kecil dari udara, garis gaya magnet akan terkonsentrasi dalam bahan tersebut. Kerugiannya adalah medan magnetnya lemah sehingga daya tembusnya kurang. Alat *demagnetisasi* pada umumnya memiliki *coil* yang terbuka, untuk dialiri arus DC.



Gambar 13. Magnet Permanen

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

a. Peralatan dan Perlengkapan

Dalam teknik *magnetisasi* ada beberapa jenis kontak yang dapat digunakan, pemilihan penggunaannya berdasarkan jenis benda uji dan orientasi cacat.

1. *Coil Shot*

- a. Digunakan pada benda batang, untuk cacat yang tegak lurus sumbu.
- b. Digunakan untuk benda cincin, cacat *transversal*.

2. *Head Shot*

- a. Pada benda batang, cacat sejajar sumbu.
- b. Pada benda cincin, cacat *transversal*.

3. *Central Conductor*

- a. Pada benda pipa, cacat sejajar sumbu.
- b. Pada benda cincin, cacat *transversal*.

4. *Magnetik Yoke*

- a. Untuk pelat baja, posisi *yoke* diubah-ubah sesuai dengan orientasi cacat.

5. *Prod*

- a. Untuk pelat, posisi juga dapat diubah-ubah.

b. Alat Ukur Medan Magnet

1. Indikator Medan Magnet

Alat ukur untuk menunjukkan adanya kebocoran medan magnet. *Indicator* medan magnet membandingkan kuat medan di luar dengan di dalam *indicator*, bila *indicator* didekatkan dengan bocoran magnet, *indicator* menunjukkan perbandingan kekuatan medan magnet dan polaritas magnet bocoran.

2. *Fluks meter*

Alat ini dapat menunjukkan perubahan *fluks* total di dalam bahan.

3. *Magnetic Field Meters*

Alat ukur medan magnet di udara

4. *Berthold Test Piece*

5. *Calibration Test Piece (JIS)*

II.2 CACAT PADA BAHAN DAN LOGAM

II.2.1 Kelainan Pada Bahan

Diskontinuitas adalah kondisi-kondisi yang mengakibatkan ketidak kontinyuan bahan, misalnya retak (*crack*), hole, kerusakan, *inklusi*. *Defect* adalah *diskontinuitas* yang dinilai tidak dapat diterima menurut kriteria spesifikasi.

Sifat-sifat bahan logam :

- Sifat kimia

Bagaimana reaksinya dengan bahan lain, terutama mengenai sifat korosinya

- Sifat fisika

Ditunjukkan dengan konstanta-konstanta yang berhubungan dengan struktur *atomic*, seperti : berat jenis (berat per satuan *volume*), tipe kristal (BBC, FCC dan lain-lain), panas jenis (panas yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1°C per satuan *volume*), titik leleh (temperatur bahan mulai meleleh) dan lain-lain.

- Sifat mekanik

Merupakan bagian terpenting dalam *manufacturing* seperti kekerasan, kekuatan dan lain-lain.

- Sifat prosesing

Sifat ini dipengaruhi oleh sifat mekanik dan sifat fisik, sifat ini menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan mengalami proses seperti *castability*, *weldability*, *machinability*.

Kehadiran *defect* akan mempengaruhi kekuatan bahan, juga akan mempengaruhi sifat-sifat bahan lainnya, misalnya :

Cacat → Menurunkan kekuatan

Inklusi → Menurunkan titik leleh

Bahan dapat mengalami beberapa cacat atau kerusakan pada saat proses. Beberapa proses bahan dan jenis kerusakan yang ditimbulkan akan dijelaskan berikut ini:

Tabel 1. Jenis Kerusakan Yang Disebabkan Proses Kerja

Proses	Penjelasan Proses	Jenis Kerusakan
<i>Machining</i>	Proses pemotongan menggunakan alat potong yang tajam. Hasil <i>machining</i> adalah permukaan potong yang sangat halus.	Cacat Permukaan (<i>Surface Defect</i>)
<i>Casting</i>	Penuangan logam cair ke suatu cetakan sesuai dengan keinginan. Tahapan dalam <i>casting</i> : pelelehan logam, penuangan, pendinginan.	<i>Cold Shut</i> <i>Hot Tear</i> (<i>Shrink Crack</i>)
<i>Forging</i>	Pengerjaan pembentukan logam dengan proses memukul dan menekan.	<i>Forging lap (surface)</i> , <i>Forging burst/crack</i> (<i>surface/subsurface</i>)
<i>Welding</i>	Tipe penyambungan (<i>bonding</i>) fusi, yang menggunakan bahan las sebagai penyambung bahan.	<i>Crack, Cavity</i> , <i>Inclusion</i> . Kurang penetrasi
<i>Heat Treatment</i>	Pemanasan dan pendinginan logam (padat) untuk mengubah sifat-sifat fisis (memperkeras, memperlunak, memperkecil ukuran butir. Proses pendinginan dimonitor.	<i>Crack</i> , perubahan konduktivitas listrik (bukan kerusakan)
<i>Gerinda</i>	Menghaluskan permukaan atau menghilangkan sebagian kecil bahan.	Biasanya untuk perbikan

Pada saat pengoperasian peralatan, alat juga akan dapat mengalami kerusakan, khususnya akibat tekanan dan lingkungan. Beberapa contoh kerusakan akibat pengoperasian :

- *Korosi*

Bereaksinya bahan dengan lingkungan dengan meninggalkan karat, umumnya reaksi ini terus berlanjut.

- *Erosi*
Meninggalkan permukaan yang halus, bahan terkikis dengan lambat akibat aliran *fluida* yang terus menerus.
- *Fatigue*
Cacat lelah, akibat gaya *siklik* (berulang dan terus menerus).
- Patah
Akibat tegangan atau gaya yang berlebih, bergantung pada jenis permukaan patahan, ada yang disebut patah duktil dan ada yang disebut patah rapuh (*brittle*).
- Retak
Bias dimulai dari porositas atau cacat tepi yang terus diperkuat oleh adanya gaya atau tekanan atau beban atau temperatur.

II.2.2 Cacat Pada Logam dan Sambungan Las

Di dalam *inspeksi* seorang *inspektur Non Destructive Test (NDT)* harus mengetahui macam-macam cacat logam yang terjadi akibat proses pengerjaan, seperti *rolling/forging*, penuangan, pengelasan dan sebagainya. Sehingga dapat memudahkan pemilihan peralatan yang tepat untuk mendeteksi cacat-cacat tersebut. Berdasarkan standar mutu untuk logam dan sambungan las diantaranya : sifat tampak, bentuk dan ukuran, sifat mekanis, komposisi kimia, kemulusan sambungan las dan kemulusan material.

Cacat-cacat pada logam secara umum dapat dibagi menjadi tiga golongan, diantaranya adalah :

1. *Dimention Defects* (Cacat Ukuran atau Bentuk)
 - Ukuran diluar toleransi yang ditentukan.
 - Bentuk yang tidak sesuai dengan ketentuan.
2. *Structural Discontinuities*
 - Cacat yang terjadi disebabkan oleh proses *rolling/forging*.
 - Cacat yang terjadi disebabkan oleh proses penuangan logam (*casting*).
 - Cacat yang terjadi disebabkan oleh proses pengelasan.

3. *Defective Properties Mechanical and Chemical*

- Kuat tarik, batas ulur, regangan (*elongation*), ketangguhan lebih rendah dari spesifikasi *minimum* material, maka dapat dinyatakan sebagai *defective properties mechanical*.
- Komposisi kimia dari suatu material lebih rendah dari spesifikasi *minimum*, maka dapat dinyatakan sebagai *defective properties chemical*.

Berdasarkan pada lokasi, maka cacat dikenal ada 2 jenis, yaitu :

1. Cacat pada permukaan logam.
2. Cacat pada bagian dalam logam.

A. Cacat Tempa (*Forging Defect*)

Forging yaitu proses pengerjaan logam untuk mendapatkan bentuk akhir dengan cara penempaan (*drop*), penekanan (*press*), laminasi ekstursi dan sebagainya.

a. Ketidak Sempurnaan Umpa Dasar (*Ingot*)

Ketidak sempurna umpa dasar diantaranya :

- a. Peristiwa segregasi mengakibatkan *ingot* mempunyai variasi sifat fisis dan mekanis (adanya variasi komposisi dan *impuritas* dari *ingot*).
- b. *Centerline shrinkage* pada *ingot* akan mempengaruhi bentuk akhir hasil *forging* misalnya retak.
- c. Kandungan hidrogen pada *ingot* akibat reaksi logam cair dengan uap air pada temperatur tinggi, sehingga pada proses pembekuan hidrogen terperangkap. Untuk kandungan hidrogen > 5 ppm dapat menyebabkan retak *internal* yang berukuran kecil.
- d. Adanya gas CO yang naik, sehingga pada ujung *ingot* bagian las terdapat rongga-rongga.
- e. *Inklusi non* logam adalah penyebab utama kegagalan *forging*.

b. Cacat Hasil *Forging*

1. *Anisotropi*

Bila logam mengalami *deformasi plastis* secara mekanis, maka akan terbentuk *orientasi preferensial* yang berupa *tekstur kristalografik* maupun *tekstur* serat berupa berkumpulnya *inklusi non logam*, *voids*, *segregasi* kimia, sejajar arah kerja mekanik yang ditetapkan, sehingga dapat menimbulkan bervariasinya sifat fisis dan mekanik dari suatu titik ke titik lainnya dalam suatu bahan.

2. *Lap*

Ketidak teraturan permukaan logam yang disebabkan peristiwa terlipatnya logam panas pada permukaan.

3. *Seams*

Cacat permukaan berupa retak, kumpulan *inklusi non logam* atau goresan memanjang sejajar arah pengerolan. Dapat juga terjadi proses pelipatan logam pada waktu pengerolan atau penempaan.

4. *Hot Tears*

Retak permukaan akibat patahnya bahan selama *forging* yang disebabkan oleh adanya bahan lain yang mempunyai titik leleh rendah akan menjadi getas.

5. *Burst*

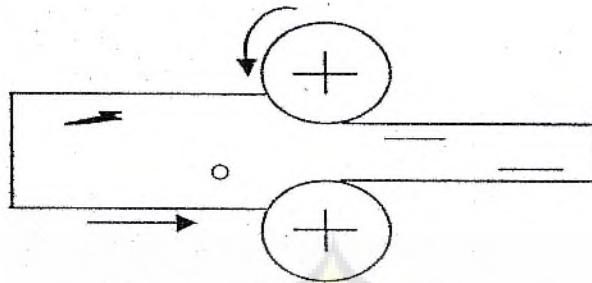
Untuk bahan-bahan yang kurang kuat akibat adanya *pipe*, *porositas*, *segregasi*, *inklusi*, maka efek tegangan tarik dapat memisahkan sebagian bahan secara *internal*.

Forging burst dapat pula terjadi pada bahan yang didalamnya mengandung fasa dengan titik leleh rendah sebagai hasil *segregasi*, fasa ini dapat mengalami patah selama *forging*.

6. *Thermal Cracks*

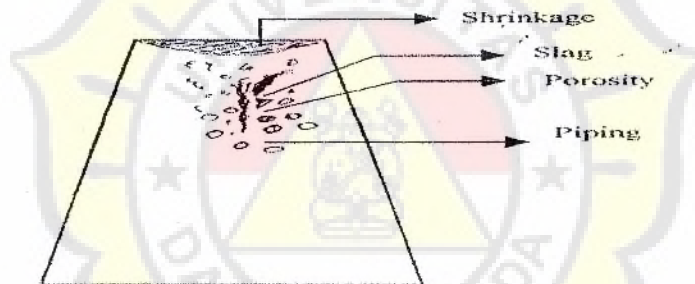
Ketidak seragaman temperatur *forging* antara permukaan dan bagian dalam bahan, sehingga menimbulkan beda derajat pemuaihan, ini akan menghasilkan tegangan tarik dipusat bahan.

Selain cacat *forging* ada juga cacat *laminasi* pada pelat baja yaitu suatu cacat yang merupakan lapisan terak ataupun *porus* yang terjadi pada *ingot* atau *billet* mengandung terak dan *porus* (*gas cavity*). Pada waktu pengerolan pelat baja, terak-terak atau *porus* tersebut menjadi pipih.



Gambar 14. Cacat Laminasi

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan



Gambar 15. Dalam *Ingot*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

B. Cacat Tempa (*Casting Forging*)

Proses tuang (*Casting*) meliputi penuangan atau injeksi logam cair kedalam suatu wadah berbentuk tertentu dan kemudian cairan logam tersebut dibiarkan membeku.

1. Gelombang (*Void*)

Rongga yang dihasilkan karena terkurungnya gas yang ditimbulkan dari logam atau udara yang disebabkan mengkerutnya logam tuang.

a. Udara Terperangkap (*Air Lock*)

Cacat yang membentuk rongga yang disebabkan udara terperangkap ketika menuang cairan logam.

b. Kekeroposan Lubang Kecil (*Pinhole Porosity*)

Rongga kecil yang berdiameter $< 1/16''$, biasanya disebabkan *evolusi* larutnya gas dalam cairan logam pada proses menuang. Rongga ini tersebar pada tuangan atau berkumpul pada daerah tertentu, kalau berkumpul pada permukaan disebut "*Subcataneous Pinhole Porosity*".

c. Rongga Gas Karena *Cil*

Rongga gas adalah bentuk lain dari rongga udara yang timbul sekitar penyangga atau *cil* didalam. Kalau permukaan *cil*, penyangga yang bersentuhan dengan logam cair, maka hal ini akan menyebabkan rongga gas. Penyebabnya yaitu bahwa uap air dari cetakan mengembun pada permukaan *cil* yang kemudian karena panasnya logam cair akan terbentuk gas.

d. Rongga Mengkerut (*Shrinkage Cavity*)

Cacat yang membentuk rongga kecil disebabkan kontraksi selama pembekuan cairan logam.

e. Mengkerut *Filamentari* (*Filamentari Shrinkage*)

Cacat yang disebabkan karena kontraksi tetapi rongga yang dibentuk kasar dan bercabang.

f. Kekeroposan *Mikro* (*Mikroporosity*)

Suatu cacat halus yang disebabkan karena mengkerutnya atau gas yang terperangkap dalam logam tuang. Untuk *non ferrous alloy* terutama *magnesium* sebagai bahan dasar, maka rongga halus tersebut terjadi pada permukaan dan biasanya disebut "Kekeroposan Permukaan (*Layar Porosity*)".

g. *Spon* (*Spongines*)

Suatu cacat yang terjadi antara Kristal atau antara *dendrite* yang kasar dan biasanya mengumpul.

h. Lubang Gas (*Gas Hole*)

Rongga yang berdiameter $> 1/16''$, biasanya disebabkan gas yang terperangkap, gas ini dapat terjadi dari cetakan atau inti tuang. Yang istimewa dari lubang gas adalah "Lubang Cacing" (*Worm Hole*), yaitu

cacat yang membentuk rongga *silinder* (tabung) dan kadang-kadang lubang tersebut sampai kepermukaan tuang.

2. Retak (*Crack*)

Cacat yang disebabkan karena ketidak paduan dari logam selama atau sesudah pembekuan. Retak secara luas dibagi menjadi retak penyusutan dan retak karena tegangan sisa.

a. Retak Penyusutan

Retak penyusutan sering terjadi pada bagian *fillet* / tajam yang terjadi suatu tuangan, bentuk retak tidak tajam. Bila bagian yang sedang membeku menyusut, maka bagian beku akan menarik logam yang belum cukup membeku, sehingga terjadi retakan penyusutan. Selanjutnya retakan bisa menjadi besar karena penyusutan dalam keadaan padat.

b. Robek Panas (*Hot Tear*)

Retak yang terjadi pada temperatur tinggi disebabkan karena pendinginan yang tidak seimbang pada penyusutan, bentuk retakannya tidak tajam dan kadang-kadang tidak *continue*. Retak ini dapat dimulai dari dalam hingga muncul ke permukaan terbuka dan pada umumnya bercabang dan pada sekelilingnya berhubungan.

c. Retak Dingin (*Cold Crack*)

Retak yang terjadi pada suhu rendah juga disebabkan pendinginan tidak seimbang pada penyusutan, bentuk retaknya sempit, runcing dan lurus. Retak ini dimulai dari permukaan bahan dan tampil secara tunggal.

3. Penutupan Dingin (*Cold Shut*)

Suatu cacat ketidak paduan yang disebabkan karena tidak sempurnaan paduan aliran logam cair pada proses penuangan yang satu terhadap yang lain. Atau segumpal logam membeku secara premature dibandingkan

sekelilingnya dan pada akhir proses pembekuan bagian tersebut terperangkap dan tidak menyatu dengan bagian lainnya.

4. Segregasi (*Segregation*)

Segregasi umum atau pita ada kalanya merupakan hal yang normal pada tuangan dan bukan merupakan suatu cacat yang serius.

a. Segregasi Umum (*General Segregation*)

Segregasi ini menyebar keseluruh bagian dari tuangan misalnya segregasi antar kristal.

b. Segregasi Setempat (*Local Segregation*)

Hal ini terjadi jika lubang mengkerut (*Shrinkage Void*) atau robek panas (*hot tear*), seluruhnya atau sebagian disebut dengan material dari campuran tuangan yang berarti titik leleh rendah.

c. Segregasi Pita (*Banded Segregation*)

Segregasi yang banyak terjadi pada *centrifugal casting* tetapi adakalanya terjadi pada tuangan tidak putak (*static casting*), biasanya cacat ini terjadi pada tuangan campuran.

5. *Burning*

Cacat jenis ini dapat dibagi kedalam dua golongan bergantung pada peristiwa yaitu :

a. *Physical Burning* (Penetrasi Logam).

b. *Chemical Burning* (Pasir leleh dan menempel dipermukaan logam).

6. Inklusi (*Inclusion*)

Suatu cacat yang terjadi karena tertangkapnya material lain dalam tuangan. Material tersebut dapat berbentuk pasir, *slag*, *flug* dan lainnya. Jenis cacat ini pada umumnya timbul didekat permukaan logam meskipun ada pula kemungkinan keberadaannya secara *internal*.

7. Struktur Butir Terbuka

Ini disebabkan oleh kecepatan pendinginan yang rendah, yang meluas dibanding irisan tebal, terlihat pada pori-pori kulit pada permukaan yang telah dikerjakan oleh mesin.

8. Kekasaran *Erosi*

Pasir yang terlepas karena *erosi* dari permukaan cetakan berbentuk pelat atau gumpalan, bergerak dalam rongga cetakan terutama dipermukaan *cup* yang mengakibatkan *inklusi* pasir.

9. Ekor Tikus

Cacat permukaan, pasir dari permukaan cetakan mengembang dan logam cair masuk dibawah permukaan bagian tersebut. Kalau pasir dibuang maka akan terlihat rongga lurus seperti pembuluh. Karena bentuknya seperti ekor tikus maka cacat ini disebut ekor tikus.

10. Cetakan Retak

Bentuk bengkakan yang tidak menentu disebabkan pecahnya cetakan dan pecahan pasir ini menimbulkan *inklusi* pasir ditempat lain.

11. Dorongan Ke Atas

Pada pemasangan kup dan *drag*, sebagian dari cetakan rontok dan jatuh didalam cetakan, sehingga akibatnya terjadi pembengkakan dan pecahan pasir mengakibatkan *inklusi* pasir pada tempat jatuh tadi.

12. Pelekat

Pada penarikan pola, sebagian pasir muka dari cetakan mungkin melekat pada pola, sehingga bisa terbentuk berbagai macam gumpalan melekat pada permukaan tuangan, hal ini menyebabkan permukaan tuangan terlihat buruk.

13. Penyinteran

Cacat penyinteran merupakan campuran halus antara logam dan pasir disebabkan sebagian pasir muka dari cetakan bercampur dan melekat pada permukaan tuangan, dapat juga disebut *chemical burning*.

14. Penetrasi Logam

Cacat dimana logam mengadakan penetrasi didalam permukaan tuangan, terutama kebagian inti yang mempunyai temperatur tinggi dan logam tersinter bersama pasir, biasanya terjadi pada sudut yang tajam, inti yang kecil atau sedang.

15. Membengkak

Tekanan logam cair yang berlebihan menyebabkan cetakan membengkak setempat.

16. Pergeseran

Tuangan yang tidak cocok satu sama lain pada permukaan pisahnya atau bergesernya inti, sehingga dingin tidak sesuai.

17. Perpindahan Inti

Inti terapung disebabkan daya apung dari logam cair, sehingga mengakibatkan dinding sisi dari *cup* menjadi tipis dan mungkin bisa pecah.

18. *Cil*

Bagian dari tuangan atau lapisan tipis dekat permukaan tuangan *dicil* menjadi putih, bagian *cil* inti keras dan sukar dikerjakan dengan mesin.

19. *Cil* Terbalik

Cil terbalik adalah keadaan dimana pada tuangan bagian dalam terdapat struktur yang *dicil*.

20. Salah Alir

Cacat yang disebabkan logam cair tidak cukup mengisi rongga cetakan.

21. Pelenturan

Tuangan yang berbentuk pelat atau panjang dapat menjadi bengkok karena perbedaan tegangan yang disebabkan lamanya waktu penyusutan selama pendinginan.

C. Cacat Las (*Welding Defect*)

Pengelasan adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan menggunakan sumber panas dari busur api listrik atau semburan api gas, sehingga logam yang disambungkan mencair bersama-sama logam pengisi atau tanpa logam pengisi menjadi *fusi* (padu).

a. Macam-Macam Cacat Las

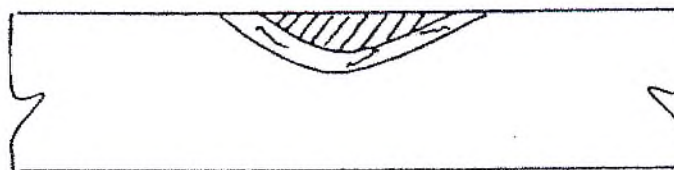
1. Retak (*Crack*)

Retak adalah cacat ketidakpaduan *linier* yang disebabkan ketidakpaduan *fraktur* dari logam las selama pengelasan atau sesudah pengelasan.

- Retak Dingin (*Cold Cracking*)

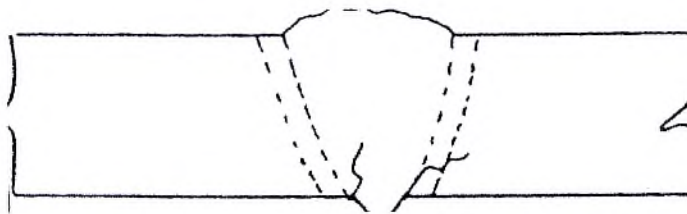
Retak yang terjadi didaerah las (HAZ dan Las) pada suhu dibawah *transformasi martensit* (MS) kira-kira dibawah temperatur 300°C .

Retak pada HAZ terdiri dari :



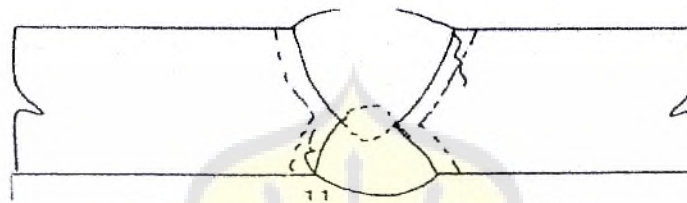
Gambar 16. Retak Bawah Mekanik Las

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan



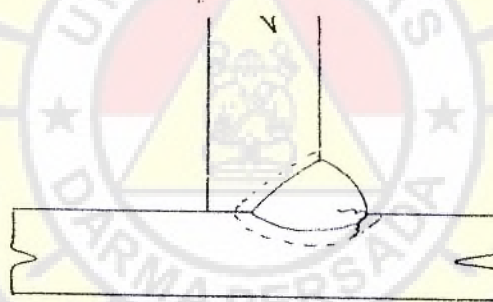
Gambar 17. Retak Akar Las (*Root Crack*)

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan



Gambar 18. Retak Kaki (*Foot Crack*)

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

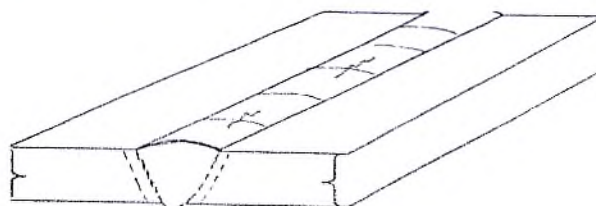


Gambar 19. Retak Tunit

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

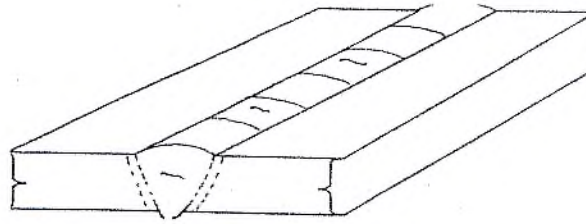
- Retak Pada Las

Retak pada las terdiri dari :



Gambar 20. Retak Memanjang

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

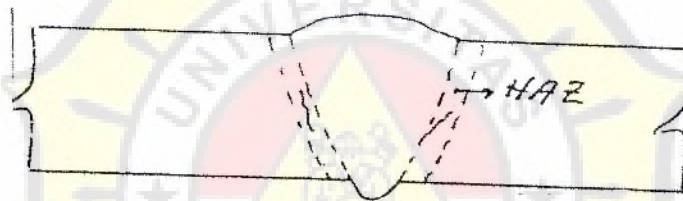


Gambar 21. Retak Melintang

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

- Retak Panas

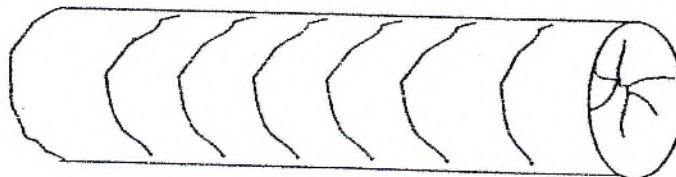
Retak yang disebabkan karena pembebasan tegangan pada suhu 550°C – 700°C , biasanya pada daerah kaki HAZ.



Gambar 22. Daerah HAZ

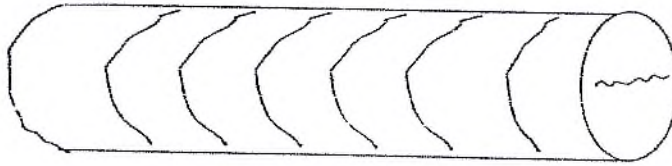
Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

Retak yang terjadi pada peristiwa pembekuan logam pada suhu diatas 900°C , biasanya terjadi pada las terdiri dari :



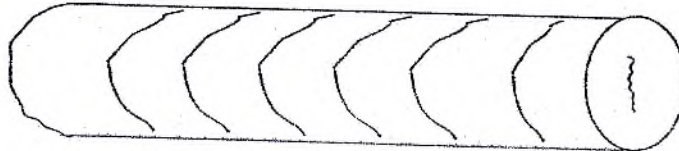
Gambar 23. Retak Bintang

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan



Gambar 24. Retak Kesamping

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

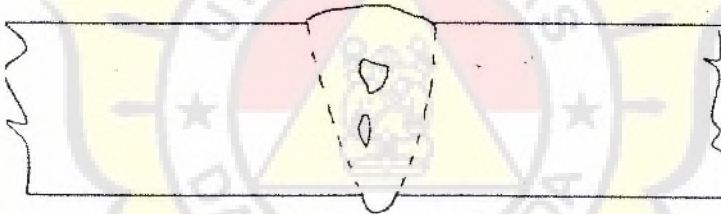


Gambar 25. Retak Kebawah

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

2. Inklusi Tembaga (*Copper Inclusion*)

Cacat yang di sebabkan tertinggalnya tembaga pada las.

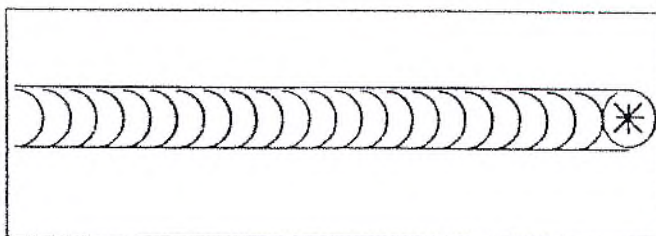


Gambar 26. Inklusi Tembaga

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

3. Pipa Kawah (*Crater Pipe*)

Cacat dipresi karena mengkerutnya logam las pada akhir perjalanan proses pengelasan dimana panas dari logam las berkurang, dapat juga disebut *Crater Pipe*.

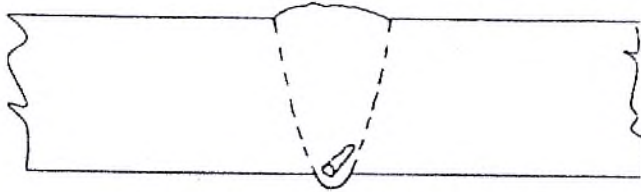


Gambar 27. Pipa Kawah

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

4. Rongga Memanjang (*Elongated Cavities*)

Rongga yang terjadi pada akar las, disebabkan kondisi pembakaran yang tidak stabil, dapat juga disebut *Hollow Bead*.

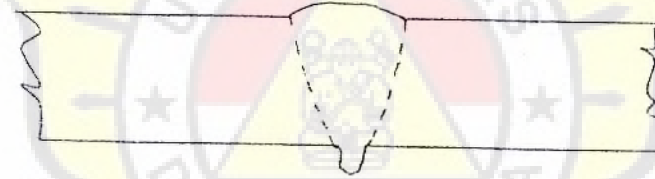


Gambar 28. Rongga Memanjang

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

5. Penetrasi Las Yang Berlebih (*Excessive Penetration Bead*)

Cacat yang disebabkan karena penetrasi bahan las kebagian kaki las, sehingga terlihat kelebihan, lasnya menonjol pada bagian bawah.

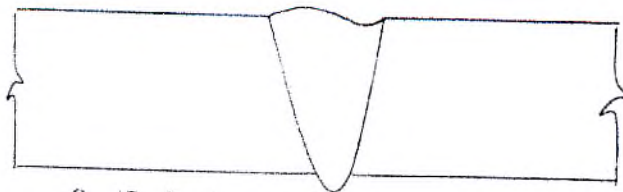


Gambar 29. *Excessive Penetration Bead*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

6. Penghalusan Yang Berlebih (*Excessive Dressing*)

Cacat yang disebabkan pada kerja penghalusan terakhir sebagian logam berkurang dari permukaan las atau logam induk (*Parent Metal*).

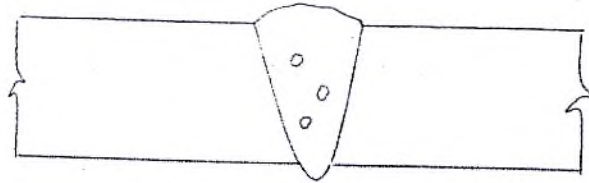


Gambar 30. *Excessive Dressing*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

7. Keropos Gas (*Gas Pore*)

Cacat rongga yang berdiameter $< 1/16''$ disebabkan karena terkurungnya gas pada proses pembekuan dari cairan las. Apabila $< 1/16''$ disebut "Lubang Tiup (*Slow Hole*)"

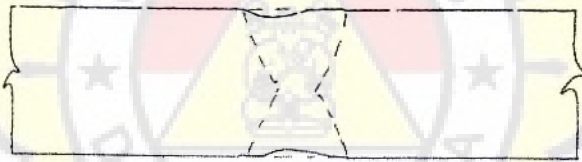


Gambar 31. Keropos Gas

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

8. Bekas Gerinda (*Grinding Mark*)

Cacat cekungan pada permukaan yang disebabkan karena terkikisnya permukaan las oleh batu gerinda pada pengelasan.

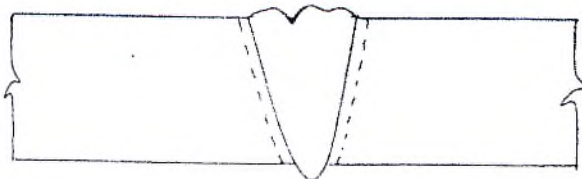


Gambar 32. *Grinding Mark*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

9. Bekas Palu (*Hammer Mark*)

Cacat yang disebabkan karena pukulan palu yang berlebih sehingga mengakibatkan cekungan pada bahan las.

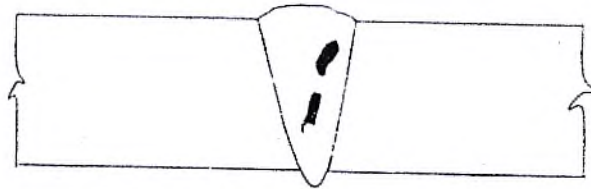


Gambar 33. *Hammer Mark*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

10. Inklusi Terak Terpisah (*Isolated Slag Inclusions*)

Cacat yang disebabkan tertinggalnya *slag* yang berbentuk tidak teratur dan tempatnya disembarang bagian las.

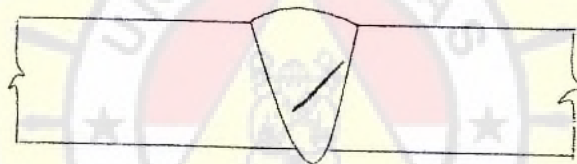


Gambar 34. *Isolated Slag Inclusions*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

11. Inklusi Terak Memanjang (*Elongated Slag Inclusions*)

Cacat yang disebabkan tertinggalnya *slag* memanjang, biasanya pada sambungan las arahnya hampir sejajar dengan sumbu las.

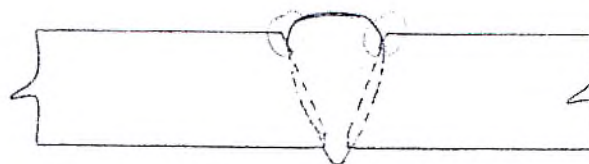


Gambar 35. *Elongated Slag Inclusions*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

12. Cekungan Ketidak sempurnaan Pengisian (*Incomplete Filled Groove*)

Cacat cekungan yang letaknya di kiri dan kanan pada permukaan las. Cacat ini disebabkan karena ketidak sempurnaan pengisian bahan las pada permukaan las, adakalanya cekungan tersebut pada bagian tengah dari las.

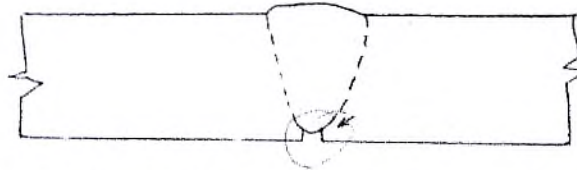


Gambar 36. *Incomplete Filled Groove*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

13. Penetrasi Kaki Las Tidak Sempurna (*Incomplete Root Penetration*)

Suatu cacat yang disebabkan karena ketidak sempurnaan pengisian logam las pada sambungan kaki las (*Weld Root*).



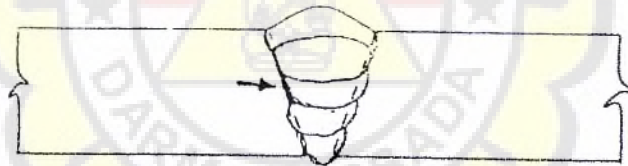
Gambar 37. *Incomplete Root Penetration*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

14. Kurang Berfusi (*Lack of Fusion*)

Cacat yang disebabkan kurang bersatunya bagian las yang satu terhadap yang lain atau logam induk (pembakaran tidak sempurna).

- Antara logam las dengan logam las.
- Antara logam las dengan logam induk.

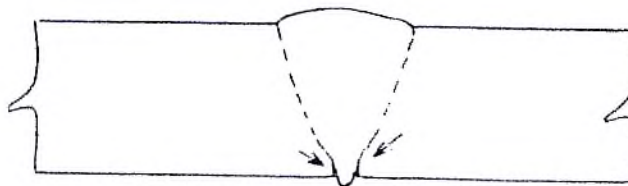


Gambar 38. *Lack of Fusion*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

15. Fusi Kurang Sempurna (*Incomplete Root Fusion*)

Cacat yang disebabkan kurang bersatunya bagian las terhadap logam induk pada bagian akar atau muka dari sambungan.



Gambar 39. *Incomplete Root Fusion*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

16. Inklusi Membujur (*Linear Inclusion, Slag Line*)

Cacat yang disebabkan karena tertinggalnya *slag* atau metal lain pada las yang membujur sejajar dengan sumbu las.

Adakalanya panjang berurutan sejajar dan berjejer dikedua sisi las dan biasanya disebut rel kereta (*Train Line*).

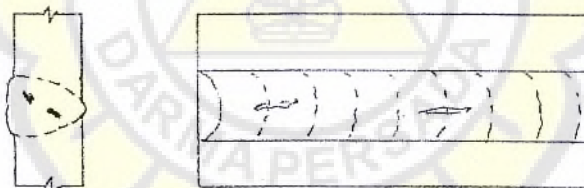


Gambar 40. Inklusi Membujur

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

17. Inklusi Oxida (*Oxida Inclusion*)

Cacat yang disebabkan karena tertangkapnya oxida logam atau *non* logam pada waktu proses pengelasan berjalan.



Gambar 41. Inklusi Oxida

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

18. Keropos (*Porosity*)

Cacat yang disebabkan karena tertangkapnya gas dalam proses pengelasan.

Berdasarkan distribusinya, dapat dibagi menjadi tiga tipe :

a. Keropos Membujur (*Linier Porosity*)

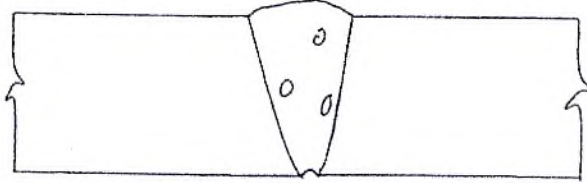
Cacat keropos yang membujur sejajar sumbu las biasanya disertai terjadinya *lack of fusion*.

b. Keropos Terkumpul (*Localised Porosity*)

Cacat keropos yang letaknya terkumpul pada bagian kecil dari las, dapat juga disebut *cluster porosity*.

c. Keropos Seragam (*Uniform Porosity*)

Cacat keropos yang distribusinya seragam pada daerah las.

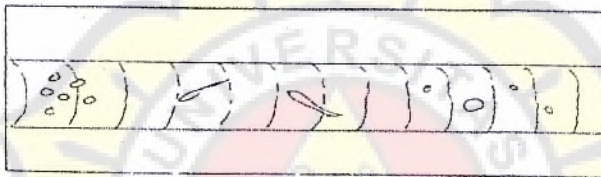


Gambar 42. *Uniform Porosity*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

d. Cekungan Kaki Las (*Root Concavity*)

Cacat cekungan yang terjadi pada kaki las.



Gambar 43. *Root Concavity*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

19. Celah Mengkerut (*Srinkace Groove*)

Cacat cekungan permukaan bawah dari bagian las yang disebabkan mengkerutnya sepanjang sisi las.

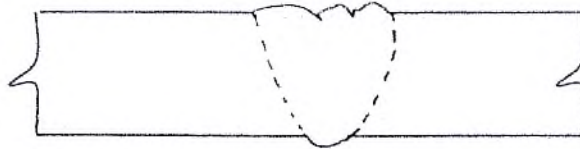


Gambar 44. *Srinkace Groove*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

20. Tanda Alat (*Tool Mark, Chipping Mark*)

Cacat yang disebabkan perlakuan alat yang berlebihan pada permukaan las sehingga berbekas, misalnya perlakuan palu tajam yang berlebihan.



Gambar 45. Tanda Alat

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

21. Inklusi Tungsten (*Tungsten Inclusion*)

Cacat yang disebabkan tertinggalnya logam tungsten pada las.



Gambar 46. Inklusi Tungsten

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

22. Takik (*Undercut*)

Cacat yang merupakan lekukan karena logam induk termakan pada waktu proses pengelasan pada kaki pinggiran logam induk, disebabkan pemakaian arus yang terlalu besar.

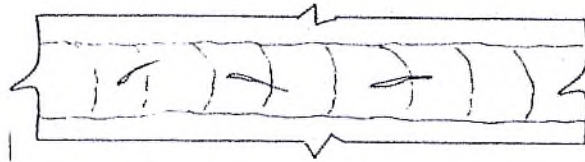


Gambar 47. Undercut

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

23. Lubang Cacing (*Worm Mole*)

Cacat yang berbentuk rongga memanjang atau tabung disebabkan karena terperangkapnya gas pada proses pengelasan.

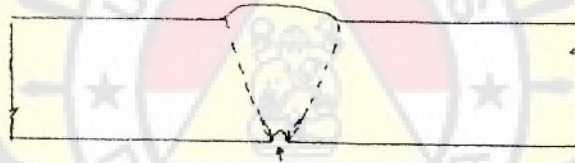


Gambar 48. Lubang Cacing

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

24. Pembakaran Yang Menembus (*Burn Through*)

Cacat pada bagian akar las dimana penetrasi yang berlebihan telah menyebabkan logam las yang masih mencair tertiuap.

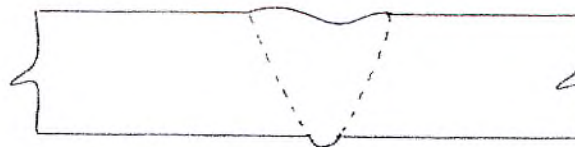


Gambar 49. *Burn Through*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

25. Kekurangan Tonjolan Las (*Lack of Reinforcement*)

Cacat yang disebabkan kekurangan lapisan las pada bagian tengah manik las muka yaitu lebih rendah dari permukaan logam induk (*Base Metal*).

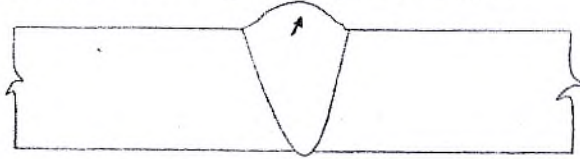


Gambar 50. *Lack of Reinforcement*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

26. Tonjolan Las Berlebihan (*Excessive Reinforcement*)

Lapisan las yang berlebihan pada bagian las muka.

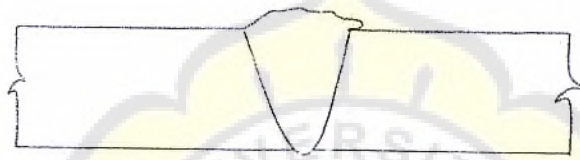


Gambar 51. *Excessive Reinforcement*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

27. Lebar Las Yang Berlebihan (*Over Lapping*)

Melebarnya logam las pada bagian akar las, timit las pada *fusi*.

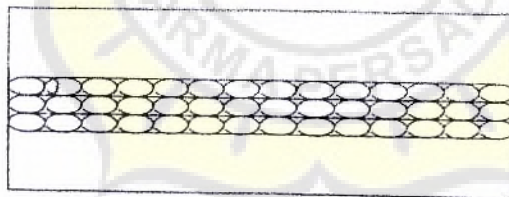


Gambar 51. *Over Lapping*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

28. Manik Las Yang Tidak Beraturan (*Irregular Bead*)

Tidak teraturnya manik las pada bagian penutup las (*over pass*)



Gambar 52. *Irregular Bead*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

29. *Distorsi / Deformasi*

Perubahan bentuk dari benda kerja setelah dilas.



Gambar 53. *Distorsi/Deformasi*

Sumber : Pengetahuan *Non Destructive Test*, Departemen Perhubungan

b. Cara Memperbaiki Kesalahan Cacat Pada Las

Beberapa cacat las dapat diperbaiki sebagai berikut :

1. Keropos (*Porosity*)

Sebab :

- Busur api (*Arc*) terlalu pendek.
- Waktu pembekuan tidak cukup.
- Arus tidak benar.

Perbaiki :

- Gunakan elektroda yang benar untuk memberikan busur api cukup panjang.
- Waktu pembekuan harus cukup, untuk memberikan kesempatan gas keluar.
- Arus yang tepat.
- Untuk menghilangkan cacat lubang jarum (*Pin Hole*), lakukan gerakan *weaving*.

2. Penetrasi Tidak Sempurna (*Incomplete Penetration*)

Sebab :

- Kecepatan pengelasan terlalu cepat.
- Elektroda terlalu besar.
- Arus rendah.

Perbaiki :

- Kecepatan pengelasan diperlambat sehingga penetrasi pada akar las baik.
- Pilih diameter elektroda yang sesuai dengan *root opening* las.
- Gunakan arus yang cukup.
- Berilah ruang bebas pada bagian bawah dari las.

3. Pembengkokan (*Warving*)

Sebab :

- Mengerutnya logam las.
- Kesalahan pemangangan (*clamping*) dari bagian yang akan dilas.
- Pemanasan yang berlebihan pada bagian yang disambung.

Perbaikan :

- Percepatan kecepatan pengelasan dengan menggunakan elektroda kecepatan tinggi dan penetrasi yang menengah.
- Peganglah bagian yang akan dilas dengan baik.
- Hindari pemanasan yang berlebih pada bagian yang disambung.

4. Manik Las Kurang Baik (*Poor Appereance*)

Sebab :

- Kesalahan penyambungan.
- Pemanasan yang berlebihan.
- Penggunaan elektroda yang tidak benar.
- Busur api (*arc*) dan arus yang tidak benar.

Perbaikan :

- Hindari kesalahan dalam melakukan penyambungan.
- Hindari pemanasan yang berlebihan.
- Gunakan gerakan *weaving* yang seragam.
- Hindari arus yang terlalu tinggi.
- Pergunakan panjang busur api, sudut elektroda dan kecepatan las yang benar.

Perbaiki :

- *Distribusi* pengelasan untuk mencegah pemanasan yang kurang sempurna.
- Aturilah dengan baik bagian yang akan dilas sebelum pengelasan.
- Perbaiki celah dari bagian yang akan di las.

8. Retak (*Crack*)

Sebab :

- Pemakaian elektroda yang salah.
- Sambungan yang akan di las kasar.
- Kesalahan pengelasan.

Perbaiki :

- Pergunakan elektroda yang tepat.
- Hilangkan sambungan yang kasar.
- Pengelasan dilakukan dari tengah ke tepi.

