

BAB II

DASAR TEORI

2.1. TINJAUAN PUSTAKA

Studi literatur ini bertujuan untuk mendapat informasi atau data yang berlaku serta variasi yang diperlukan. Dasar teori yang menjadi referensi dalam pembuatan penelitian ini yaitu :

2.1.1. Menurut (Ahmad Fauzan Zakki, 2008) yang melakukan penelitian “Analisa Kekuatan Tarik Penyambungan Pelat Baja Dengan Ketebalan Berbeda pada *Type Sambungan Butt Joint*”, proses penyambungan pelat yang berbeda ketebalan menggunakan dua macam metode yaitu metode *Chamfering* (menyamakan ketebalan pelat pada sisi yang akan disambung) dan *non-Chamfering*, dengan hasil dari tegangan tarik, tegangan luluh dan perpanjangan dari kedua metode penyambungan tersebut memiliki hasil pengujian yang relative sama.

2.1.2. Menurut (Hakim Setiawan, 2017) yang melakukan penelitian “Analisa Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro pada Sambungan *T-Joint* dan *Butt Joint* Pipa Aluminium dengan Metode *TIG Argon Welding*”, berdasarkan hasil yang didapat dari pengujian struktur mikro proses las TIG Argon tetap mempengaruhi terbentuknya struktur mikro logam baru namun relative kecil. Pada daerah HAZ mengalami pengurangan jumlah butiran, sedangkan pada daerah las menghasilkan butiran-butiran yang lebih kasar dari *base metal* dan HAZ akibat panas saat proses *welding* dan juga dari jenis material bahan tambah yang berbeda.

2.1.3. Menurut (Dedi Triyoko, 2016) yang melakukan penelitian “Analisa Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Sambungan Las Beda *Properties* Aluminium dengan Metode *Friction Stir Welding*”,

2.2. TEORI DASAR PENGELASAN

Pengelasan menurut *British Standards Institution*, 1983 adalah proses penyambungan antara dua atau lebih material dalam keadaan plastis atau cair dengan menggunakan panas (*heat*) atau dengan tekanan (*pressure*) atau keduanya. Logam pengisi (*filler metal*) dengan temperature lebur yang sama dengan titik lebur dari logam induk dapat atau tanpa digunakan dalam proses penyambungan tersebut.

Pengelasan menurut *American Welding Society*, 1989 adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las dilakukan secara dengan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), hanya dengan tekanan (*pressure*), atau dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*).

2.3. ALUMINIUM

Aluminium adalah adalah logam yang paling banyak digunakan setelah baja, karakteristik utamanya adalah ringan (berat jenis = $2,7 \text{ g/cm}^3$), memiliki konduktivitas panas dan listrik yang tinggi, memiliki ketahanan korosi yang baik dalam atmosfer biasa, serta memiliki keuletan yang cukup tinggi. Aluminium jauh lebih ringan jika dibandingkan dengan baja (berat jenis = $7,8 \text{ g/cm}^3$) (Bondan T. Sofyan, 2010).

Menurut Daryanto, 2009 aluminium adalah sejenis logam yang begitu keras dan tidak begitu kuat tetapi sangat kenyal, aluminium mempunyai berat jenis yang rendah, yakni 2,6 dan warnanya putih kebiru biruan.

Sementara menurut Sumanto, 2005 aluminium adalah logam yang sangat ringan (berat jenis aluminium 2,56 atau 1/3 berat jenis tembaga). Tahanan jenis $2,8 \times 10^{-8}$ atau 1,25 x tahanan jenis tembaga.

2.4. PADUAN ALUMINIUM

Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak sehingga kekuatannya sangat rendah. Untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik pemaduan sifat ini dapat diperbaiki, tetapi sering kali sifat tahan korosi dan keuletannya berkurang. Sedikit mangan, silicon atau magnesium masih tidak banyak mengurangi sifat tahan korosi. Sedangkan seng, besi, timah putih dan tembaga cukup drastic menurunkan sifat korosinya.

Paduan aluminium dapat digolongkan menjadi :

- a. Aluminium *Wrought Alloy*/Paduan Aluminium Tempa
- b. Aluminium *Casting Alloy*/Paduan pengecoran Aluminium

Aluminium *Wrought Alloy* berupa barang setengah jadi misalnya batang, pelat dan lain-lain. Ini dapat diklasifikasikan menurut komposisi kimianya. Tiap-tiap jenis paduan diberi kode dengan empat digit angka yaitu :

- a. Digit angka pertama (**Xxxx**) menunjukkan jenis paduan aluminium berkaitan dengan kemurnian aluminium atau jenis unsur paduan utama.
- b. Digit angka kedua (**xXxx**) menunjukkan modifikasi dari paduan orisinil. Digit "0" untuk paduan orisinil dan digit "1" sampai dengan "9" untuk modifikasi.
- c. Digit ketiga dan keempat (**xxXX**) merupakan identitas campuran khusus paduan utama, contoh pada paduan 5183, angka "5" menunjukkan jenis paduannya yaitu magnesium, angka "1" merupakan modifikasi pertama dari seri 5083, dan angka "83" merupakan identifikasi pada seri 5xxx.

Sifat mekanik dari kebanyakan paduan aluminium tidak saja dipengaruhi oleh komposisi kimianya, tetapi juga tingkat deformasi (banyak paduan yang mengalami *strain hardening*) dan *heat treatment* pada proses fabrikasinya. Untuk memberikan gambaran tentang sifat mekanik tersebut dibelakang angka kode paduan juga dibutuhkan huruf yang menandai kondisinya, "F" untuk fabrikasi, "O" untuk *annealed-recrystallized*, "H" untuk

strain hardened, “W” untuk *solution heat treated* atau “T” untuk *Thermally treated*. (Suherman 1988)

2.5. KARAKTERISTIK ALUMINIUM 5083

Aluminium 5083 banyak digunakan untuk *marine applications*, karena 5083 merupakan aluminium paduan Al-Mg yang mempunyai kekuatan tarik tinggi, ketahanan korosi yang baik, mampu bentuk yang baik serta mempunyai sifat las, 5083 juga memiliki kemampuan las yang sangat baik. Menurut ESAB (produsen utama peralatan las), dibandingkan dengan aluminium lainnya, 5083 di daerah sekitar las akan kehilangan 7% dari kekuatan tarik. Paduan jenis ini menawarkan kekuatan tinggi diantara paduan *no heat treatable*.

2.6. PENGELASAN ALUMINIUM

Pengelasan aluminium tergolong kurang baik jika dibandingkan dengan pengelasan baja. Kelemahan yang sering terjadi adalah sifat aluminium yang mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 . Karena itulah sebelum dilakukan pengelasan permukaan aluminium dibersihkan dan langsung dilakukan pengelasan untuk menghindari oksidasi. Pengaruh lama oksidasi ini akan menimbulkan bintik-bintik kasar yang makin banyak di permukaan las-lasan.

Pembentukan lapisan oksida (Al_2O_3) ditandai dengan perubahan visual dari permukaan aluminium (Al) yang memiliki warna semula mengkilap (perak) berangsur-angsur berubah lebih buram seiring laju pertumbuhan lapisan oksida yang disebabkan oleh kontak langsung dengan oksigen (O_2). Ketika pelindung dari logam aluminiumnya mengalami kontak langsung dengan udara terbuka (atmosfer), pembentukan aluminium oksida berlangsung sangat cepat. (Anderrson 2008).

2.7. GAS METAL ARC WELDING (GMAW)

GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) Merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih yang sejenis dengan menggunakan bahan tambah yang berupa kawat gulungan dan gas pelindung melalui proses pencairan. Gas Pelindung dalam proses pengelasan ini berfungsi sebagai pelindung dari proses oksidasi, yaitu pengaruh udara luar yang dapat mempengaruhi kualitas las, gas yang digunakan dalam proses pengelasan ini dapat menggunakan gas argon, helium, argon+helium dsb. Penggunaan gas juga dapat memengaruhi kualitas las itu sendiri.

Las GMAW merupakan proses pengelasan yang tidak perlu sering mengganti kawat las juga bisa digunakan untuk semua jenis material dan posisi pengelasan, serta tidak menghasilkan kerak atau slag sehingga tidak memerlukan banyak pembersihan, serta dari hasil penelitian uji tarik dan uji lengkung yang dilakukan Suryono Adi Waluyo dalam jurnalnya Analisa Pengaruh Variasi Arus Terhadap Hasil Las GMAW menyimpulkan bahwa hasil sangat baik.

Pengelasan GMAW dikategorikan menjadi 2 jenis salah satunya adalah MIG (*Metal Inert Gas*). Las MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan sebuah pengembangan dari pengelasan GMAW dan mulai dikenalkan di dunia industri pada tahun 1940.

2.8. SIFAT – SIFAT MEKANIK

Sifat mekanik ini adalah salah satu sifat terpenting karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban/gaya sampai menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting adalah :

- a. Kekuatan (*streghht*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa meyebabkan patah.
- b. Kekerasan (*hardness*) menyatakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan, indenensi atau penetrasi.

- c. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan kerusakan. Selain itu juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energy yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja pada suatu kondisi tertentu.
- d. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisnya.
- e. Kekenyalan (*elasticity*) merupakan kemampuan bahan untuk menerima treganagan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyataka kemamppuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.

2.9. PENGUJIAN METALOGRAFI

Pengujian metalografi adalah suatu teknik atau ilmu untuk melihat struktur mikro material. Pengujian metalografi pada dasarnya terdiri dari pengujian makro dan pengujian mikro. Pengujian mikro bertujuan untuk mengetahui kondisi struktur mikro penyusun logam akibat proses pengelasan, pemanasan dan pendinginan. Struktur mikro berupa butir butiran yang dipisahkan oleh batas butir (*grain boundary*). Tahapan dalam melakukan pengujian mikro adalah

- a. Pemotongan

Pemotongan atau *sectioning* yaitu pengambilan sebagian sampel representatif yang aan dianalisis dengan berbagai cara seperti pemotoingan dengan cakram abrasive, gergaji atau dengan plasma bertekanan tinggi.

b. *Labeling*

Pemberian identitas (*labelling*) sampel supaya dapat dibedakan dengan yang lainnya. Labelling dapat dilakukan dengan cara penggoresan, pengetokan atau dengan cara lainnya. Pastikan bahwa identitas tidak akan hilang selama preparasi.

c. *Mounting*

Pelapisan sampel logam dengan zat organik seperti bakelit, epoxin resin dengan maksud mempermudah penanganan selama persiapan metalografi. Teknik mounting dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti *clamp mounting*, *compression mounting*, *cold mounting* dan *conductive mounting*. Perbedaan yang pokok dari keempat cara tersebut tergantung bahan dan teknik pelapisan yang dilakukan.

d. *Grinding* (penggerindaan)

Pengetaman untuk meratakan permukaan sampel dengan menggunakan kertas/bahan abrasif. Ukuran abrasive yang digunakan mulai dari 40 sampai 1200 mesh. Bahan abrasif umumnya terbuat dari alumina silicon karbida, emery atau intan.

e. *Polishing* (pemolesan)

Tahap akhir dari perataan permukaan sampel, syarat permukaan sampel yang dapat digunakan untuk analisa metalografi adalah harus bebas goresan dan tampak seperti cermin. Pemolesan dapat dilakukan secara bertahap dengan cara mekanis, kimian dan elektrolit.

f. *Etching* (pengetsaan)

Reagen kimia yang disebut dengan etchant pada permukaan hasil polishing untuk menimbulkan penampakan khusus seperti fasa, batas butir, dislokasi dan struktur mikro tertentu dibawah mikroskop.

Teknik pengetsaan dapat dilakukan dengan cara kimia, elektrolit, katodik vakum. Setiap logam memiliki reagent etchant tertentu, seperti baja dan besi cor dapat digunakan reagent nital atau picral yang keduanya menampakan *fas pearlife*.

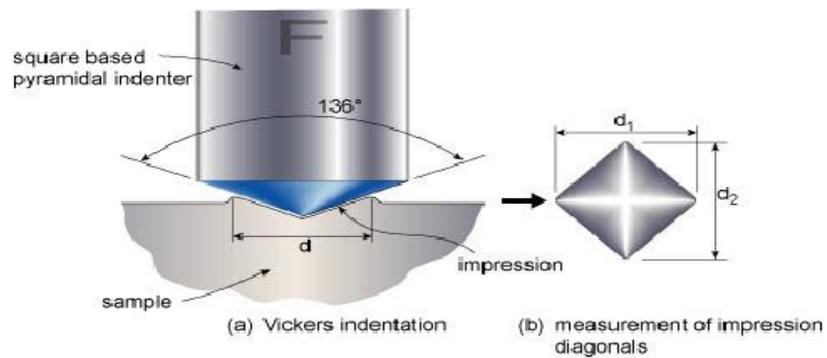
2.10. PENGUJIAN KEKERASAN

Kekerasan (*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bias kembali ke bentuk asal. Dengan kata lain material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). [<http://www.alatuji.com>]

Nilai kekerasan dapat diketahui dengan beberapa metode. Metode tersebut diantaranya *Rockwell test*, *Brinell test*, dan *Vickers test*. Metode pengujian *Vickers* menggunakan indenter berbentuk piramida intan.

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian *rockwell* dan *brinell* yaitu antara 1 samapai 1000 gram.

Angka kekerasan *Vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan beban luka tekan (injakan) dari *indenter* (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode *Vickers*.



Gambar 2.1. Bentuk Indentor *Vickers*

Dimana,

HV = Angka kekerasan *Vickers*

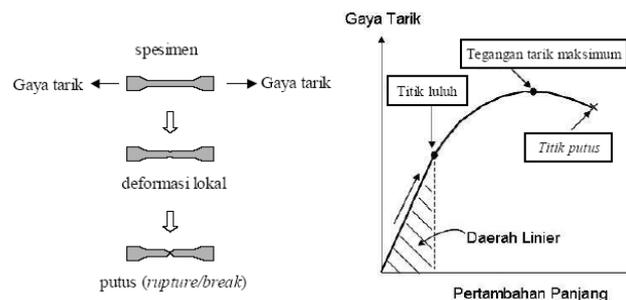
F = Beban (kgf)

d = Diagonal (mm)

2.11. PENGUJIAN TARIK

Pengujian tarik adalah salah satu metode pengujian material yang paling luas penggunaannya. Pada pengujian tarik spesimen uji mengalami pembebanan satu sumbu (*uniaxial loading*) yang menyebabkan terjadinya deformasi baik elastis maupun plastis. Sari pengujian ini dapat dipelajari perilaku dari material sebagai respon terhadap beban yang diberikan.

Tujuan pengujian tarik adalah untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu material terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut antara lain meliputi batas lumer, kekuatan tarik, kekenyalan, pertambahan panjang dan pengecil luas penampang.



Gambar 2.2. Gambaran hasil pengujian *tensile*/tarik

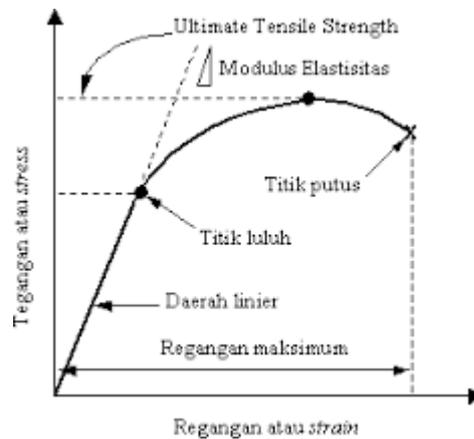
Dalam pengujian tarik banyak hal yang dapat diambil untuk dipelajari, pada saat material uji menerima beban sebesar P kg, maka material uji akan mengalami penambahan panjang sebesar ΔL mm. Pada saat itu juga pada material uji bekerja :

Tegangan Sebesar :
$$\sigma = \frac{P}{A_0} \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

Regangan Sebesar :
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{(L-L_0)}{L_0} \text{ [%]}$$

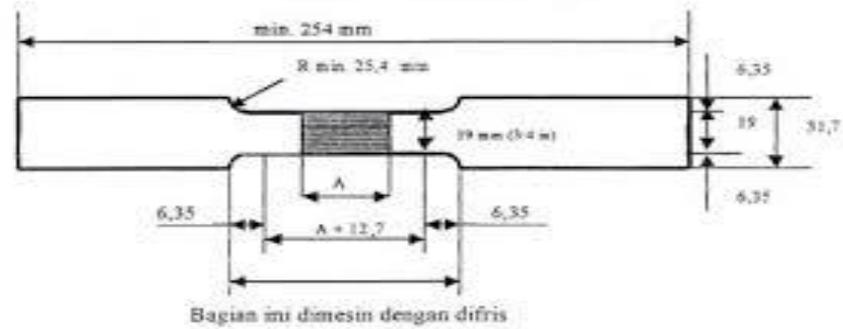
Untuk semua logam pada tahap awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linear atau *linear zone*. Di daerah ini kurva penambahan panjang mengikuti aturan *Hooke*.

Selanjutnya didapatkan yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini kerap disingkat dengan kurva SS (*SS Curve*).



Gambar 2.3. Kurva Tegangan Regangan

Dalam proses pengujian tarik ada beberapa parameter untuk menentukan ukuran dari spesimen, untuk menentukannya terdapat *rules* yang akan digunakan sebagai acuan proses pengujian



Gambar 2.4. Contoh Spesimen Uji Tarik [AWS D1.2.]

2.12. PEGUJIAN RADIOGRAFI TEST

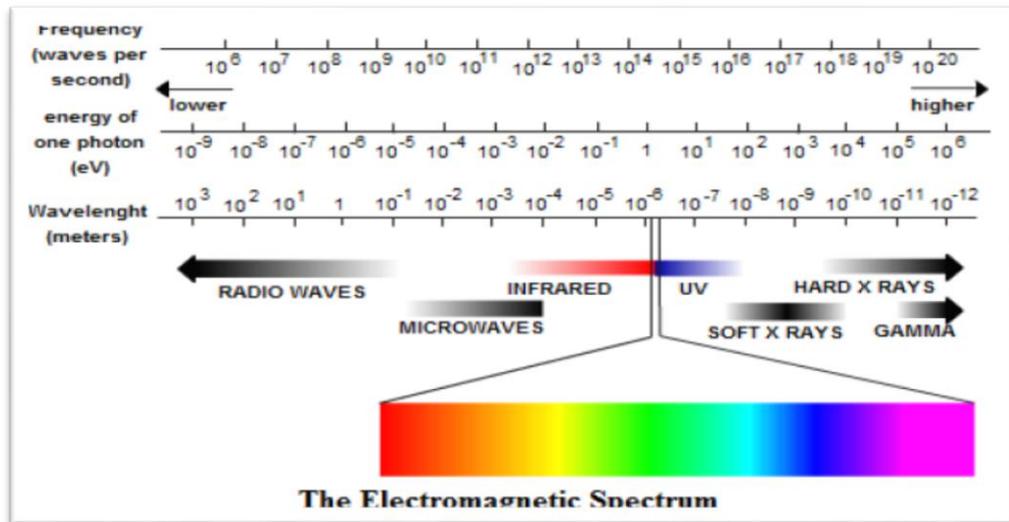
Radiografi digunakan dalam aplikasi yang sangat luas termasuk kesehatan, teknik, forensic, keamanan, dan lain-lain. Dalam *Non-Destructive Test*, radiografi merupakan satu yang sangat penting dan metode yang digunakan secara meluas. Uji radiografi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode *Non-Destructive Test* lainnya. Namun, satu kekurangan terbesarnya adalah risiko kesehatan yang berkaitan dengan radiasi

Secara umum, uji radiografi merupakan metode pemeriksaan material terhadap kerusakan atau cacat yang tidak terlihat atau tersembunyi dengan menggunakan kemampuan radiasi dari gelombang elektromagnetik pendek (energi foton tinggi) untuk memasuki berbagai material. Uji radiografi dalam dunia teknik Intensitas dari radiasi yang masuk dan melewati material ditangkap oleh lapisan yang sensitive terhadap radiasi (*Film Radiography*) atau dengan susunan planer sensor radiasi sensitive (*Real-time Radiography*). Lapisan atau film radiografi merupakan metode tertua yang masih banyak digunakan pada *Non-Destructive Test*.

2.12.1. Sumber Sinar pada Pengujian Radiografi

Sinar X dan Sinar Gamma merupakan gelombang elektrostatis pada spektrum elektrostatis dengan rentang frekuensi yang lebih besar dari radiasi ultraviolet. Sinar Gamma biasanya memiliki frekuensi yg lebih besar dari Sinar X. Perbedaan utama antara

Sinar X dan Sinar Gamma adalah pada asal radiasinya dimana Sinar X biasanya hasil buatan dengan menggunakan *X-ray Generator* dan radiasi Gamma adalah produk dari bahan radioaktif.

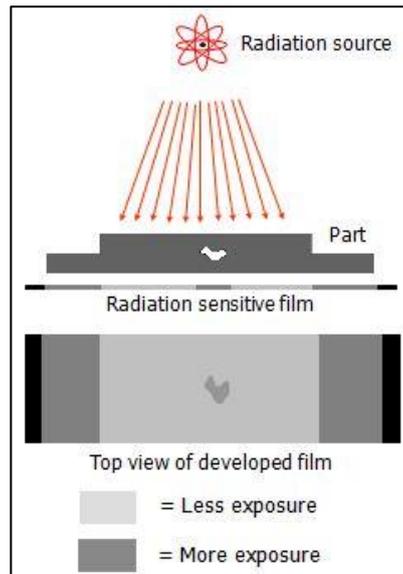


Gambar 2.5. Frekuensi, energy dan panjang gelombang beberapa gelombang sinar

Sinar X dan Sinar Gamma adalah bentuk gelombang, seperti sinar cahaya, *microwave*, dan gelombang radio. Sinar X dan Gamma tidak dapat dilihat, dirasakan, ataupun didengar, juga tidak memiliki beban maupun berat.

2.12.2. Prinsip Kerja Pengujian Radiografi

Pada *Radiographic Test*, benda atau bagian yang akan dilakukan inspeksi diletakkan diantara sumber radiasi dan *film* yang sensitif. Sumber radiasi berasal dari mesin *X-ray* ataupun sumber radioaktif seperti *Ir-192*, *Co-60*, dan *Cs-137*. Bagian yang diinspeksi akan menahan radiasi yang ditembakkan berdasarkan perbedaan ketebalan benda tersebut.

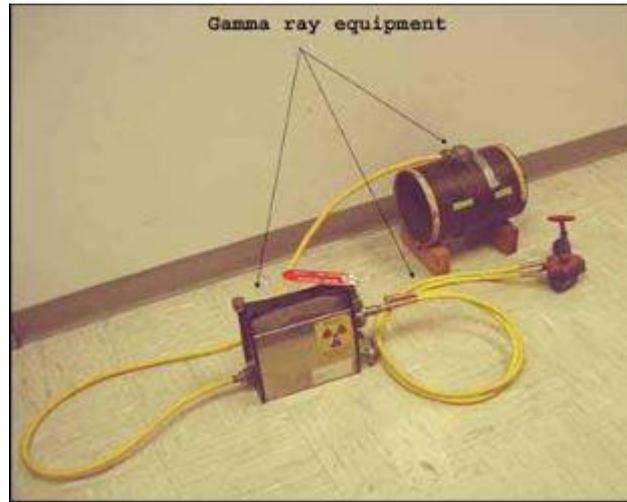


Gambar 2.6. Prinsip pemancaran sumber radiasi ke benda kerja

Radiasi yang menembus benda inspeksi akan menghasilkan gambar seperti bayangan pada lembar *film*. Bayangan yang dihasilkan pada lembar *film* akan bervariasi tergantung dari jumlah radiasi yang menembus benda inspeksi dan mencapai lembar *film*. Bagian yang lebih gelap pada *film* menandakan intensitas radiasi yang tinggi, sedangkan pada bagian yang lebih terang menandakan intensitas radiasi yang rendah. Perbedaan gelap pada gambar dapat menunjukkan adanya cacat ataupun diskontinuitas pada bagian dalam benda inspeksi.

Adapun alat-alat dan material utama yang digunakan dalam pengujian radiografi yaitu:

- a. *X-Ray Generators*
- b. *Radio Isotop (Gamma-Ray) Sources*
- c. *Radiographic Film*



Gambar 2.7. Alat pengujian radiografi menggunakan sinar gamma

2.12.3. Pengujian *Ultrasonic Flaw Detector*

Ultrasonic Flaw Detector adalah suatu alat uji untuk pengukuran mendeteksi cacat pada material dan Pengelasan. Dari semua aplikasi pengujian industri, deteksi cacat menggunakan alat ini adalah yang tertua dan yang paling sering digunakan sejak tahun 1940-an.

Ultrasonic Flaw Detector ini memungkinkan para pengguna untuk melakukan pengujian pada produk atau material untuk mendeteksi adanya cacat. *Ultrasonic Flaw Detector* dapat menjadi pilihan bagi anda yang memerlukan pengujian dan pengukuran guna standar kualitas produk metal dan non metal. Baik pengujian keretakan metal, NDT, *heat reduction* dan sebagainya cocok dengan spesifikasi produk.

Ultrasonic Flaw Detector ini mempunyai keunggulan dalam mendeteksi kecacatan benda melewati ultrasonic, yang ketika menyala dan sensor ditunjukkan maka secara otomatis akan mengindikasikan pada layar display dengan teknik tampilan gelombang.



Gambar 2.8. Alat *Ultrasonic Flaw Detector*

Range yang ada dalam perlengkapan ini dapat mendeteksi Kecacatan Benda ini sendiri hingga 9999 mm dalam baja , ultrasonic flaw Detector Pendeteksi Kecacatan Benda dengan Ultrasonic sesuai untuk dipakai pada benda kerja yang besar dan dalam pengukuran resolusi tinggi.

Prinsip kerja dari Ultrasonic Flaw Detector adalah dengan menembakkan gelombang ultrasonic dengan frekuensi tinggi sekitar 0.25 sampai 10 MHz pada material melalui jalur yang bisa diprediksi. Gelombang ultrasonic yang ditembakkan akan merambat melalui material dan akan dipantulkan apabila mengenai sisi lain material atau cacat yang ada di dalam material, sehingga pada umumnya pengecekan ultrasonik ini didasarkan pada perbedaan intensitas gelombang yang diterima serta masa-masa perambatannya.

Proses pembuatan material sering terjadi masalah berupa kecacatan yang timbul di dalam benda padat tersebut. Detektor kecacatan yang digunakan untuk mendeteksi cacat pada ukuran bawah permukaan dan anomali dalam banyak materials.

Instrumen ultrasonik berkualitas tinggi untuk berbagai aplikasi seperti pemeriksaan pengelasan, petrokimia, minyak, gas pipa, tabung, nuklir daya bejana tekan, komponen kedirgantaraan, perawatan pesawat, dan logam beratindustri. Manfaat utama deteksi cacat ultrasonik ialah prosesnya paling cepat. Kita tidak membutuhkan prosedur yang panjang guna mendeteksi permukaan.