

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN KOLABORASI DOSEN MANDIRI



**ANALISIS *NON DESTRUCTIVE TEST* (NDT) PADA
PENGELASAN SAMBUNGAN INSTALASI PIPA DENGAN
METODE *RADIOGRAPHY* : STUDI KASUS DI PROYEK
RIFENERY DEVELOPMENT MASTER PLAN (RDMP)
BALIKPAPAN**

Tim Peneliti :

Ir. Mohamad Haifan, MAgr. IPM, NIDN: 0317116301 (Ketua)

Ir. Syahril Makosim, MS, IPM, NIDN : 0328086601 (Anggota)

Djoko Utomo, NRP : 220410015 (Anggota)

**PROGRAM STUDI PROGRAM PROFESI INSINYUR
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

2024

Lampiran Surat Tugas
No. 004/ST-PLT/WRPM-PP/111/2024
Tanggal 08 Januari 2024

DAFTAR PENELITIAN DOSEN PROGRAM STUDI PROGRAM PROFESI INSINYUR SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2023/2024

NO	TOPIC PENELITIAN	REKAM	SUBSUNAN TM	SURSES DANA	JUMLAH DANA (Rp)	KETERLIBATAN PROGRAM STUDI/ LAIN	KETERLIBATAN MAHASISWA
1	Underleng Traveler Form Technology Application on The Supporting Formwork Main Deck Kendari Bay Cable Stayed Bridge Project	Infrastruktur dan Perakitan	1. Prof. Ir. Krisna Mochtar, MSCE, Ph.D, IPU 2. Sugeng Prastyo	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Sugeng Prastyo (NRP: 1212225003)
2	Implementasi Green Lean Kaizen Jasa Pelatihan Pada PT. Prokualtha Karya	Engineering & Technology (Riset Kolaborasi)	1. Ir. Yenny Widianty R. W., M.T., IPU 2. Ir. Mohamad Hafan, M.Agr 3. Dr. Ir. Linda Theresia, MT	Mandiri	10.000.000	Teknik Industri	Dewi Setyowati (NRP: 2202413004) Mhs PS-PPi Reguler
3	Analisis Sistem Proteksi Pasif dan Aktif Bahaya Kebakaran di Gedung Produksi PT. Gemilang Jaya Prima Perkasa (GJPP) Tangerang	Engineering & Technology (Riset Kolaborasi)	1. Ir. Rullyenti Rasyid, M.Eng 2. Dony Septiana Rosady	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Dony Septiana Rosady (NRP: 2202413003) Mhs PS-PPi Reguler
4	Analisis Non Destructive Test (NDT) Pada Pengelasan Sambungan Instalasi Pipa dengan Metode Radiography - Studi Kasus di Proyek Refinery Development Master Plan (RDMP) Balikpapan	Engineering & Technology (Riset Kolaborasi)	1. Ir. Mohamad Hafan, M.Agr 2. Ir. Syahril Makasim, S.T., M.Si, IPM 3. Djoko Utomo	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Djoko Utomo (NRP: 2202410015) Mahasiswa PS-PPi Reguler
5	Penulisan artikel prosiding Seminar Nasional Technopost ITI 2023 dengan judul "Analisa Pengaruh Waktu Penahanan Proses Tempering terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis Baja AISI 4340"	Engineering & Technology (Riset Kolaborasi)	1. Ir. Mohamad Hafan, M.Agr 2. Dr. Ismojo, S.T., M.T	Mandiri	Tidak ada	Teknik Mesin	Henri Oktavian


 Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat
 Institut Teknologi Indonesia
 RPI
 Prof. Dr. Ir. Kurnawan, M.Eng.Sc., IPM

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Analisis *Non Destructive Test* (NDT) Pada Pengelasan Sambungan Instalasi Pipa Dengan Metode *Radiography* : Studi Kasus di Proyek *Rifinery Development Master Plan* (RDMP) Balikpapan

Jenis Penelitian^{a)} :
 Bidang Penelitian^{b)} : *Engineering and Technology*
 Tujuan Sosial Ekonomi^{c)} :
 TKT : 6 (Enam)

Peneliti

a. Nama Lengkap : Ir. Mohamad Haifan, MAgr. IPM
 b. NIDN : 0317116301
 c. Jabatan Fungsional : Lektor
 d. Program Studi : Program Profesi Insinyur
 e. Nomor HP : 081213582131
 f. Alamat Surel (*e-mail*) : moh.haifan@iti.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Ir. Syahril Makosim, MS, IPM
 b. NIDN : 0328086601
 c. Institusi : Prodi Program Profesi Insinyur (PS-PPI)

Anggota Mahasiswa

a. Nama Lengkap : Djoko Utomo
 b. NIM : 2202410015
 c. Program Studi : Program Profesi Insinyur
 Institusi Sumber Dana : Mandiri
 Biaya Penelitian : Rp 10.000.000 (*Sepuluh Juta Rupiah*)
 Mitra Penelitian : PT Sucofindo, Balikpapan

Kota Tangerang Selatan, 25 Januari 2024

Mengetahui,
 Kaprodi Program Profesi Insinyur

 (Prof. Dr. Krishna Modan, MSCE, PhD, IPU)
 NIDN : 0221096101



Ketua Tim Peneliti

 (Ir. Moh Haifan, MAgr. IPM.)
 NIDN : 0317116301

Menyetujui,
 Kepala Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat

 (Prof. Dr. Ir. Ratnawati, MEngSc. IPM)
 NIDN : 0301036303



DAFTAR ISI

SURAT TUGAS	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	3
C. Ruang Lingkup	3
BAB II DASAR TEORI	4
A. Pengertian Pengelasan	4
B. Klasifikasi Cara Pengelasan	5
C. Jenis-jenis Pengelasan	6
D. Uji dan Pemeriksaan Hasil Pengelasan	8
BAB III METODE PENELITIAN	15
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	15
B. Bahan dan Peralatan	15
C. Prosedur Pengujian	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
A. Hasil Pemeriksaan/ Inspeksi NDT Menggunakan Metode <i>RadiographyTest</i>	19
B. Evaluasi Kualitas Film dan Hasil Pengujian Radiography Test	21
C. Pembahasan	25
BAB V KESIMPULAN	27
DAFTAR PUSTAKA	28

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Ketidaktajaman Geometri (<i>Geometric Unsharpness</i>) ..	16
Tabl 4.1.	Pemeriksaan/ inspeksi NDT hasil pengelasan dengan metode <i>radiography test</i>	19
Tabel 4.2.	Kualitas Film dan Hasil Pengujian (Radiography Test).....	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Klasifikasi Cara Pengelasan	5
Gambar 3.1	Prinsip Kerja Metode <i>Radiography Test</i>	18

RINGKASAN

Proyek *Refinery Development Master Plan* (RDMP) Balikpapan merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) yang dilaksanakan oleh PT Kilang Pertamina Balikpapan. Proyek RDMP Balikpapan dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas pengolahan yang semula 260 KBPD menjadi 360 KBPD dengan peningkatan kualitas dari Euro II menjadi Euro V. Proyek tersebut meliputi pembangunan New Workshop & Warehouse, Residual Fluid Catalytic Cracking (RFCC) Feed Tank, Boiler, New Flare BPP II, FCC & FCC NHT, dan Terminal Lawe-Lawe Facilities. Dalam proses konstruksi proyek RDMP Balikpapan diperlukan proses pengelasan (welding) untuk menyambung bagian-bagian yang terpisah seperti struktur, pipa dan plat menjadi suatu sistem yang terintegrasi. Untuk menjamin kualitas dari pengelasan tersebut memenuhi standar sesuai syarat yang ditentukan diperlukan suatu pengujian dengan metode uji yang tidak merusak (Non Destructive Test / NDT).

Beberapa metode uji NDT yang digunakan dalam proyek RDMP Balikpapan antara lain : *penetrant test (PT)*, *magnetic particle test (MT)*, *ultrasonic test (UT)* dan *radiography test (RT)*. Namun dalam penelitian ini dibatasi pada penggunaan metode *radiography test (RT)* untuk memeriksa pekerjaan pengelasan di proyek RDMP Balikpapan.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemeriksaan/ inspeksi *non-destructive test* (NDT) hasil pengelasan material struktur dengan metode *radiography* dan menganalisis hasil pemeriksanaan sesuai standar pemeriksaan yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini menggunakan metode diskriptif-kuantitatif yang mengacu pada prosedur pemeriksaan/ inspeksi standar. Dari hasil pemeriksaan/ inspeksi dengan diskripsi obyek berupa : *butt joint* pipa diameter 6 inch; Sch : standar, jenis material : *carbon steel*, tebal material : 7,11 mm (0,28 inch), SOD (*source of object distance*) : 400 mm (15,74 inch), sumber radiasi : Ir.192, aktivitas : 35 Curie, *source size* : 1,25 mm (0,049 inch), *image quality indicator* (IQI) : ASTM 1B (wire), *radiographic techniques* : DWSI (Double Wall Single Image) , *screen type* : Pb 0,125 mm di 27 lokasi (Joint no. RT.S1-RT.S27) menunjukkan kualitas hasil pengelasan pada joint tersebut telah memenuhi standar, kecuali di lokasi join no RT.S2 terdapat indikasi defect / cacat las pada welding dengan dia. 7 mm (rounded indication).

Kata Kunci : *Proyek RDMP Balikpapan, Pengelasan, Non-Destructive Test, Radiography Test*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam upaya untuk mendukung Kemandirian Energi Nasional khususnya di wilayah Timur Indonesia, Pemerintah melalui Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas (KPPIP) mendorong percepatan kegiatan proyek *Refinery Development Master Plan* (RDMP) Balikpapan. Proyek RDMP Balikpapan merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) yang dilaksanakan oleh PT Kilang Pertamina Balikpapan, anak perusahaan PT Kilang Pertamina Internasional (PT KPI) yang merupakan *subholding* pengolahan dan petrokimia yang dibentuk oleh PT Pertamina (Persero). Tujuan yang akan dicapai dalam pelaksanaan proyek RDMP Balikpapan adalah untuk merevitalisasi kilang minyak lama yang diharapkan dapat memberikan kontribusi sebesar 25% kapasitas dari kilang nasional. Pelaksanaan pembangunan proyek ini sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan energi dalam negeri. Dalam memenuhi target proyek RDMP Balikpapan yang diharapkan selesai pada tahun 2024, namun dikarenakan terhambat terjadinya pandemi Covid-19, sehingga proyek ini diperkirakan baru akan selesai pada tahun 2027 mendatang. Pembangunan proyek RDMP Balikpapan terdiri atas dua tahap, yaitu : tahap pertama untuk meningkatkan kapasitas produksi, sedangkan tahap kedua untuk meningkatkan kualitas serta meningkatkan produk dari petrochemical dan juga liquefied petroleum gas (LPG). Peningkatan kapasitas produksi, diharapkan berdampak langsung pada menurunkan impor BBM sebanyak 100.000 barel per hari, selanjutnya akan memiliki dampak sangat besar terhadap *Current Account Defisit* Indonesia. Sementara peningkatan kualitas dari standar Euro2 menjadi Euro5 menjadi BBM yang lebih ramah lingkungan sesuai dengan standar yang ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). Pertamina sebagai perusahaan pemimpin di bidang transisi energi berkomitmen dalam mendukung target Net Zero Emission 2060 dengan terus mendorong program-program yang berdampak langsung pada capaian *Sustainable Development Goals* (SDGs). Seluruh upaya tersebut sejalan dengan penerapan environmental, social and

governance (ESG) di seluruh lini bisnis dan operasi Pertamina. Selain pemenuhan kebutuhan bahan bakar nasional, kilang Balikpapan juga nantinya akan memproduksi produk petrokimia yaitu Propylene sebesar 225 KTPA untuk memenuhi kebutuhan domestik yang selama ini dipenuhi dari kegiatan impor.

Proyek RDMP Balikpapan di desain untuk meningkatkan kapasitas pengolahan yang semula 260 KBPD menjadi 360 KBPD dengan peningkatan kualitas dari Euro II menjadi Euro V. Proyek tersebut meliputi pembangunan New Workshop & Warehouse, Residual Fluid Catalytic Cracking (RFCC) Feed Tank, Boiler, New Flare BPP II, FCC & FCC NHT, dan Terminal Lawe-Lawe Facilities. Pembangunan New Workshop & Warehouse bertujuan untuk mendukung peningkatan kapasitas operasional pasca proyek pengembangan RU Balikpapan dan Lawe-Lawe. Pembangunan ini terdiri dari 1 workshop, 6 warehouse tertutup dan beberapa fasilitas penunjang lainnya dengan desain teknologi modern di lahan seluas 10 hektare.

Sementara itu, Pembangunan RFCC Feed Tank dengan kapasitas 37 ribu m³ dan Tangki D-320-02A/B dengan kapasitas masing-masing 61 ribu m³ ini direncanakan sebagai tangki Hot Vacuum Residue untuk umpan unit RFCC. Sebelum digunakan untuk tangki RFCC, tangki ini akan digunakan sebagai tangki transisi pekerjaan Modifikasi Tangki Eksisting. Sebanyak 5 unit Boiler Package juga disiapkan untuk memenuhi kebutuhan utiliti kilang dan untuk keperluan start up Kilang RDMP Balikpapan. Kelima unit Boiler Package nantinya akan menunjang unit Steam Generator berkapasitas masing-masing 30 MW. New Flare Balikpapan II (BPP II) dan HCC Flare (2 unit), memiliki ketinggian sekitar 145 meter, berlokasi di area *offshore* dan dibangun menggunakan teknologi *derrick structure* dan *demountable flare*, sehingga memungkinkan untuk salah satu flare dilakukan perawatan disaat *flare* yang lain tetap beroperasi. Unit RFCC, yang merupakan unit proses utama dalam pembangunan kilang RDMP Balikpapan disiapkan dengan kapasitas produksi mencapai 90 ribu barrel per hari.

Selain itu, terdapat juga rencana pengembangan Terminal Lawe-Lawe meliputi pembangunan unit baru SPL & SPM serta fasilitas dua tangki crude kapasitas @1 juta barrel serta 1 (satu) Fire Tank. Rencana pembangunan New SPM (Single Point Mooring)

diperuntukkan mendukung aktivitas bongkar muat logistik dengan kapasitas 320 ribu DWT. Disamping itu, juga dilakukan pembangunan onshore & offshore pipeline 52" dari Terminal Lawe-Lawe menuju SPM sepanjang +/- 21 km dan pipeline 20" menuju kilang RU V sepanjang +/- 18.5 km.

Dalam proses konstruksi proyek RDMP Balikpapan diperlukan proses pengelasan (welding) untuk menyambung bagian-bagian yang terpisah seperti *structure*, pipa dan plat menjadi suatu sistem yang terintegrasi. Untuk menjamin kualitas dari pengelasan tersebut memenuhi standar sesuai syarat yang ditentukan diperlukan suatu pengujian dengan metode uji yang tidak merusak (*Non Destructive Test / NDT*). Beberapa metode uji NDT yang digunakan dalam proyek RDMP Balikpapan antara lain : *penetrant test* (PT), *magnetic particle test* (MT), *ultrasonic test* (UT) dan *radiography test* (RT). Namun dalam penelitian ini dibatasi pada penggunaan metode uji *radiography test* (RT) untuk memeriksa pekerjaan pengelasan di proyek RDMP Balikpapan.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pelaksanaan kegiatan pengujian hasil pekerjaan pengelasan di proyek RDMP Balikpapan yaitu :

1. Melakukan analisis uji *non destructive test* (NDT) hasil pengelasan pada pekerjaan proyek RDMP Balikpapan dengan menggunakan metode *radiography test* (RT) ;
2. Memberikan jaminan bahwa hasil pengelasan pada sistem perpipaan dan peralatan pada proyek RDMP sudah memenuhi standar sesuai persyaratan kualitas yang telah ditetapkan

C. Ruang Lingkup

Pelaksanaan uji NDT pada pekerjaan pengelasan di proyek RDMP Balikpapan menggunakan beberapa metode, yaitu *penetrant test* (PT), *magnetic particle test* (MT), *ultrasonic test* (UT) dan *radiography test* (RT). Namun pada penelitian ini difokuskan pada analisis uji NDT untuk pekerjaan pengelasan di proyek RDMP dengan menggunakan metode *radiography test* (RT).

BAB II

DASAR TEORI

A. Pengertian Pengelasan

Menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) pengertian las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Lebih lanjut, pengertian las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto, 2000). Dengan demikian, pengelasan adalah suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya .

Beberapa metode atau cara pengelasan telah ditemukan untuk membuat proses pengelasan dengan hasil sambungan yang kuat dan efisien. Beberapa tujuan dan keuntungan dari pengelasan sebagai berikut :

1. Pengelasan memberikan sambungan yang permanen, kedua bagian yang disambung menjadi satu kesatuan setelah dilas.
2. Sambungan las dapat lebih kuat daripada material induknya jika logam pengisi (*filler metal*) yang digunakan memiliki sifat-sifat kekuatan yang tinggi daripada material induknya, dan teknik pengelasan yang digunakan harus tepat.
3. Pengelasan biasanya merupakan cara yang paling ekonomis jika ditinjau dari harga pembuatannya dan segi penggunaannya.
4. Pengelasan tidak dibatasi hanya pada lingkungan pabrik saja, tetapi pengelasan juga dapat dilakukan atau dikerjakan di lapangan.

Menurut Wiryosumarto (2000), proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara berdasarkan *heat input* utama yang diberikan kepada logam dasar, yaitu :

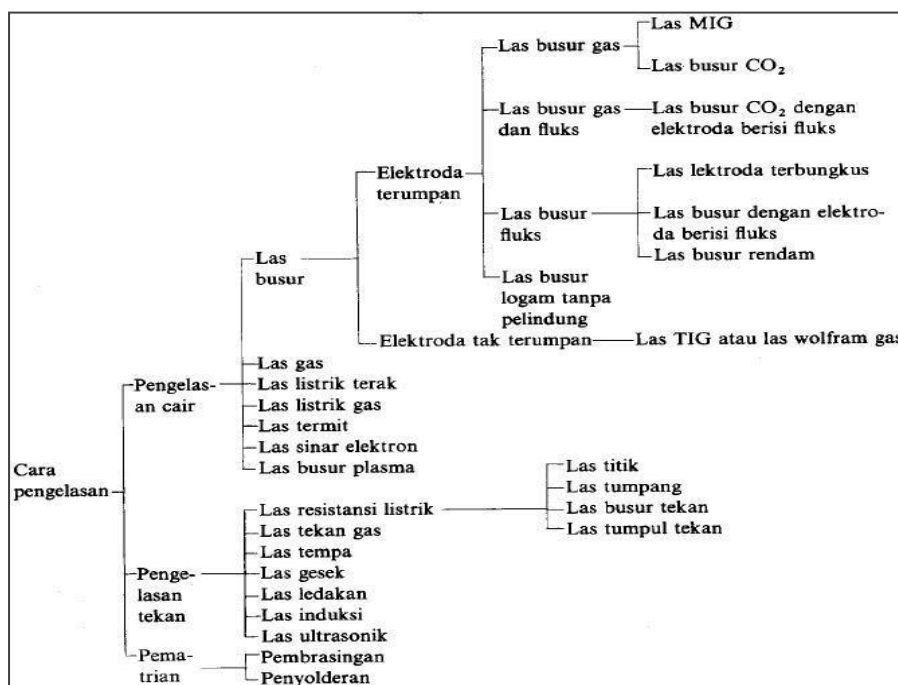
1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari fusion (nyala api las), contohnya: las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.

2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (non fusion), contohnya: *friction stirr welding* (proses pengelasan dengan gesekan), las tempa, dan lain-lain.

B. Klasifikasi Cara Pengelasan

Berdasarkan klasifikasi cara pengelasan, maka pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu (Wiryosumarto, 2000):

1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah, dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.



Gambar 1.1. Klasifikasi Cara Pengelasan
(Sumber :Wiryosumarto, 2000)

C. Jenis-Jenis Pengelasan

Jenis atau klasifikasi pengelasan yang banyak digunakan saat ini adalah pengelasan cair dengan busur dan dengan gas.

1. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus.

Prinsip pengelasan las busur listrik adalah sebagai berikut: arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah bila dialirkan pada dua buah logam yang konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai suhu 5000 °C, sehingga dapat mudah mencair kedua logam tersebut

Proses pemindahan logam cair seperti dijelaskan diatas sangat mempengaruhi sifat maupun las dari logam, butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik. Sementara itu, proses pemindahan cairan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan, fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda sebagai zat pelindung yang sewaktu pengelasan juga ikut mencair. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan logam yang dicairkan, maka cairan fluks tersebut mengapung diatas cairan logam dan membentuk terak sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahan tidak terbakar, tetapi berubah menjadi gas pelindung dari logam cair terhadap oksidasi.

2. Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan (filler) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga *metal inert gas welding* (MIG) karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair.

3. Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Proses pengelasan dimana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk fluks sedangkan kawat pengisi (filler) diumpankan secara bertahap. Pengelasan ini dilakukan secara otomatis dengan arus listrik antara 500-2000 A.

4. Las Busur Elektroda Terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

Proses pengelasan dimana panas dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (filler). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks. Biasanya dipakai arus listrik yang tinggi (10-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak (slag) yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran-butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan.

5. Las Oksi Asetilen (*Oxy Acetilene Welding*)

Las oksi asetilen adalah salah satu jenis pengelasan gas yang dilakukan dengan membakar bahan bakar gas dengan O₂ sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah gas asetilen, propan, atau hidrogen. Dari ketiga bahan bakar ini yang paling banyak digunakan adalah gas asetilen, maka dari itu pengelasan ini biasa disebut dengan las oksi asetilen.

6. Las Busur Tungsten Gas Mulia (*Gas Tungsten Arc Welding/GTAW*)

Proses pengelasan di mana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda terbuat dari wolfram/tungsten dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini logam induk (logam asal yang akan disambung dengan metode pengelasan biasanya disebut dengan istilah logam induk) tidak ikut terumpan (non-consumable electrode). Untuk melindungi elektroda dan daerah las digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak-balik) maupun DC (arus searah) .

7. Las Listrik Terak (*Electroslag Welding*)

Proses pengelasan di mana energi panas untuk melelehkan logam dasar (base metal) dan logam pengisi (filler) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri arus listrik. Pada awal pengelasan, fluks dipanasi oleh busur listrik yang mengenai dasar sambungannya. Kemudian logam las terbentuk pada

arah vertikal sebagai hasil dari campuran antara bagian sisi dari logam induk dengan logam pengisi (filler) cair. Proses pencampuran ini berlangsung sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh pelat yang didinginkan dengan air .

8. Las *Metal Inert Gas* (MIG)

Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas antara 2 sampai 5%, atau CO, antara 5 sampai 20%. Proses pengelasan MIG ini dapat secara semi otomatis atau otomatis. Semi otomatis dimaksudkan pengelasan secara manual, sedangkan otomatis adalah pengelasan yang seluruhnya dilaksanakan secara otomatis. Elektroda keluar melalui tangkai bersama-sama dengan gas pelindung (Wiryo Sumarto, 2000).

D. Uji dan Pemeriksanaa Hasil Pengelasan

Pemeriksaan proses pengelasan dilakukan untuk memastikan kualitas pengelasan sesuai dengan peraturan dan standar yang digunakan. Pengujian ini dilakukan selama proses pengelasan (sebelum pengelasan, selama pengelasan dan setelah pengelasan).

Pengujian yang dilakukan sebelum pengelasan meliputi:

1. Periksa kesiapan peralatan las, mis. B. sumber listrik, aksesoris yang dibutuhkan, alat bantu las dan lain-lain.
2. Memastikan elektroda atau bahan pengisi yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang tertera di WPS, termasuk kesesuaian gas casing yang akan digunakan dalam proses pengelasan saat pengelasan dengan proses yang membutuhkan penggunaan gas casing.
3. Persiapan desain pengelasan (sudut kemiringan, bukaan akar, permukaan akar), kebersihan atau kehalusan permukaan benda kerja, penyesuaian pengelasan.
4. Pastikan persiapan untuk pengkondisian las, seperti pemanasan awal, pemanasan akhir dan perlakuan panas setelah pengelasan dapat dilakukan.

5. Pemeriksaan persiapan tukang las yang akan melakukan proses pengelasan.

Uji ini mencakup status kualifikasi, keterampilan dan pengalaman tukang las. Semua persiapan sebelum pengelasan diperiksa dan kinerjanya harus diperhatikan. Pemeriksaan berikut harus dilakukan selama proses pengelasan:

1. Kesesuaian penerapan proses pengelasan dengan variabel WPS seperti perlakuan panas, parameter pengelasan (arus, tegangan, kecepatan pengelasan, jarak langkah pengelasan dan posisi pengelasan) pekerjaan pengelasan.
2. Pengamatan dilakukan pada setiap lapisan pengelasan untuk melihat tampilan hasil pengelasan dan untuk mengidentifikasi kemungkinan distorsi pada pengelasan.

Verifikasi paling dasar dari hasil akhir pengelasan dilakukan dengan inspeksi visual (VT). Inspeksi visual dilakukan dengan mengamati tampilan dan bentuk lasan. Pemeriksaan tersebut meliputi bentuk lasan, bentuk dan kedalaman penetrasi lasan, cacat yang mungkin terjadi dan kesempurnaan fusi. Setelah pemeriksaan visual, hasil pengelasan harus diuji. Proses pengujian dibagi menjadi dua proses utama, yaitu proses destruktif dan proses nondestruktif. Pengujian yang merusak/ uji destruktif dilakukan dengan mengeluarkan benda uji dari produk yang dilas, bukan pada keseluruhan produk (kecuali produk kecil), dan melakukan uji destruktif pada benda uji. Sementara itu pengujian non-destruktif dilakukan dengan memeriksa hasil pengelasan tanpa “merusak” produk lasan.

1. Pengujian Merusak (*Destructive Test*)

Pengujian destruktif dilakukan dengan pengambilan spesimen uji dari produk hasil lasan, tidak pada produk keseluruhan (kecuali pada produk berukuran kecil) dan dilakukan pengujian yang bersifat merusak terhadap spesimen uji tersebut antara lain:

a. Pengujian Kimia (Chemical Tests)

Pengujian kimia dilakukan untuk mengetahui sifat logam las dengan metode analisis kimia kandungan logam, uji korosi, dan uji hidrogen terfusi.

b. Pengujian Mekanikal (Mechanical Tests)

Pengujian mekanikal dilakukan untuk mengukur sifat dari logam yang telah dilas:

- 1) Uji Tarik (Tensile Test); Pengujian untuk mengukur kekuatan akhir dari sambungan las kampuh.
- 2) Uji Tekan (Bend Test); Dilakukan untuk mengukur tingkat kebaikan struktur dan elastisitas sambungan las kampuh.
- 3) Uji Kekerasan (Hardness Test); Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kekerasan, baik dilakukan pemeriksaan dengan pembesaran diatas 1000 kali sampai jutaan kali. Dengan pengujian ini dapat dilihat struktur mikro yang terkristalisasi, retak kecil, dan inklusi pada spesimen uji.

2. Pengujian Tak Merusak (*Non-destructive Test*)

Non Destructive Test (NDT) adalah tes fisik suatu material atau benda uji untuk mencari cacat pada benda dengan tidak merusak atau menghancurkan benda uji tersebut. Tujuan dari pengujian NDT adalah untuk mendeteksi cacat dengan suatu 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.

NDT mempunyai banyak metode untuk proses pengujiannya, dan diantara metode tersebut tidak ada yang paling bagus karena dari sekian banyak metode tersebut mempunyai keunggulan masing-masing yang tidak dimiliki oleh metode yang lainnya. Berikut ini beberapa metode yang paling banyak digunakan, diantaranya adalah:

- a. Uji NDT dengan metode *Visual Inspection*
- b. Uji NDT dengan metode *Liquid Penetrant*
- c. Uji NDT dengan metode *Magnetic Partikel*
- d. Uji NDT dengan metode *Ultrasonic*
- e. Uji NDT dengan metode *Eddy Current*
- f. Uji NDT dengan metode *Radiography*

Berdasarkan tipe keberadaan crack pada material NDT dapat dibedakan dalam dua macam, yaitu: *inside crack* dan *surface crack*. Untuk *inside crack* ada beberapa metode

yang dapat digunakan, seperti *radiography* dan *ultrasonic*. Sedangkan untuk surface crack dapat dilakukan dengan menggunakan metode *visual*, *liquid penetrant*, *magnetik partikel*, dan *eddy current*.

3. Pengujian NDT Metode Radiografi (*Radiography Test*)

Di antara metode pengujian non-destruktif test (NDT), prosedur pengujian radiografi digunakan untuk mendeteksi segala cacat atau cacat pada struktur inti mesin atau komponennya. Prosedur pengujian radiografi menggunakan salah satu dari dua sinar yaitu sinar-x atau sinar gamma untuk membuat radiografi sampel uji yang menunjukkan jika terdapat penyimpangan dalam ketebalan, kesalahan, atau cacat dan spesifikasi perakitan untuk memastikan kondisi optimal tertentu.

Pada prosedur Uji Radiografi, komponen yang akan diuji diletakkan di antara sumber radiasi dan detektor yaitu film. Variasi kepadatan bahan dan ketebalannya akan mengurangi radiasi penusuk dengan bantuan proses interaksi yang melibatkan dispersi dan/atau penyerapan. Variasi penyerapan ini kemudian didokumentasikan pada film atau dengan bantuan alat listrik. Terdapat berbagai Teknik pencitraan NDT yang tersedia khusus untuk digunakan dalam radiografi industri termasuk *Computed Tomography (CT)*, *Film Radiography*, *Computed Radiography (CR)*, *Real-Time Radiography (RTR)*, dan *Digital Radiography (DR)*.

Prosedur pengujian radiografi banyak digunakan dalam pengujian kualitas hasil pengelasan di industri. Prosedur uji radiografi dalam pengelasan merupakan metode pengujian yang sangat handal untuk mengidentifikasi cacat atau cacat pada lasan seperti rongga, porositas, retakan, inklusi, dan lain sebagainya di dalam lasan. Prosedur pengujian radiografi memiliki keandalan dan kepercayaan yang tinggi, sehingga prosedur ini banyak digunakan di berbagai industri, diantaranya industri otomotif, lepas pantai, pembangkit listrik, dirgantara, manufaktur, transportasi, minyak dan gas, petrokimia, kelautan, dan militer.

Proses Pengujian Radiografi ditemukan oleh William Roentgen pada tahun 1895. Proses ini segera diterapkan dalam bidang kedokteran dan akibatnya digunakan untuk

komponen industri. Hal ini didasarkan pada Prinsip Pengujian Radiografi bahwa radiasi disebarkan dan diserap oleh suatu benda saat melintasinya. Tergantung pada perbedaan kepadatan atau ketebalan karena cacat pada komponen, lebih sedikit atau lebih banyak radiasi yang melintasi dan berdampak pada paparan film. Cacat tersebut dapat diamati pada film, umumnya berupa bintik hitam.

Pada prosedur pengujian radiografi, bagian mesin atau komponen ditempatkan di antara sumber radiasi dan bagian detektor atau film sensitif. Setelah radiasi dimulai dalam bentuk sinar-x atau sinar gamma, bagian yang diuji akan menghalangi sebagian radiasi karena ketebalan dan kepadatan materialnya. Bahan yang lebih padat dan tebal akan mengurangi jumlah radiasi yang melewati sampel. Perangkat elektronik atau film akan mencatat jumlah radiasi yang dikenal sebagai radiograf.

Data yang diperoleh dari radiografi akan memungkinkan Teknisi NDT mengidentifikasi cacat dengan mudah. Jika komponen dalam kondisi baik, tanpa cacat apa pun, radiasi akan melewati material secara merata. Material yang cacat akan menyerap sejumlah radiasi yang melewatinya akibat adanya perubahan densitas. Segala jenis cacat pada logam sumber akan mengurangi kepadatannya. Oleh karena itu, ia mentransfer radiasi dengan cara yang lebih baik daripada logam bersuara. Akibatnya, Film Radiografi tampak lebih gelap pada bagian yang mengalami cacat. Menurut prinsip pengujian radiografi, cacat diidentifikasi dengan memanfaatkan perbedaan ketebalan material. Oleh karena itu, semakin besar disparitasnya, semakin mudah untuk mengidentifikasi kekurangan pada material yang diteliti.

Prosedur pengujian radiografi sedikit berbeda sesuai kebutuhan proyek. Berikut langkah-langkah yang dilakukan agar prosedur tes radiografi berhasil dengan baik, yaitu :

1. Persiapan permukaan, yaitu menghilangkan variabilitas permukaan sehingga tidak menghalangi atau menutupi gambar sebagai cacat. Permukaan halus dari semua sambungan las butt harus dibersihkan dengan bahan dasar.
2. Memilih sumber radiasi dan film radiografi yang tepat. Berdasarkan sensitivitas radiografi dan ketebalan bahan, sumber radiasi baik sinar X atau sinar gamma harus ditentukan. Film Radiografi definisi tinggi bertekstur halus dapat digunakan.

3. Memilih Penetrimeter. Sesuai dengan kode dan peraturan, penetrimeter tipe utuh atau tipe kawat harus dipilih. Setelah penetrimeter dipilih selanjutnya menentukan teknik yang digunakan untuk prosedur tes radiografi. Umumnya, teknik pemaparan dinding tunggal atau dinding ganda digunakan. Selain itu, jarak sumber ke benda dan benda ke sumber perlu dipastikan terlebih dahulu.
4. Cacat diidentifikasi dan dihilangkan. Radiografi harus diperiksa untuk kemungkinan cacat atau cacat dan diperbaiki jika kesalahan terdeteksi.
5. Terakhir, memastikan seluruh data yang diperoleh dari radiografi terekam dengan baik.

Beberapa kelebihan dan kekurangan prosedur pengujian dengan metode radiografi pada kegiatan pemeriksaan, yaitu :

Kelebihan prosedur pengujian metode radiografi :

1. Kelemahan internal dapat diverifikasi bahkan pada struktur atau komponen yang rumit sekalipun.
2. Akumulasi konstituen dapat dengan mudah diperiksa.
3. Persyaratan untuk persiapan permukaan minimal.
4. Cacat permukaan dan bawah permukaan dapat diidentifikasi.
5. Data uji konstan dapat diperoleh.
6. Kekompakan yang baik khususnya untuk sumber sinar gamma.
7. Secara mekanis melihat dan menilai cacat internal.
8. Dimensi dan sudut komponen pengujian dapat dinilai tanpa melakukan segmentasi.
9. Prosedur pengujian radiografi merupakan salah satu Teknik Pengujian Non-destruktif terbaik dibandingkan sambungan emas karena dapat digunakan untuk berbagai macam material.

Kekurangan prosedur pengujian metode radiografi :

1. Hal ini sangat berbahaya bagi operator dan orang-orang di sekitar, sehingga tindakan pencegahan yang tepat harus dilakukan.
2. Dibutuhkan banyak pengalaman dan keterampilan.

3. Harga perangkat ini relatif mahal.
4. Biasanya ini merupakan proses yang memakan waktu.
5. Akses bersama para konstituen adalah wajib.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian berupa evaluasi/ pengujian NDT hasil pengelasan konstruksi menggunakan metode *radiography* dilaksanakan pada Project RDMP Balikpapan yang berlokasi di Jl. Bongas 1, Karang Jati, Balikpapan Tengah, Balikpapan. Evaluasi/ pengujian dilaksanakan pada 11-29 Desember 2024.

B. Bahan dan Peralatan

Peralatan yang digunakan pada evaluasi/ pengujian, yaitu :1) Gamma Camera, 2) Crank Cable, 3) Film Radiography, 4) Survey Meter, 5) Pocket Dosimeter dan 6) Chemical untuk Process film

C. Prosedur Pengujian

Prosedur pelaksanaan pengujian/ evaluasi NDT hasil pengelasan bahan konstruksi meliputi :

1. Persiapan Permukaan benda uji

Sebelum melakukan pengujian metode *radiography*, permukaan las-lasan untuk seluruh tipe las “butt joint” harus diperiksa dan pastikan kondisi permukaan bersih dari kotoran, seperti : scatter, slag, scale dan lain-lain.

2. Pelaksanaan *Radiography Test*

- a. Teknik Radiografi

Secara umum pada *radiography test*, teknik *Single Wall Exposure* harus digunakan jika pada prakteknya memungkinkan, namun jika tidak memungkinkan gunakan teknik *Double Wall Exposure*. Adapun batasan masing-masing teknik Radiografi ini adalah :

- 1) *Double wall exposure / double wall viewing*. Untuk diameter pipa 3.0 in. atau kurang
 - 2) *Double wall exposure / single wall viewing*. Untuk diameter pipa 3.5 in atau lebih
 - 3) *Single wall exposure / single wall viewing*. Untuk diameter pipa 16.0 atau lebih atau sesuai dengan kebutuhan
- b. Arah radiation (*Direction of Radiation*)
Titik pusat radiasi harus berada ditengah pada lasan yang akan diradiografi.
- c. Ketidaktajaman Hasil Radiografi (*Unsharpness Geometric*)/ Ug

Geometri ketidaktajaman hasil *radiography* tidak boleh melebihi 0.02 in. untuk ketebalan material di bawah 2 in. Ketentuan *Gometric Unsharpness* untuk masing-masing ketebalan material dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1. Ketidaktajaman Geometri (*Geometric Unsharpness*)

Tebal benda Uji (inchi)	Faktor Ketidaktajaman / Ug, (inchi)
≤ 2	0,020
2 - 3	0,030
3 - 4	0,040
≥ 4	0,070

Perhitungan Unsharpness Geometric (Ug) di formulasikan sebagai berikut :

$$U_g = F \cdot d / D$$

Ug = Ketidaktajaman hasil radiografi (inchi).

F = Ukuran/dimensi sumber radiasi (inchi).

D = Jarak sumber radiasi ke benda uji (inchi).

d = Tebal maximum benda uji atau las-lasan (inchi).

d. Jarak Sumber Radiasi ke film / Source Film Distance (SFD)

Perhitungan jarak sumber radiasi ke film untuk masing-masing teknik radiografi adalah sebagai berikut :

1) Double Wall Exposure / Double Wall Viewing. Untuk diameter pipa 3.0 in. atau kurang.

SFD minimum harus di hitung menggunakan Ug formula (*item 5.3.*), jika tidak memenuhi persyaratan Ug. maka dipakai Teknik *Single Wall Viewing*. Teknik *Double wall Exposure / Double wall Viewing* ini adalah teknik yang dilakukan dengan penempatan sumber radiasi minimal 15” diatas las-lasan yang akan diradiografi sehingga kedua dinding pada pipa dapat tercetak pada film.

- a) Untuk las-lasan pada pipa, diambil sudut sumber radiasi yang memadai agar las-lasan hasil radiografi yang tercetak pada film tidak tumpang tindih (teknik elips), untuk radiografi 100% (Seluruh lasan) maka sudut sumber radiasi untuk masing-masing penembakan adalah 90^0 terhadap sudut sumber radiasi penembakan pertama.
- b) Sebagai alternatif, jika teknik elips tidak memungkinkan, maka digunakan teknik super imposed. Untuk mewakili masing-masing dinding pipa maka dibutuhkan minimum tiga kali penembakan dengan sudut 60^0 atau 120^0 untuk masing-masing sudut sumber radiasi.
- c) Penembakan tambahan harus dilakukan apabila persyaratan (1) dan (2) diatas belum memadai untuk hasil radiografi yang diinginkan

2) Double Wall Exposure / Single Wall Viewing. Untuk diameter pipa 3.5 in. atau lebih.

Teknik ini dilakukan dengan cara menempatkan sumber radiasi kontak dengan salah satu dinding las-lasan dan film ditempatkan disisi lainnya. (hanya dinding pada sisi film yang tercetak/terlihat untuk dievaluasi).

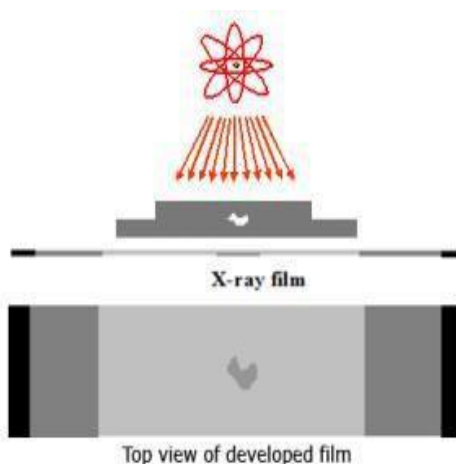
- 3) Single Wall Exposure / Single Wall Viewing. Untuk pipa yang mempunyai OD 16.0 in. atau lebih.

Teknik ini adalah penembakan sumber radiasi ke las-lasan pada salah satu dinding pipa. Jika memungkinkan dapat dilakukan satu kali penembakan untuk satu lingkaran penuh las-lasan (*Panoramic*).

3. *Acceptance Criteria* (Kriteria Penerimaan)

Acceptance criteria pada *radiography test* untuk evaluasi *discontinuities*, mengacu kepada code/standard yang digunakan, antara lain :

- a. ASME BPV Code Section VIII, Pressure Vessel, Part UW-51 and UW-52
- b. ASME Code B 31.1, Piping Process
- c. ANSI/AWS D1.1- Structural Welding Code –Steel.



Gambar 3.1. Prinsip Kerja Metode Radiography Test


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan/ Inspeksi NDT Menggunakan Metode *Radiography Test*

Dari pemeriksanaan/ inspeksi hasil pengelasan beberapa struktur dengan metode *radiography test* di 27 lokasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Pemeriksaan/ inspeksi NDT hasil pengelasan dengan metode *radiography test*

No.	Identifikasi / Joint No.	Tanggal	Hasil Pengujian		Keterangan
			ACC	Repair	
1.	RT. S 1	06 / 12 / 2023	V	-	
2.	RT. S 2	07 / 12 / 2023	-	V	Terdapat indikasi defect / cacat las pada welding dengan dia. 7 mm (rounded indication)
					
3.	RT . S 3	08 / 12 / 2023	V	-	
4.	RT . S 4	11 / 12 / 2023	V	-	

5.	RT . S 5	12 / 12 / 2023	V	-	
6.	RT . S 6	13 / 12 / 2023	V	-	
7.	RT . S 7	14 / 12 / 2023	V	-	
8.	RT . S 8	15 / 12 / 2023	V	-	
9.	RT . S 9	18 / 12 / 2023	V	-	
10.	RT . S 10	18 / 12 / 2023	V	-	
11.	RT . S 11	19 / 12 / 2023	V	-	
12.	RT . S 12	19 / 12 / 2023	V	-	
13.	RT . S 13	20 / 12 / 2023	V	-	
14.	RT . S 14	20 / 12 / 2023	V	-	
15.	RT . S 15	20 / 12 / 2023	V	-	
16.	RT . S 16	21 / 12 / 2023	V	-	
17.	RT . S 17	21 / 12 / 2023	V	-	
18.	RT . S 18	22 / 12 / 2023	V	-	
19.	RT . S 19	22 / 12 / 2023	V	-	
20.	RT . S 20	27 / 12 / 2023	V	-	
21.	RT . S 21	27 / 12 / 2023	V	-	
22.	RT . S 22	27 / 12 / 2023	V	-	
23.	RT . S 23	28 / 12 / 2023	V	-	
24.	RT . S 24	28 / 12 / 2023	V	-	
25.	RT . S 25	28 / 12 / 2023	V	-	

26.	RT . S 26	29 / 12 / 2023	V	-	
27.	RT . S 27	29 / 12 / 2023	V	-	

B. Evaluasi Kualitas Film dan Hasil Pengujian (Radiography Test)

Evaluasi kualitas film dan hasil pengujian menggunakan radiography test disajikan pada Tabel. 4.2.

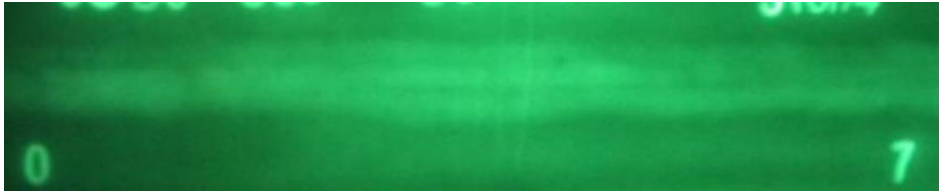

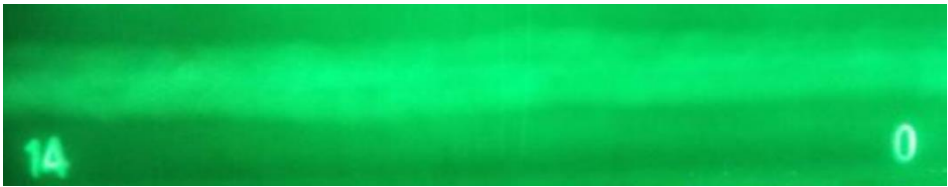
Tabel 4.2. Kualitas Film dan Hasil Pengujian (Radiography Test)

1. Data Umum

1.	Project	: Proyek Refinery Development Master Plan (RDMP) Balikpapan
2.	Lokasi	: Jl. Bongas 1, Karang Jati, Balikpapan Tengah, Balikpapan
3.	Customer	: Hyundai
4.	Obyek	: Butt joint pipa diameter 6 inch; Sch : standard
5.	Jenis Material	: Carbon Stell
6.	Tebal material	: 7,11 mm (0,28 inch)
7.	SOD (Source to ObjectDistance)	: 400 mm (15,74 inch)
8.	Sumber Radiasi	: Ir. 192
9.	Aktivitas	: 35 Curie
10.	Source size	: 1,25 mm (0,049 inch)
11.	IQI (Image Quality Indicator)	: ASTM 1B (wire)
12.	Radiographic Techniques	: DWSI (Double Wall Single Image)
13.	Screen type	: Pb 0,125 mm
14.	Personil :	
	- Radiografi Level I	: Armansyah

	- Radiografi Level II	: Riki Sasono Wibowo
	- Petugas Proteksi Radiasi	: Muhamad Herman

2. Kualitas Film Radiography

Joint No. : RT. S 1				
				
				
				
Standard : ASME Section V				
No	Deskripsi	Hasil	Standard	Keterangan
1.	Visual film radiography	Tidak ada indikasi : - Scratch mark - Fogging - Leak cassette - dll	Tidak ada indikasi : - Scratch mark - Fogging - Leak cassette - dll	Sesuai
2.	Density	2,2	min 2,0 - max 4,0	Sesuai
3.	Sensitivity	5 wire terlihat	5 wire terlihat	Sesuai
	$S = (\text{Ø w}/t_{\text{mat}}) \times 100\%$ <p>S : Sensitivity Ø w: diameter wire terkecil yang muncul di film radiography t_{mat} : tebal material</p>	4,64 %	-	
4.	Unsharpness Geometri (Ug)	0,02 inch	0,02 inch	Sesuai

	$U_g = F \cdot d / D$ <p>U_g : Unsharpness geometri F : dimensi sumber radiasi d : tebal material yang diuji D : Jarak sumber radiasi ke benda uji</p>	F : 1,25 mm (0,049 inch) d : 7,11 mm (0,28 inch) D : 400 mm (15,74 inch)		
5.	Evaluasi			
	<p>Dari hasil pengukuran dan perhitungan didapatkan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Density : 2,2 - Sensitivity : 5 wire terlihat - Unsharpness geometri : 0,02 inch - Tidak terdapat scratch mark pada film radiography <p>Dari data-data tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa untuk kualitas film radiography yang dihasilkan telah memenuhi standard/prosedur operasi yang di jadikan acuan.</p>			

C. Pembahasan

Pada pemeriksaan hasil pengelasan dengan metode *radiography test*, jarak sumber terhadap film perlu ditentukan, minimum adalah 1,5 kali panjang benda atau bagian yang di uji. Makin panjang jaraknya makin baik, karena akan menghasilkan data yang makin kecil. Standar maksimum jarak sumber terhadap film telah ditentukan dalam standar yang umum digunakan yaitu ASME (American Society of Mechanical Enggining).

Durasi penembakan harus benar-benar sesuai dengan durasi pencucian film. Perlu adanya ahli yang berkompeten dan berpengalaman dalam melakukan pencucian film dan penembakan radiasi. Jika durasi proses penembakan terlalu cepat dibandingkan proses pecucian, maka hasil dari film akan terlihat gelap, begitupun sebaliknya.

Selanjutnya, tahapan/ langkah kerja metode radiografi test adalah sebagai berikut ini :

1. Marking pada tempat atau material pengelasan yang akan diuji.
2. Sebelum pemasangan film radiografi di tempat pengelasan, film terlebih dahulu di pasang di antara plat PB (Lead Screen) agar radiasi yang ditembakkan ke film dapat terperangkap kedalam film.
3. Kemudian dilakukan pemasangan film di tempat yang sudah dimarking.
4. Siapkan tabung radiasi, source tube dan alat pemantik radiasi. Namun perlu diperhatikan untuk penembakan radiasi bahwasanya pada saat penembakan radiasi, untuk posisi sourcetube harus berada di balik film radiasi yang sudah dipasang di material yang akan diuji. Tindakan ini dilakukan bertujuan agar film tidak terpapar langsung oleh radiasi, apabila film terpapar langsung oleh radiasi maka film akan terbakar. Selain itu juga, source tube dengan film harus sejajar dan jarak antara source tube dengan film harus sesuai dengan identifikasi.
5. Gunakan *surveymeter* untuk mengetahui jarak aman dari radiasi pada saat proses penembakan berlangsung. Khusus untuk bagian atau tim operator menggunakan alat khusus yang dipasang di pakaian guna mengurangi kadar radiasi yang terpapar dalam tubuh.

6. Jika menurut operator lingkungan penembakan sudah dirasa aman, maka proses penembakan dilakukan melalui alat pemantik radiasi.
7. Setelah penembakan radiografi, oprator akan menutup kembali *source tube* yang awalnya terbuka untuk mengunci radiasi di dalam tabung radiasi supaya tidak menyebar ke lingkungan sekitar.
8. Kemudian jika *source tube* sudah ditutup kembali, maka tabung radiasi dimatikan. Setelah itu, lingkungan atau daerah tempat penembakan radiografi sudah aman dari radiasi radiografi.
9. Setelah itu, tim operator membawa film yang sudah ditembak ke tim AR (ahli radiografi) untuk dilakukan proses pencucian film dan pembacaan film radiografi.
10. Untuk pembacaannya maka dilakukan pencucian terlebih dahulu sebelum dibaca di dalam ruangan khusus. Ruangan tersebut harus gelap dan tertutup (untuk jenis *film blue* maka hanya diperbolehkan warna merah untuk menerangi ruangan sedangkan untuk jenis *film green* hanya diperbolehkan warna dasar atau warna sekunder). Untuk jenis *film blue* hanya tahan warna merah redup saat proses pencucian namun hasilnya sangat sensitif, sedangkan untuk jenis film green tahan dengan beberapa warna primer pada saat proses pencucian namun hasilnya kurang sensitif.
11. Jika proses pencucian film sudah selesai, maka film akan dibaca menggunakan *film viewer* sehingga dapat terlihat dengan jelas kecacatan material yang sedang diuji. Tim akan membaca film apakah film layak diterima atau harus di reject. Hasil film harus sesuai dengan Standar Penerimaan Film.
12. Jika film *reject* atau ditolak oleh tim AR, maka AR akan mengisyaratkan kepada tim operator dan tim safety untuk dilakukan penembakan ulang. Namun, jika hasil film lolos dari kriteria Standar Penerimaan Film, maka tim AR akan membaca cacat dari material yang diuji dari hasil film radiografi. Setelah itu, tim AR akan menulis berita acara mengenai cacat atau tidaknya material yang diuji dan diserahkan kepada QC (Quality Control).

Pemeriksaan/ inspeksi *non-destructive test* (NDT) hasil pengelasan menggunakan metode *radiography test* dilakukan di 27 titik lokasi (join no RT.S1 sampai RT.S27). Dari hasil pemeriksaan/ inspeksi dengan diskripsi obyek berupa : butt joint pipa diameter 6 inch; Sch : standar, jenis material : *carbon steel*, tebal material : 7,11 mm (0,28 inch), SOD (source of object distance) : 400 mm (15,74 inch), sumber radiasi : Ir.192, aktivitas : 35 Curie, *source size* : 1,25 mm (0,049 inch), image quality indicator (IQI) : ASTM 1B (wire), *radiographic techniques* : DWSI (Double Wall Single Image) , *screen type* : Pb 0,125 mm di 27 lokasi (Joint no. RT.S1-RT.S27). Dari 27 joint yang dilakukan pengujian *radiography* 26 joint dinyatakan “ACC” yang artinya bahwa secara kualitas hasil pengelasan tersebut telah memenuhi standar/prosedur yang dijadikan acuan. Terdapat 1 joint di nyatakan repair yaitu joint No. RT. S2, karena setelah dilakukan pengujian radiography terdapat indikasi cacat (rounded indication) dengan diameter 7 mm. menurut ASME section VIII maksimal single rounded indication yang diijinkan adalah maksimal 6 mm untuk tebal material sampai dengan 19 mm.

BAB V

KESIMPULAN

Hasil pemeriksaan/ pengujian NDT menggunakan metode *radiography test* pada hasil pengelasan *butt joint pipa* di 27 lokasi (joint no RT.S1 – RT.S27) menghasilkan pengujian *radiography test* di 26 lokasi (joint) dinyatakan kualitas hasil pengelasan tersebut telah memenuhi standar/ prosedur yang dijadikan acuan. Terdapat 1 joint di nyatakan repair yaitu joint No. RT. S2, karena setelah dilakukan pengujian *radiography test* terdapat indikasi cacat (*rounded indication*) dengan diameter 7 mm. Mengacu ASME section VIII maksimal *single rounded indication* yang diijinkan adalah maksimal 6 mm untuk tebal material sampai dengan 19 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- American Welding Society (AWS) D1 Committee, "Structural Welding Code - Steel", American National Standards Institute (2010).
- Anonim, "Modul Pelatihan NDT Level I dan II", Balai Besar bahan dan Barang Teknik (B4T), 2014.
- ASME Boiler and Pressure Vessel Committee, "ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Division I", New York (2013).
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian RI, 2022. Proyek Refinery Development Master Plan Dukung Kemandirian Energi. <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/3928/proyek-refinery-development-master-plan-dukung-kemandirian-energi>. Diakses pada tanggal 19 Januari 2024, Jam 11.00
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, RI, 2023. Menteri ESDM Minta Progres RDMP Balikpapan Sesuai Target. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menteri-esdm>. Diakses tanggal 20 Januari 2024, jam 10.00.
- Mulyadi, Yeyes. 2013. Studi Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan SMAW Dengan Variasi Preheat dan Postheat Dengan Metode Pendinginan Cepat dan Pendinginan Lambat. Jurnal Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh November.
- Onestop NDT, 2023. Penjelasan Pengujian Radiografi: Mendalami Prosedurnya. <https://www.onestopndt.com/ndt-articles/radiography-testing-procedure-all-questions-answered#radiographic-testing-principle>. Diakses tanggal 20 Januari 2024, Jam 13.00
- Pribadi, Januar. 2012. Pengaruh Posisi Pengelasan dan Jenis Elektroda Terhadap Ketangguhan Hasil Las SMAW Pada Baja SS 400. Jurnal Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.
- Sulaiman, Budi Utomo, I Putu Agung Ardi Wijana, 2020. Analisis Uji Tidak Merusak (NDT) Pada Sambungan Las Lambung Frame 103 bagian Kamar Mesin Kapal Patroli 73 Dengan Metode Radiography Test. Gema Teknologi Vol 20 No 4, 2020. p : 146-152

- Santoso, Joko. 2005. Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW Dengan Elektroda E7018. Skripsi Tidak Diterbitkan. Semarang. Universitas Negri Semarang
- Yuliana, Prika, 2017. Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT) Untuk Analisis Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint. Jurnal Teknologi Terapan | Volume 3, Nomor 2, September 2017
- Wirjosumarto, H dan Toshie Okumura, 1994. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : Pradnya Paramita.