



TUGAS AKHIR - TM 095502

**STUDI EKSPERIMEN METODE SOURCE SIDE
DAN FILM SIDE PADA PENGUJIAN
RADIOGRAFI HASIL DARI PENGELASAN
METODE SMAW DENGAN MATERIAL SA36-15**

**DAWAM PUTRA ARDANA
NRP.1021140000060**

**Dosen Pembimbing 1
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
19580915 198701 1 001**

**Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - TM 095502

**EXPERIMENTAL STUDY OF METHOD SOURCE
SIDE AND FILM SIDE ON RADIOGRAPHY
TESTING RESULTS FROM WELDING SMAW
METHOD WITH MATERIAL SA36-15**

**DAWAM PUTRA ARDANA
NRP.1021140000060**

**Counsellor Lecturer 1
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
19580915 198701 1 001**

**Department of Industrial Mechanical Engineering
Faculty of Vocational
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN METODE SOURCE SIDE DAN FILM SIDE PADA PENGUJIAN RADIOGRAFI HASIL DARI PENGELASAN METODE SMAW DENGAN MATERIAL SA36-15

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya
pada
Bidang Studi Manufaktur
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DAWAM PUTRA ARDANA
NRP. 1021140000060



Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing

Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
NIP. 19580915 198701 1 001

SURABAYA, JANUARI 2018

STUDI EKSPERIMEN METODE SOURCE SIDE DAN FILM SIDE PADA PENGUJIAN RADIOGRAFI HASIL DARI PENGELASAN METODE SMAW DENGAN MATERIAL SA36-15

Nama : Dawam Putra Ardana
NRP : 1021140000060
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT
Abstrak

Pada dunia pengelasan, pengujian hasil pengelasan merupakan suatu hal yang penting dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana hasilnya, salah satu pengujian yang sering di gunakan ialah teknik radiografi (NDT).

Pada penelitian ini di lakukan pengujian Radiografi dengan perbandingan source side dan film side. Dengan menggunakan 3 (tiga) material SA36-15 dengan hasil pengelasan SMAW. Adapun material tersebut menggunakan variabel hasil pengelasan yang berbeda dari ke tiga welder. Akan tetapi pada saat pengujian radiografi digunakan standard yang sama agar dapat disimpulkan hasil dari kedua metode tersebut mana yang lebih mudah untuk diinterpretasi

Berdasarkan pengujian radiografi dapat disimpulkan bahwa Jika ingin mendapat hasil Densitas yang lebih baik sehingga film mudah untuk diinterpretasi dapat menggunakan metode source side untuk pengujian. Karena tingkat densitas yang tinggi atau lebih gelap dapat memudahkan interpretasi film untuk melihat defect. jika ingin mendapat hasil sensitivitas yang lebih baik atau dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi, dapat menggunakan film side sebagai metodenya. semakin kecil kawat yang terlihat maka tingkat ketelitian juga semakin bagus untuk melihat defect.

Kata kunci : Pengujian NDT, Pengelasan SMAW, pengujian Radiografi, Source side, Film side

**EXPERIMENTAL STUDY OF METHOD SOURCE
SIDE AND FILM SIDE ON RADIOGRAPHY
TESTING RESULTS FROM WELDING SMAW
METHOD WITH MATERIAL SA36-15**

Nama : Dawam Putra Ardana
NRP : 1021140000060
Jurusan : D3 Mechanical Engineering FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Gathot Dwi Winarto, MT

Abstract

In the world of welding, testing of welding results is an important thing with the aim to know how the results. One of the most commonly used tests is the radiographic technique (NDT).

In this research is done Radiography testing with Source Side and film side comparisons, using 3(three) SA36-15 materials with SMAW welding results. The material uses different welding variables from the three welders. However at the time of radiographic testing used the same standard in order to conclude the results of both methods which are easier to interpret.

Based on radiographic testing it can be concluded that If you want to get better density results so that the film is easy to interpret can use source side method for testing. Because high or darker density levels can facilitate movie interpretation to see defects. if you want to get better sensitivity results or with a higher level of accuracy, can use film side as a method. the smaller the wire is visible then the level of accuracy is also better to see the defect.

Keywords: NDT Testing, SMAW welding, Radiography testing, Source side, Film side

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Penelitian yang berjudul :

**“STUDI EKSPERIMEN METODE SOURCE SIDE
DAN FILM SIDE PADA PENGUJIAN RADIOGRAFI
HASIL DARI PENGELASAN METODE SMAW
DENGAN MATERIAL SA36-15**

”

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto, MT selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan penelitian ini.
2. Bapak Ir. Subowo, MSc selaku dosen pembimbing 2.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku kaprodi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator Tugas Akhir D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
5. Bapak Ir. Denny M. E. Soedjono, MT selaku Dosen Wali selama di D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Jurusan D3 Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
7. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
8. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, doa ,serta dukungan dalam bentuk apapun.
9. Bengkel ‘AND Tech’ yang telah membantu penulis selama pengerjaan Penelitian..
10. Teman – teman angkatan 2014, 2015, 2016 atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini, khususnya teman saya Kurniawan aprilin jaya atmaja yang telah membantu banyak dalam menulis laporan

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Umum Pengelasan.....	4
2.2 SMAW	4
2.3 Posisi Pada Pengelasan.....	6
2.4 Heat Input.....	7
2.5 Kodefikasi Elektroda.....	8
2.6 Pengujian Material	10
2.7 Tinjauan umum radiografi.....	11
2.8 Prinsip radiografi.....	12
2.9 Sumber radiografi.....	13
2.9.1 X-ray	13
2.11 Gamma-ray.....	13
2.10 Penyerapan radiasi Gamma-ray dan materi	13
2.10.1 Efek compton	16

2.11 Metode pengujian radiografi	18
2.11.1 SWSV.....	18
2.12 Komponen alat gamma-Ray.....	18
2.12.1 Pesawat gamma-Ray	19
2.12.2 Sumber <i>radioisotop</i>	19
2.12.3 Kapsul <i>pigtail</i>	20
2.13 Film radiografi.....	20
2.14 Klasifikasi jenis film	22
2.15 Pemilihan film radiografi	23
2.16 Pemilihan <i>Image Quality indicator</i>	24
2.17 Pemilihan <i>Wire Identity</i> dan <i>Wire Diameter</i>	25
2.18 Unsharpness Geometric.....	27
2.19 Source Film Distance (SFD)	29
2.20 Sensitivitas <i>Film Radiografi</i>	30
2.21 Densitas <i>Film Radiografi</i>	31
2.22 Contrast.....	32
2.22.1 <i>Subyek contrast</i>	32
2.22.2 <i>Film contrast</i>	33
2.23 Defination.....	33
2.24 Lattitude.....	34
2.28 pemrosesan film radiografi.....	35
2.28.1 <i>Developer</i>	35
2.28.2 <i>Stop bath</i>	36
2.28.3 <i>Fixer</i>	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode penelitian	39
3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian	40
3.3 Tempat Penelitian.....	40
3.4 Langkah kerja.....	40
3.4.1 Studi literatur	40
3.4.2 Persiapan alat dan spesimen	40
3.4.2.1 <i>Material</i>	41

3.4.2.2	<i>Gerinda tangan</i>	43
3.4.2.3	<i>Welding gauge</i>	44
3.4.2.4	<i>Mesin radiografi gamma-ray</i>	45
3.4.2.5	<i>Leadmarker</i>	46
3.4.2.6	<i>Penetrameter</i>	46
3.4.2.7	<i>Penggaris</i>	47
3.4.2.8	<i>Produk las</i>	47
3.5	Exposure chart	48
3.5.1	Pengukuran tebal material	50
3.5.2	Menentukan tebal material	51
3.6	Source film distance	52
3.7	Menentukan teknik penyinaran	52
3.8	Sumber radiasi	52
3.9	Penentuan film	52
3.10	Penentuan SFD minimal	53
3.11	Penentuan exposure time	54
3.12	Perhitungan <i>Unsharpness Geometric</i>	55
3.13	Metode Pengambilan Data Nilai Densitas	56
3.14	Pemrosesan film	56
3.14.1	Pencucian film	56
3.14.2	viewer	57
3.14.3	Densitometer	57

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Parameter Pengelasan	59
4.2	Proses radiografi pelat I	61
4.2.1	Pengujian <i>image quality indicator (IQI)</i> Source Side	61
4.2.1	Pengujian <i>image quality indicator (IQI)</i> Film Side	61
4.3	Proses radiografi pelat II	61
4.3.1	Pengujian <i>image quality indicator (IQI)</i> Source Side	61

4.3.2 Pengujian <i>image quality indicator (IQI)</i> Film	
Side.....	61
4.4 Proses radiografi pelat III.....	.62
4.4.1 Pengujian <i>image quality indicator (IQI)</i> Source	
Side.....	62
4.4.1 Pengujian <i>image quality indicator (IQI)</i> Film	
Side.....	62
4.5 Pencucian film radiografi.....	.63
4.6 Hasil densitas.....	.64
4.7 Hasil sensitivitas.....	.72

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Las SMAW.....	5
Gambar 2.2	Posisi pengelasan 1G.....	6
Gambar 2.3	Posisi pengelasan 2G.....	6
Gambar 2.4	Posisi pengelasan 3G.....	6
Gambar 2.5	Posisi pengelasan 4G.....	7
Gambar 2.6	Skema pengujian radiografi.	13
Gambar 2.7	Foton energy electron volts.....	15
Gambar 2.8	Panjang gelombang	16
Gambar 2.9	Efek fotolistrik	16
Gambar 2.10	Efek compton.	17
Gambar 2.11	SWSV.....	18
Gambar 2.12	Pesawat gamma-ray	19
Gambar 2.13	Sumber radioaktif <i>isotop</i>	20
Gambar 2.14	Kapsul <i>pigtail</i>	20
Gambar 2.15	Radiografi <i>film</i>	21
Gambar 2.16	Penyusun <i>film</i> radiografi.	21
Gambar 2.17	Struktur butir <i>film</i> lambat (a) dan <i>film</i> cepat (b).....	24
Gambar 2.18	<i>Tabel image quality indicator</i>	25
Gambar 2.19	<i>wire 1q1 designation</i>	26
Gambar 2.20	Wire IQI	26
Gambar 2.21	<i>Ug linitation</i>	27
Gambar 2.22	Penumbra.....	28
Gambar 2.23	<i>Source film distance</i>	29
Gambar 2.24	<i>Wire image quality indicator</i>	31
Gambar 2.25	<i>High dan low contrast</i>	32
Gambar 2.26	High and low defination	34
Gambar 2.27	Stewedge beserta latitude	34
Gambar 2.28	Skema diagram pemrosesan film.....	38
Gambar 3.1	Diagram alur.....	39
Gambar 3.2	Dimensi material SA36-15.....	41
Gambar 3.3	<i>Vgroove</i> persiapan pengelasan.....	41
Gambar 3.4	<i>Gerinda tangan</i>	44
Gambar 3.5	<i>Welding gauge</i>	45
Gambar 3.6	Mesin radiografi gamma ray.....	45

Gambar 3.7	Leadmarker	46
Gambar 3.8	Penetrameter	47
Gambar 3.9	Penggaris	47
Gambar 3.10	<i>Hasil pengelasan</i>	48
Gambar 3.11	<i>Exposure chart Ir-192</i>	49
Gambar 3.12	Pengukuran <i>reinforcement</i>	50
Gambar 3.13	Screen beserta holder film.....	53
Gambar 3.14	Penjelasan rumus U_g	56
Gambar 3.15	Viewer film radiografi	57
Gambar 3.16	Densitometer.....	58
Gambar 4.1	Penembakan <i>Source side</i>	62
Gambar 4.2	Penembakan <i>Film side</i>	63
Gambar 4.3	titik pengambilan data densitas.....	64
Gambar 4.4	Bagan Hasil Densitas.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Tipe Selaput dan Arus Listrik.....	9
Tabel 2.2	Klasifikasi <i>film</i> menurut standart	22
Tabel 3.1	Logam Induk dan pengisi <i>pelat I</i>	42
Tabel 3.2	Parameter Pengelasan <i>pelat I</i>	42
Tabel 3.3	Logam Induk dan pengisi <i>pelat II</i>	42
Tabel 3.4	Parameter Pengelasan <i>pelat II</i>	43
Tabel 3.5	Logam Induk dan pengisi <i>pelat III</i>	43
Tabel 3.6	Parameter Pengelasan <i>pelat III</i>	43
Tabel 3.7	Rumus perhitungan tebal keseluruhan	51
Tabel 4.1	Logam Induk dan pengisi <i>pelat I</i>	59
Tabel 4.2	Parameter Pengelasan <i>pelat I</i>	59
Tabel 4.3	Logam Induk dan pengisi <i>pelat II</i>	60
Tabel 4.4	Parameter pengelasan <i>Pelat II</i>	60
Tabel 4.5	Logam induk dan pengisi <i>Pelat III</i>	60
Tabel 4.6	Parameter Pengelasan <i>pelat III</i>	61
Tabel 4.7	Lama waktu pemrosesan film	63
Tabel 4.8	Hasil Densitas <i>Source side</i> Pelat I.....	64
Tabel 4.9	Hasil Densitas <i>Film side</i> Pelat I	65
Tabel 4.10	Hasil Densitas <i>Source side</i> Pelat II.	65
Tabel 4.11	Hasil Densitas <i>Film side</i> Pelat II.....	66
Tabel 4.12	Hasil Densitas <i>Source side</i> Pelat III	66
Tabel 4.13	Hasil Densitas <i>Film side</i> Pelat III.....	67
Tabel 4.14	Rata-rata Densitas	67
Tabel 4.15	Nilai prosentase perbandingan densitas	68
Tabel 4.16	Nilai prosentase perbandingan base metal	70
Tabel 4.17	Nilai prosentase perbandingan weld metal.....	70
Tabel 4.18	Nilai prosentase perbandingan defect	71
Tabel 4.19	Hasil sensitivitas kondisi normal.....	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menjaga kualitas dan standar suatu hasil pengelasan di perlukan pemeriksaan pada tahap sebelumnya ataupun sesudahnya, agar memenuhi standar syarat keberterimaan dan juga bisa di dapat kan hasil yang maksimal. Salah satu teknik yang di gunakan untuk pengujian pasca pengelasan ialah tehknik radiografi (NDT)

Teknik radiografi banyak dipilih untuk mengetahui kondisi konstruksi atau instalasi, karena teknik ini akan menggambarkan secara jelas (*imaging*) kondisi hasil las yang diinspeksi. Teknik ini dapat di gunakan dalam berbagai macam kondisi oleh karena itu teknik ini banyak di pilih dalam pengujian pengelasan.

Dalam radiografi terdapat dua metode penetrameter untuk mengetahui berhasil atau tidaknya pengujian tersebut, yang pertama ialah *Source Side* dan yang kedua ialah *Film Side* kedua metode tersebut hanya berbeda peletakan *IQI* pada dasarnya kedua metode tersebut memiliki standar tersendiri sesuai dengan ketentuan yang telah di tetapkan pada ASME. Hanya saja dari ke dua metode tersebut kami ingin menentukan mana yang lebih unggul hasilnya agar hasil film mudah di interpretasi. Beberapa syarat keberterimaan film hasil radiografi, adapun di antaranya adalah *Discontinuitas*, *densitas*, *sensitivitas*, *jarak obyek ke film ukuran sumber*, *Source Film Distance (SFD)* beberapa syarat tersebut harus di perhatikan agar di dapatkan hasil film yang akurat untuk bisa di lihat sensitivitas dan densitas film seperti penelitian yang dilakukan oleh teman saya Kurniawan Jaya Atmaja Aprilin melakukan pengujian radiografi yang mengisi pipa dengan cairan fluida.

Oleh karena itu pada penelitian ini saya ingin fokuskan pada hasil *Densitas dan Sensitivitas* film dengan melakukan pengujian

hasil pengelasan dengan menggunakan 3 (tiga) spesimen yang berbeda, diantaranya hasil pengelasan pelat milik sdr supangkat, sdr suryanto, sdr yudi. Ketiganya menggunakan pelat dengan jenis dimensi dan metode pengelasan yang sama. Jadi nantinya akan memudahkan untuk melihat perbandingan hasil pengujian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka perumusan masalah yang akan dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh letak *IQI* terhadap nilai densitas dan sensitivitas pada hasil *film* radiografi

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan penelitian yang akan dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh letak *source side* dan *film side* pada hasil *film* radiografi dengan inspeksi radiografi terhadap nilai densitas dan sensitivitas.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi terarah dan memberikan kejelasan analisis permasalahan, maka dilakukan pembatasan permasalahan sebagai berikut:

1. Material SA36 - 15
2. Proses penyambungan pelat menggunakan metode pengelasan SMAW
3. Filler las menggunakan elektroda E 7018
4. Menggunakan *gamma-ray* Ir-192
5. Menggunakan *SFD* 400 mm
6. Menggunakan *wire* IQI ASTM SET 1B
7. *SWSV* (*Single wall single viewing*)
8. *Film* tipe panjang AGFA *structurix* D7
9. Menggunakan *Exposure time* 120 detik
10. Menganalisa hasil film berdasarkan ASME Sec.V 2015.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian yang akan dilakukan:

1. Sebagai wadah penerapan teori dan praktek selama perkuliahan yang berkaitan dengan *non destructive test*.
2. Hasil yang didapatkan bisa menjadi bahan pertimbangan untuk penggunaan dalam pengaplikasian pengujian radiografi.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam laporan Tugas Akhir ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

- **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori-teori dari berbagai referensi yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir.

- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini terdiri dari tahapan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir.

- **BAB IV PEMBAHASAN**

Bab ini terdiri dari pembahasan pengaruh metode Source side dan Film side dari hasil film setelah di uji radiografi.

- **BAB V KESIMPULAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan Analisa yang telah dilakukan juga saran untuk pengoprasian penelitian selanjutnysa.

BAB II

DASAR TEORI

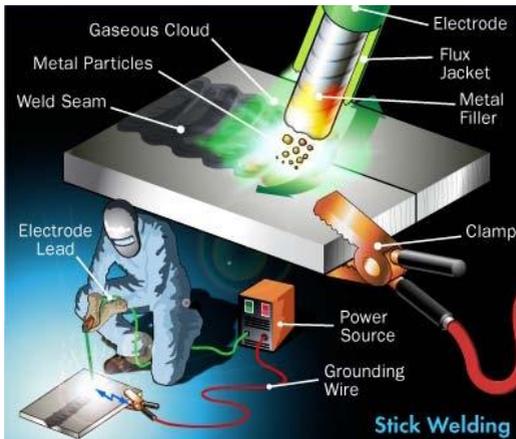
2.1 Tinjauan Umum Pengelasan

Pengelasan (*Welding*) adalah penyambungan dua atau lebih bahan dengan cara memanaskan permukaan sampai mencair dengan atau tanpa logam pengisi (*filler*) dan dengan atau tanpa tekanan. Dari definisi tersebut terdapat 3(tiga) kata kunci yang dapat untuk menjelaskan definisi dari pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan. Proses penyambungan lain yang telah dikenal lama selain pengelasan adalah penyambungan dengan cara Brazing dan Soldering. Perbedaannya dengan penyambungan pengelasan adalah tidak sampai mencairkan logam induk akan tetapi hanya logam pengisinya saja. Sedangkan perbedaan antara Brazing dan Soldering adalah pada titik cair logam pengisinya. Proses Brazing berkisar 4500C – 9000C, sedangkan untuk Soldering, titik cair logam pengisinya kurang dari 4500C.

2.2 Shielded Metal Arc Welding (SMAW)

SMAW adalah suatu proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam *flux* atau *slag* yang terbentuk. Pengelasan dengan process SMAW dibedakan berdasarkan jenis arusnya meliputi arus AC dan DC, dimana arus DC dibedakan atas DCEN (*straight polarity* atau polaritas langsung) dan DCEP (*reverse polarity* atau polaritas

terbalik). *Filler* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda, elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang di campur dengan lapisan pembungkus elektroda. Serta setiap kawat dari las memiliki dimensi dan karakter tertentu untuk membantu mempermudah menyamakan dengan logam yang akan disambung.



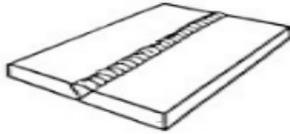
Source:Hargareviev.com

Gambar 2.1 Las SMAW

2.3 Posisi Pada Pengelasan

Posisi pada pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu proses mengelas. Adapun posisi pengelasan untuk sa but joint terdiri dari 4 macam, yaitu:

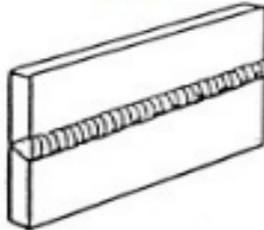
- Posisi flat (1G)



Source:CNzahid.com

Gambar 2.2 Posisi pengelasan 1G

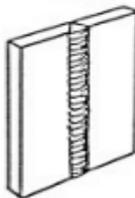
- Posisi Horizontal (2G)



Source:CNzahid.com

Gambar 2.3 Posisi pengelasan 2G

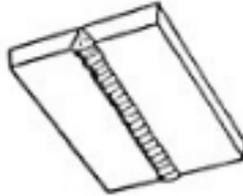
- Posisi Vertikal (3G)



Source:CNzahid.com

Gambar 2.4 Posisi Pengelasa 3G

- Posisi Overhead (4G)



Source: CNzahid.com

Gambar 2.5 Posisi Pengelasan 4G

2.4 Heat Input

Heat Input adalah besarnya energi panas setiap satuan panjang las ketika sumber panas (yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak). Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari energi listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil perpaduan dari arus listrik pengelasan, tegangan listrik pengelasan, dan kecepatan pengelasan, menghasilkan energi panas yang dikenal dengan masukan panas (*heat input*). Kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi panas pengelasan, karena proses pengelasan tidak diam ditempat, tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan las. Hubungan antara ketiga

parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Heat Input : } \mathbf{HI} = \frac{\mathbf{V \times I \times 60}}{\mathbf{s}}$$

Dimana: HI = Masukan panas atau energi (J/mm)

I = Arus (Ampere)

V = Voltase (Volt)

s = Kecepatan pengelasan (mm/s)

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las.

2.5 Kodefikasi Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*flux*) dan tidak bersalut yang merupakan bagian untuk menjepitkan tang las. Fungsi *flux* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan

kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*).

Adapun kodefikasi dari elektroda sebagai berikut:

Contoh: E XX · A · B

- E : Menyatakan elektroda busur listrik.
- XX : Dua digit pertama menunjukkan kekuatan tariknya dalam Ksi (kilopound square inch). Jika dibaca dalam ukuran ‘psi (pound square inch) sama dengan $\times 1000$ psi, dimana 1 Ksi = 1000 psi.
- A : Digit ketiga menyatakan posisi pengelasan.
- B : Digit keempat menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Tabel 2.1 Karakteristik Digit Keempat Tipe Selaput dan Arus Listrik

Angka	Sumber Arus		Polaritas Elektroda		Unsur Pembentuk	Daya Tembus	Kadar Serbuk Besi
	AC	DC	+	-			
1	AC	DC	+		Cellulose potasium	Kuat	
2	AC	DC		-	Rutile Sodium	Medium	0-10%
3	AC	DC	+	-	Rutile Potasium	Lunak	0-10%
4	AC	DC	+	-	Rutile Iron	Lunak	30-50%

					Powder		
5		DC	+		Low Hydrogen Sodium	Medium	
6	AC	DC		-	Low Hydrogen Potassium	Medium	
7	AC	DC	+	-	Iron Oxyde, Iron Powder	Lunak	50%
8	AC	DC	+		Low Hydrogen, Iron Powder	Medium	30-50%

Source: Wikipedia/tabelelktroda.com

2.6 Pengujian Material

Proses pengujian material adalah proses pemeriksaan bahan-bahan untuk diketahui sifat dan karakteristiknya yang meliputi sifat mekanik, sifat fisik, bentuk struktur mikro dan makro. Adapun proses pengujiannya dikelompokkan ke dalam tiga kelompok metode pengujian, yaitu :

1. DT (*Destructive Test*), yaitu adalah proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan pada logam yang diuji.

2. NDT (*Non Destructive Test*), yaitu proses pengujian logam yang tidak menimbulkan kerusakan pada logam atau benda yang diuji.
3. *Metallography*, yaitu proses pemeriksaan logam tentang komposisi kimianya, unsur-unsur yang terdapat di dalamnya, dan bentuk strukturnya.

2.7 Tinjauan Umum Radiografi

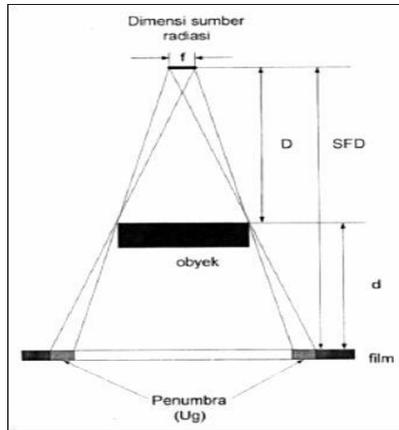
Sejarah pengujian radiografi melibatkan dua langkah awal yang penting bagi dunia. Pertama penemu sinar-x oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 dan kedua penemuan bahan radioaktif baru yang disebut radium oleh Marie dan Pierre Curie yang diumumkan pada desember 1898. Pengujian radiografi merupakan salah satu metoda yang digunakan dalam pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Test* (NDT). Yang dimaksud dengan pengujian tanpa merusak adalah pengujian material dengan tidak merusak material ataupun suatu konstruksi yang diuji, baik sifat fisik maupun kimia dari material tersebut.

Pengujian radiografi adalah teknik mendapatkan suatu gambar bayangan dari benda padat dengan menggunakan daya tembus radiasi x-ray ataupun gamma-ray. Gambar yang didapat merupakan bentuk proyeksi benda tersebut tanpa rincian kedalamannya. Gambar direkam dalam *film* yang yang disebut radiograf atau bisa kita sebut *film* radiografi. Suatu kontras radiografi disebabkan pada perbedaan dalam kemampuan penyerapan radiasi dalam hal ini x-ray ataupun gamma-ray dan perbedaan tebal benda uji, perbedaan susunan kimia, densitas yang tidak homogen, cacat, diskontinuitas atau proses hamburan didalam benda uji. Radiasi yang digunakan, diproyeksikan terhadap benda uji untuk mendapatkan kontras

dan *definition* yang baik pada suatu bidang gambar. Selanjutnya, *film* radiografi diperlukan untuk merekam bayangan dalam kondisi yang aman.

2.8 Prinsip Radiografi

Uji radiografi terdiri dari tiga komponen utama yaitu sumber radiasi, media perekam, dan media pengaman sumber. Ketika sebuah sumber mulai memancarkan suatu radiasi dan menembus material yang di tembak, radiasi akan mengalami perbedaan penyerapan oleh material tersebut. Perbedaan penyerapan oleh material yang di gunakan di sebabkan karena adanya perbedaan rapat jenis, ketebalan atau perbedaan karakteristik penyerapan karena adanya perbedaan komposisi. Energi radiasi yang melewati bagian, mengekspos *film* dan membentuk shadowgraph bagian. Tingkat densitas akan bervariasi dengan jumlah radiasi yang mencapai *film* melalui tes objek dimana daerah gelap menunjukkan lebih banyak paparan dan dimana daerah terang menunjukkan kurang paparan. Variasi dalam densitas dapat digunakan untuk menentukan ketebalan atau komposisi bahan. Perbedaan penyerapan ini dapat diamati dengan mendeteksi radiasi transmisi perekam, dalam pengujian radiografi bagian yang akan diperiksa ditempatkan antara sumber radiasi dan media perekam.



Source: Asme Sec. V prinsip radiografi

Gambar 2.6 Skema pengujian radiografi

2.9 Sumber Radiografi

Dalam pengembangan ilmu *Non Destructive Test* (NDT) dengan salah satu metodenya yaitu pengujian radiografi memiliki 2 macam sumber yaitu sinar-x dan sinar- γ :

2.9.1 X-ray

Sinar-x dapat dihasilkan dengan menumbukkan elektron yang dilepaskan oleh katoda pada anoda di dalam suatu tabung hampa udara. Sifat-sifat sinar-x yang dihasilkan sangat tergantung pada tegangan dan arus dari tabung, makin tinggi tegangannya makin besar daya tembus dari sinar-x yang dihasilkan. Sedangkan arus tabung yang besar akan mempertinggi intensitas sinar-x.

2.9.2 Gamma-ray

Unsur – unsur tidak stabil yang juga disebut radioisotop dalam proses menuju kestabilannya akan

memancarkan suatu gelombang elektromagnet yang dinamakan sinar γ . Karena pemancarannya ini maka radioisotop makin lama makin lemah. Waktu yang dijalani sehingga kekuatan penyinarannya menjadi setengahnya disebut waktu setengah umur. Untuk keperluan pengujian tidak merusak dengan sendirinya harus menggunakan radioisotop yang mempunyai waktu setengah umur beberapa hari. Dalam hal ini biasanya digunakan isotop- isotop cobalt (Co) dan iridium (Ir). Karena radioisotop selalu memancarkan sinar- γ maka apabila tidak dipakai harus di simpan dalam tabung pelindung yang terbuat dari timbal dan paduan wolfram.

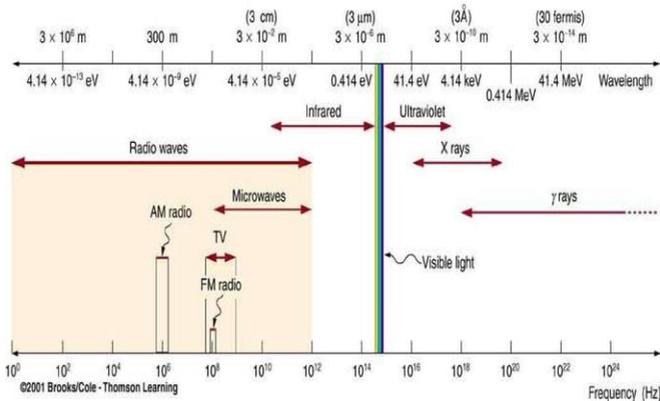
Pemancaran sinar- γ dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu pemancaran satu arah yang dilakukan dengan membuka tutup tabung pelindung, pemancaran silinder yang dilakukan dengan membuka pelindung dinding tabung, dan pancaran ke segala arah dengan meletakkan radioisotop pada tempat tanpa memakai tabung pelindung.

2.10 Penyerapan Radiasi Gamma-Ray dan Materi

Interaksi radiasi *gamma-ray* dengan materi sangat kecil sehingga memiliki daya tembus yang jauh lebih besar dibandingkan dengan radiasi *alfa* dan radiasi *beta*. *Gamma-ray* merupakan gelombang elektromagnetik yang membawa energi dalam bentuk paket-paket yang disebut *foton*, jika *gamma-ray* masuk ke dalam suatu bahan selain menembus bahan tersebut *gamma-ray* juga mengionisasi bahan tersebut walaupun hanya dalam jumlah kecil. Saat menembus benda, banyak penyerapan di suatu lokasi tergantung pada ketebalan

dan densitas pada lokasi tersebut. Apabila variasi tersebut dideteksi dan direkam pada *film*, maka memungkinkan pencitraan struktur bagian dalam material. Citra laten yang dihasilkan pada *film* akan menjadi gambar banyangan specimen apabila *film* tersebut diproses.

Source: ASME Sec.V radiasi gamma ray



Source: ASME Sec.V radiasi gamma ray

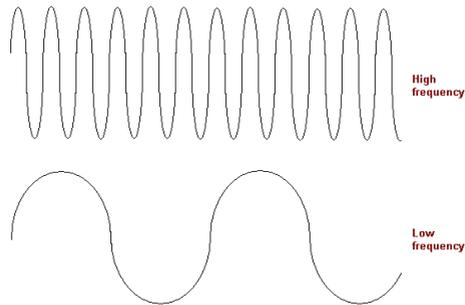
Gambar 2.7 Foton energy electron volts

Spektrum gelombang disusun berdasarkan frekuensi gelombang. Gelombang dengan frekuensi terendah ada dibagian paling kiri Gambar 2.7 sedangkan gelombang dengan frekuensi tertinggi ada pada sebelah kanan.

Mengingat cahaya tampak X-ray atau gamma-ray adalah spectrum elektromagnetik, mereka memiliki banyak kesamaan yaitu:

1. Merambat dalam kecepatan cahaya (3×10^8 M/s)
2. Merambat dalam garis lurus
3. Tidak terpengaruh oleh medan magnet
4. Akan mengekspose *film* fotografi

Panjang gelombang didefinisikan sebagai jarak antara dua puncak gelombang. Gelombang-gelombang tersebut panjangnya bervariasi. Beberapa gelombang radio bermil-mil panjangnya, sedangkan X-ray dan gamma-ray panjang gelombangnya diukur dalam satuan “Angstrom” 10^{-8} cm.



Source:ASME Sec.V frekuensi gelombang

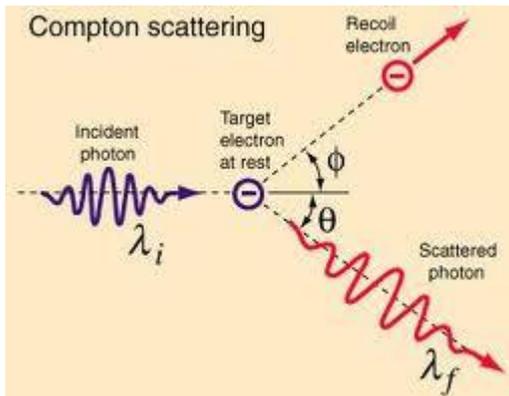
Gambar 2.8 Panjang gelombang

Frekuensi dapat dijelaskan sebagai banyaknya gelombang elektromagnetik yang melalui sebuah titik tertentu dalam satu detik. Semua gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan yang sama, frekuensi diukur dalam satuan siklus perdetik, satu siklus gelombang lengkap adalah dari lembah ke lembah atau puncak ke puncak.

Besar frekuensi dan panjang gelombang elektromagnetik adalah berbanding terbalik secara proporsional. Ini berarti apabila salah satu dibesarkan yang lainnya berkurang secara proporsional, melipatgandakan salah satunya akan mengurangi yang lain menjadi setengahnya. Macam-macam interaksi utama *gamma-ray* dapat kehilangan energi ketika melewati suatu bahan.

2.10.1 Efek Compton

Peristiwa terjadinya tumbukan antara foton dan elektron dalam suatu atom yang mengakibatkan sebagian energi foton menjadi energi gerak elektron dan sebagian energi hamburan foton disebut efek Compton. Bila energi foton cukup besar, efek Compton dapat terjadi pada elektron orbital yang energi ikatnya dapat diabaikan. Selanjutnya, seperti diperlihatkan pada gambar 2.10, elektron dianggap sebagai elektron bebas, energi dan momentumnya sama besar sebelum dan sesudah bertumbukan. Dalam hal ini terjadi tumbukan elastis sempurna antara foton dan elektron. Koefisien atenuasi pada efek Compton ialah jumlah dari perbandingan energi gerak elektron antibonding dan perbandingan energi hamburan foton. Koefisien atenuasi pada efek Compton sebanding dengan nomor atom materi.



Source: gunawancreamo.blogspot.com

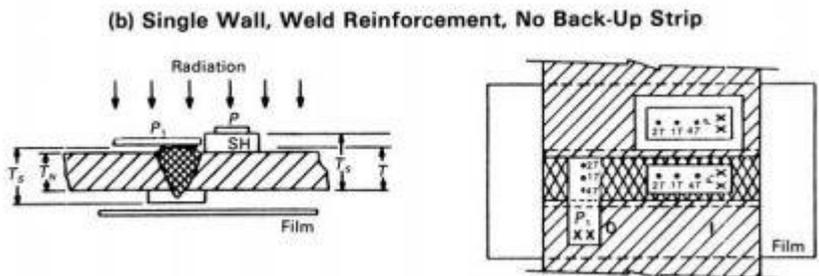
Gambar 2.10 Efek Compton

2.11 Metode Pengujian Radiografi

Dalam pengujian radiografi ini memiliki berbagai ragam metode bentuk pengujian sesuai kebutuhan dan kondisi suatu konstruksi ataupun produk untuk mempermudah dalam melakukan pengujian radiografi tersebut yaitu:

2.11.1 *Single wall single viewing (SWSV)*

Metode pengujian radiografi single wall single viewing ini diterapkan pada benda uji berupa pelat. Posisi sumber sedemikian rupa sehingga radiasi melalui satu dinding las sedangkan pada *film* hanya tergambar satu dinding weld metal yang dekat dengan *film* untuk diinterpretasi.



Source: ASME Sec.5 SWSV hal.37

Gambar 2.11 SWSV

2.12 Komponen Alat Gamma-Ray

Untuk melakukan suatu pengujian radiografi dengan gamma-ray kita membutuhkan beberapa komponen untuk menyusun dan menggunakan paparan gamma-ray dari beberapa komponen yang dibutuhkan yaitu:

2.12.1 Pesawat *gamma-ray*

Mesin ini digunakan untuk menyimpan, mengirim dan menyinari suatu objek yang dimana mesin tersebut berisikan bahan radioaktif. Juga berfungsi untuk mengurangi paparan radiasi selama penggunaannya, seperti Gambar 2.12 berikut.



Source: [Wikipedia/pesawatgammaray](https://id.wikipedia.org/wiki/Pesawat_gamma-ray)

Gambar 2.12 Pesawat *gamma-ray*

2.12.2 Sumber *radioisotop*

Didalam mesin gamma-ray terdapat radiosotop yang digunakan untuk menyimpan sumber radiasi. Radioisotop yang digunakan dimasukkan kedalam kapsul untuk mencegah kebocoran radiasi. Setelah radiosotop dimasukkan kedalam kapsul barulah kapsul diberi muatan atau sumber yang berfungsi sebagai pemancar saat digunakan untuk pengujian radiografi, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.13 berikut.



Source:Wikipedia/sumberradioaktif

Gambar 2.13 Sumber radioaktif *isotop*

2.12.3 Kapsul pigtail

Kapsul ini digunakan sebagai kabel untuk membentuk pigtail, pigtail mempunyai konektor khusus pada ujungnya yang menyambungkan ke kabel yang digunakan untuk mengeluarkan sumber dari kamera gamma-ray.



Source:Wikipedia/alatradiografi

Gambar 2.14 Kapsul *pigtail*

2.13 *Film* Radiografi

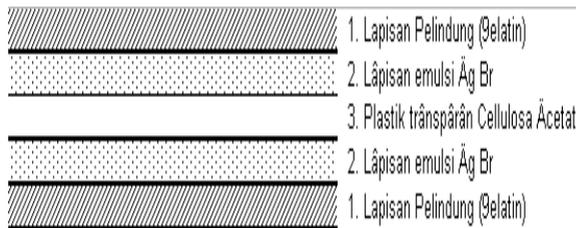
Film berfungsi untuk merekam gambar benda uji yang diinspeksi. Bahan dasar *film* terbuat dari bahan sejenis plastik transparan yaitu *cellulosa acetat*, yang mempunyai sifat *fleksibel*, ringan, tidak mudah

pecah, dan tembus cahaya. Kedua permukaannya dilapisi suatu emulsi yang mengandung persenyawaan AgBr (perak bromida), untuk melindungi lapisan emulsi agar tidak cepat rusak maka di atasnya dilapisi lagi dengan gelatin. Berikut ini adalah penyusun *film* yang di gunakan untuk merekam benda uji yang di periksa:



Source:Wikipedia/alatradiografi

Gambar 2.15 Radiografi *film*



Source:Wikipedia/alatradiografi

Gambar 2.16 Penyusun *film* radiografi

Radiasi mengenai *film* dan mengionisasi AgBr menjadi Ag⁺ dan Br⁻ sehingga terbentuk bayangan laten kemudian di developer bayangan laten

dimunculkan dengan mereduksi Ag^+ menjadi Ag , sedangkan Br^- larut. Kemudian di fixer, sehingga senyawa $AgBr$ yang belum diionisasi akan larut. Dan persyaratan *film* yaitu:

1. Tidak ada cacat fisik
2. Densitas terang /gelap diukur dengan densitometer
3. Sensitivitas

2.14 Klasifikasi Jenis *Film*

Film radiografi diklasifikasikan dengan cara mengkombinasikan faktor – faktor dan karakteristik *film*. Contoh klasifikasi *film* dapat dilihat pada Table 2.2 berikut.

Table 2.2 Klasifikasi *film* menurut standart

No.	Class	Velocity	Contrast	Grainess
1	Spesial	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
2	I	Rendah	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
3	II	Sedang	Tinggi	Rendah
4	III	Tinggi	Sedang	Tinggi

Source: [Wikipedia/klasifikasifilmstandard](https://id.wikipedia.org/wiki/Klasifikasi_film_standard)

Setiap perusahaan *film* memproduksi berbagai macam jenis *film* yang dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. *Film screen fluorescent* yaitu *film* yang dalam penggunaannya memerlukan *screen* pengintensif *fluorescent* dan dapat menghasilkan *film* dengan penyinaran yang minimum.

2. *Film* langsung yaitu *film* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan *screen* atau untuk penyinaran menggunakan *screen* timbal.

2.15 Pemilihan *Film* Radiografi

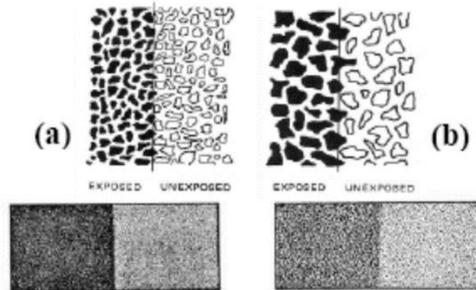
Pemilihan *film* untuk radiografi tergantung pada beberapa faktor yang berbeda. Faktor tersebut harus dipertimbangkan saat memilih *film* dan mengembangkan teknik radiografi. Faktor – faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Komposisi, bentuk, dan ukuran dari bagian yang selanjutnya akan diperiksa. Pada beberapa kasus dipertimbangkan pula berat dan lokasinya.
2. Tipe dari radiasi yang digunakan seperti sinar- γ dari sumber radioaktif atau sumber sinar-x dari sistem pembangkit sinar-x.
3. Intensitas dari sumber radiasi sinar- γ atau tegangan yang tersedia dari pesawat sinar-x.
4. Tingkat detail dari gambar hasil radiografi dan segi ekonomi.

Pemilihan *film* untuk radiografi pada benda uji terutama tergantung dari ketebakan dan jenis material yang diuji serta rentang intensitas sumber (C_i) yang tersedia pada sumber gamma-ray. Pemilihan *film* juga tergantung kepada kualitas radiografi yang diinginkan dan waktu pentinaran. Jika kualitas radiografi yang diinginkan berkualitas tinggi maka digunakan *film* lambat (*film* dengan butiran lebih halus) harus digunakan. Jika menginginkan waktu penyinaran yang pendek maka digunakan *film* cepat.

Untuk detail butiran *film* dapat dilihat pada Gambar 2.23 dibawah ini. Butiran *film* mempengaruhi definition *film*

radiografi. *Film* berbutir besar (*film* cepat) seringkali dipakai untuk mengurangi waktu eksposur sedangkan *film* berbutir kecil (*film* lambat) menghasilkan *definition* terbaik.



Source:ASME Sec.V struktur butir film

Gambar 2.17 Struktur butir *film* lambat (a) dan *film* cepat (b)

2.16 Pemilihan *Image Quality indicator*

Pemilihan *image quality indicator* (IQI) yang tepat merupakan hal yang penting dalam penembakan produk pengelasan karena hal tersebut terkait dengan sensitifitas suatu *film* radiografi. Sensitifitas merupakan ukuran kualitas dari suatu *film* terkait dengan detail dan cacat terkecil yang bisa diamati. *image quality indicator* (IQI) yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *wire type* dan penempatan marker memilih metoda *film side*. Berdasarkan gambar Tabel 2.18 diketahui produk las dengan ketebalan tertentu selanjutnya akan didapatkan nilai *wire-type essential wire*.

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	35	2T	11	30	2T	10
Over 2.00 through 2.50 (50.8 through 63.5)	40	2T	12	35	2T	11
Over 2.50 through 4.00 (63.5 through 101.6)	50	2T	13	40	2T	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	60	2T	14	50	2T	13
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	80	2T	16	60	2T	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	100	2T	17	80	2T	16
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	120	2T	18	100	2T	17
Over 12.00 through 16.00 (304.8 through 406.4)	160	2T	20	120	2T	18
Over 16.00 through 20.00 (406.4 through 508.0)	200	2T	21	160	2T	20

Source: ASME Sec.V table image quality indicator

Gambar 2.18 Tabel *image quality indicator*

2.17 Pemilihan *Wire Identity* dan *Wire Diameter*

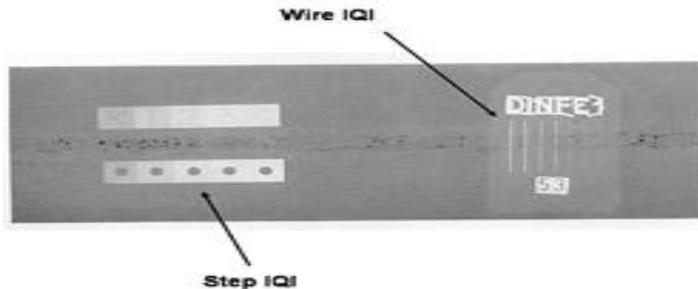
Setelah didapatkan nilai *wire type wire essential* atau *wire identity* maka selanjutnya menuju gambar Table 2.25

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11

Set C			Set D		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16
0.040	(1.02)	12	0.126	(3.20)	17
0.050	(1.27)	13	0.160	(4.06)	18
0.063	(1.60)	14	0.200	(5.08)	19
0.080	(2.03)	15	0.250	(6.35)	20
0.100	(2.54)	16	0.320	(8.13)	21

Source:ASME wire iqi diameter

Gambar 2.19 Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity



Source:Wikipedia/wireiqiradiografi

Gambar 2.20 Wire IQI

Kemudian didapatkan data *wire diameter* berdasarkan data yang diperoleh pada tahap sebelumnya. *Wire diameter* menunjukkan ukuran cacat atau diskontinuitas terkecil yang dapat terlihat pada *film* radiografi tersebut. *Wire identity* menunjukkan nomor *wire* minimal yang muncul pada *film*

2.18 *Unsharpness Geometric*

Melakukan perhitungan *unsharpness geometric* berdasarkan persamaan pada klasifikasi *film*. Sebelum melakukan perhitungan tersebut tentukan nilai *source film distance* untuk mendapat nilai *source object distance (SOD)* yang akan digunakan dalam perhitungan *unsharpness geometric (Ug)*. Selanjutnya setelah nilai *unsharpness geometric* ditemukan maka kemudian lihat gambar tabel 2.27 Dibawah ini yang merupakan nilai batasan untuk nilai *unsharpness geometric* berdasarkan ketebalan material yang digunakan.

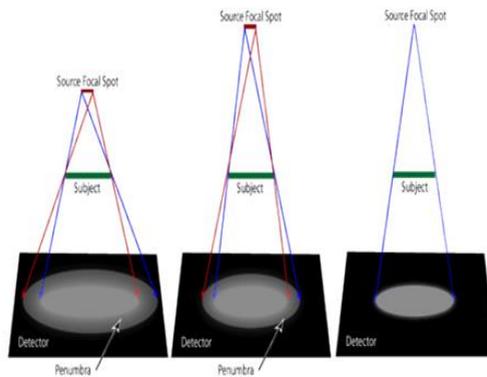
<u>Material Thickness, in. (mm)</u>	<u>U_g Maximum, in. (mm)</u>
Under 2 (50)	0.020 (0.51)
2 through 3 (50–75)	0.030 (0.76)
Over 3 through 4 (75–100)	0.040 (1.02)
Greater than 4 (100)	0.070 (1.78)

Source:ASME Sec.V *Unsharpness geometric limitation*

Gambar 2.21 *Unsharpness geometric limitation*

Bila *Unsharpness geometric* melebihi nilai maksimal maka harus dirubah lagi nilai *source film distance* yang digunakan agar didapatkan nilai U_g dibawah nilai maksimal tersebut. Karena bila melebihi nilai ketentuan maka bayangan *penumbra* terlalu besar dan berakibat susahnya mengukur ukuran cacat karena terjadi penghamburan. Prinsip dasar pembentukan bayangan tidak diikuti dengan benar, salah satu penyebab *Unsharpness geometric* atau ketidaktajaman geometris berhubungan dengan ukuran dari sumber radiasi. Jika sumber bukan berupa titik, namun berupa luasan, maka

citra yang dihasilkan tidak tajam. Ketidak tajamannya dinamakan “*Penumbra*”. *Penumbra* tidak dapat sepenuhnya dihilangkan karena sumber berupa titik tidak mungkin diperoleh dari peralatan radiografi, namun *penumbra* dapat dikurangi dengan cara memperbesar jarak sumber ke spesimen benda uji.



Source: [Wikipedia/bayangansinarpenumbra](https://id.wikipedia.org/wiki/Bayangansinarpenumbra)

Gambar 2.22 *Penumbra*

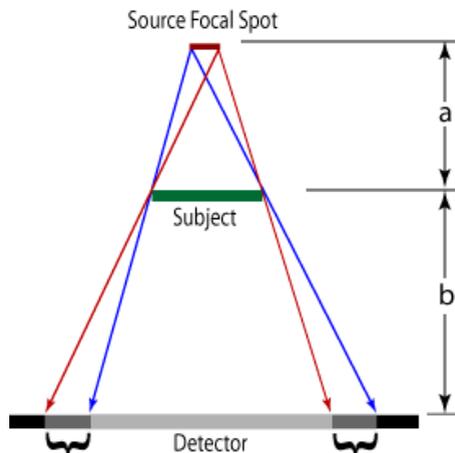
Teknik yang sangat penting untuk mengurangi *penumbra* adalah menjaga jarak *film* terhadap spesimen sedekat mungkin. Apabila *penumbra* dapat dikurangi, maka *definition* citra radiografi juga dapat bertambah, ketajaman geometric optimum akan diperoleh apabila:

1. Sumber Radiasi berukuran kecil
 2. Jarak dari sumber ke spesimen relative besar atau jauh
 3. Jarak dari spesimen ke *film* dekat
- Apabila memungkinkan, sinar dari sumber radiasi harus

diarahkan tegak lurus ke *film* agar menghindari dari distorsi citra. *Film* harus terletak pada bidang yang sejajar dengan bidang specimen. Apabila bidang *film* dan specimen tidak sejajar, akan terjadi distorsi citra specimen. Karena citra yang terdistorsi dapat mempengaruhi interpretasi *film* yang akan dilakukan yang bias menimbulkan akibatnya kebingungan menginterpretasi *film*.

2.19 Source Film Distance (SFD)

Source Film Distance (SFD) adalah jarak dari sumber radiasi hingga *film* radiografi. SFD menentukan seberapa besar luasan daerah yang akan diinterpretasikan. Jenis dan bentuk benda kerja mempengaruhi penentuan *source film distance (SFD)*. Perubahan SFD juga sangat mempengaruhi lama dari waktu penyinaran benda kerja.



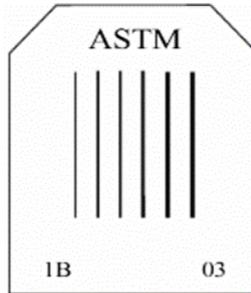
Source: Wikipedia/penyinaranradiografi

Gambar 2.23 Source film distance

2.20 Sensitivitas *Film* Radiografi

Sebelum *film* radiografi dipakai sebagai alat uji tanpa merusak, kita harus mengetahui seberapa akurat alat tersebut. Sensitivitas *film* radiografi adalah fungsi dari *contrast* dan *definition* dari *film* radiografi tersebut. Sensitivitas radiografi berhubungan dengan ukuran detail diskontinuitas terkecil yang dapat dilihat pada *film* hasil radiografi atau kemudahan gambar detail diskontinuitas terkecil untuk dapat dideteksi. Sensitivitas radiografi memiliki kualitas citra yang baik maka dapat mendeteksi diskontinuitas yang baik. Dalam setiap pengujian radiografi digunakan alat uji *standart* yang disebut penetrometer atau yang sering disebut *image quality indicator* (IQI). Pemilihan parameter dan penempatannya harus sesuai dengan *standart* yang digunakan.

IQI ada 2 macam yaitu *wire* dan *hole* akan tetapi semakin seringnya penggunaan radiografi dalam pengujian sering sekali menggunakan type *wire* dikarenakan lebih praktis dan tentunya cepat tidak seperti halnya IQI *hole* karena harus terlebih dahulu mengukur tebal yang akan diuji dengan radiografi sehingga apabila ada perbedaan ketebalan maka diberi pemasangan ganjal IQI atau yang sering disebut “shims”, maka pengujian ini memilihlah IQI yang bermodelkan *wire* atau yang sering disebut kawat. Digunakan *standart* IQI ASTM/ASME yang terdiri atas 21 kawat, yang disusun menjadi 4 set dimana setiap set berisi 6 kawat, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.24.



Source:wikipedia/gambariqiradiografi

Gambar 2.24 *Wire image quality indicator*

Sensitivitas indikator kualitas bayangan tipe kawat adalah persentase perbandingan diameter kawat terkecil yang tergambar pada *film* hasil uji radiografi terhadap ketebalan material. Fungsi IQI antara lain:

1. Digunakan sebagai media pengukur tingkat kualitas radiografi
2. Menentukan kualitas gambar radiografi

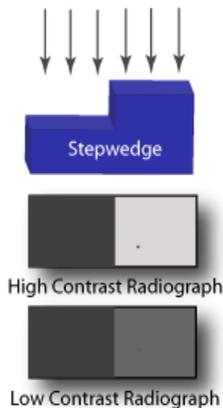
2.21 Densitas *Film* Radiografi

Densitas *film* radiografi ialah tingkat kegelapan pada *film* radiografi yang telah selesai diproses dan densitas radiografi dilakukan pada daerah pemeriksaan atau yang biasa disebut *area of interest* pada densitas minimal dan maksimal namun bukan pada tempat yang ditafsirkan sebagai sebuah diskontinuitas. *Film* radiografi dinyatakan memenuhi kualitas bila densitas yang diukur pada tempat-tempat diatas memiliki rentang tertentu, yang nilainya tergantung pada prosedur atau spesifikasi ataupun *standart* yang digunakan. Pada ASME Sec.V 2015 untuk *gamma-ray*

mempunyai rentang nilai densitas 2 sampai 4. Sedangkan untuk *x-ray* 1.8 sampai 4 Selain itu ASME Sec.V 2015 juga menetapkan batasan variasi densitas tidak mengijinkan -15% dan +30%

2.22 Contrast

Contrast adalah perbandingan antara densitas *film* pada daerah-daerah yang berbeda pada *film* radiografi. Dan *contrast* ini kombinasi dari subyek *contrast* dan *film contrast*. Faktor-faktor didalam specimen yang mempengaruhi *contrast* dinamakan “Subyek *contrast*”.



Source: Wikipedia/contrastradiografi

Gambar 2.25 High dan low contrast

2.22.1 Subyek contrast

Subyek *contrast* adalah perbandingan antara intensitas *X-ray* atau *gamma-ray* yang diteruskan oleh dua bagian tertentu dari specimen. Subyek *contrast*

dipengaruhi oleh energy radiasi, subyek contrast terbaik diperoleh dengan penggunaan radiasi yang dihasilkan oleh tegangan rendah atau radiasi lunak. Berikut adalah mengenai subyek *contrast* dipengaruhi oleh:

1. Perbedaan ketebalan pada specimen
2. Perbedaan densitas pada specimen
3. Energi radiasi (keV) yang digunakan

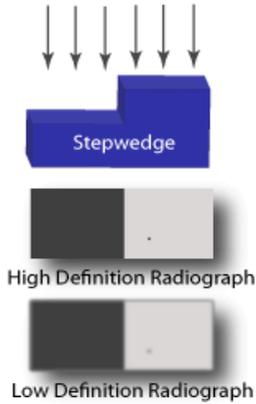
2.22.2 *Film contrast*

Film contrast dapat didefinisikan sebagai kemampuan bawaan dari *film* untuk memperlihatkan perbedaan hasil densitas akibat perubahan *exposure* yang diberikan. Semua pabrik *film* memproduksi jenis-jenis *film* yang berbeda dan beberapa jenis *film* memiliki kemampuan memperlihatkan *contrast* yang lebih baik ketimbang yang lainnya.

Besarnya *contrast* dari *film* biasanya dinyatakan sebagai hubungan antara *exposure film* dan densitas yang dihasilkan, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk kurva karakteristik *film* atau biasa disebut kurva H & D.

2.23 **Definition**

Definition adalah garis batas antara daerah-daerah yang densitasnya berbeda, jika citranya bersih dan tajam, *film* radiografi dikatakan memiliki *definition* yang bagus. Ketidak tajamannya disebabkan oleh elektron bebas yang dihasilkan oleh sinar radiografi saat melewati *film*.

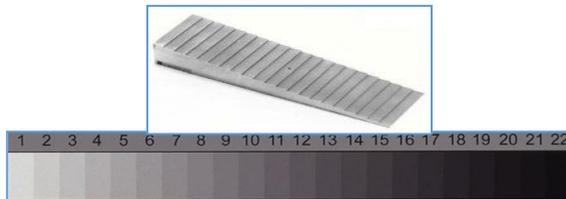


Source: Wikipedia/contrastradiografi

Gambar 2.26 High dan low definition

2.24 Latitude

Latitude adalah rentang ketebalan yang dapat dimunculkan dengan baik pada *film* radiografi. *Latitude* sangat berkaitan erat dengan *contrast*, namun dalam artian sebaliknya. Dapat dilihat pada Gambar 2.23 terdapat 22 jumlah rentang kegelapan atau densitas.



Source: Wikipedia/peralatanradiografi

Gambar 2.27 Stepwedge beserta latitude

2.25 Pemrosesan *Film* Radiografi

Saat eksposur selesai dilakukan, selanjutnya *film* diproses sehingga citra laten yang dihasilkan oleh radiasi akan nampak. Pada dasarnya terdapat tiga larutan pemroses yang dipakai untuk mengubah suatu *film* yang telah terekspose menjadi *film* radiografi. Langkah – langkah pemrosesan *film* berdasarkan urutan larutan yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.25.1 Developer

Developer adalah suatu larutan kombinasi zat kimia yang masing-masing memiliki fungsi penting. Salah satu zat kimianya adalah accelerator yang membuat larutan memiliki sifat basa. Zat kimia ini dapat menghilangkan suatu lapisan pelindung dan mengembungkan pengemulsi sehingga nantinya memungkinkan zat pengembang bereaksi dengan butiran yang terekspose. Zat kimia lainnya dalam developer adalah reducer yang terbuat dari metol atau hydroquinone. Fungsinya adalah untuk mereduksi butiran perak bromida yang terekspose menjadi logam perak berwarna hitam.

Seluruh bagian *film* tidak berubah menjadi hitam karena reducer dapat membedakan antara butiran yang terekspose dengan yang tidak terekspose. Namun demikian, jika *film* dibiarkan terendam dalam larutan developer terlalu lama, reducer akan bereaksi dengan butiran yang tak terekspose dan terjadi pengkabutan. Waktu dan suhu adalah faktor – faktor penting di dalam proses development.

Pada proses development biasanya digunakan suhu 20°C dengan waktu celup antara 5 sampai 8 menit. Namun demikian hal tersebut harus selalu diverifikasi

dengan prosedur atau spesifikasi yang digunakan. Jika suhu larutan dinaikkan, kecepatan penembusan larutan basa juga akan bertambah besar. Oleh karena itu, sebuah *film* yang didevelopkan pada suhu 20°C selama 6 menit akan lebih gelap daripada sebuah *film* yang didevelopkan pada suhu 15.5°C dengan waktu yang sama.

Densitas (tingkat kegelapan) ditentukan oleh jumlah butiran perak bromida yang direduksi oleh developer. Larutan developer dapat rusak, habisnya zat kimia pada developer adalah sebanding dengan jumlah dan densitas *film* yang didevelopkan.

2.24.2 *Stop bath*

Apabila sebuah *film* dikeluarkan dari dalam larutan developer maka sejumlah kecil larutan basa akan tertinggal pada *film* tersebut. Zat kimia yang digunakan dalam stop bath biasanya adalah asam asetat glacial. Stop bath memiliki dua fungsi yaitu:

1. Menghentikan aksi developing dengan cara menetralkan zat basa developer (basa dan asam saling menetralkan).
2. Menetralkan zat basa developer sebelum *film* dimasukkan ke dalam cairan fixer sehingga memperpanjang usia fixer.

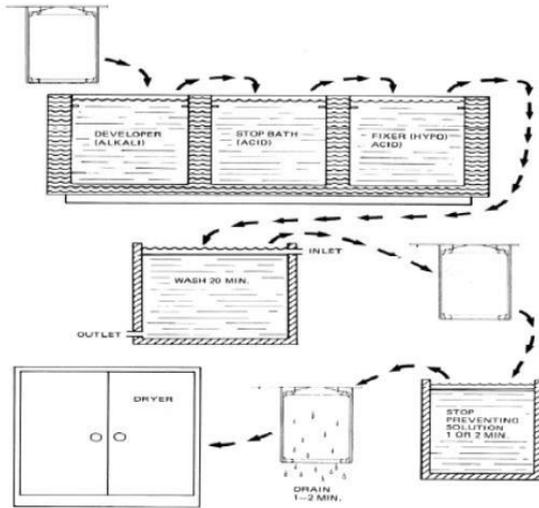
2.24.3 *Fixer*

Fixer secara permanen mengefixkan citra pada *film*. Di dalam developer, butiran perak bromida direduksi menjadi logam perak. Namun demikian, butiran perak bromida yang tertinggal di dalam emulsi dan nampak berwarna kuning susu pada *film*. Fixer

menghilangkan semua butiran perak yang tidak terekspos dari dalam *film*. Di dalam proses fixing terdapat dua tahap yang terpisah.

1. Waktu pembersihan, ini menghilangkan semua butiran perak yang terekspos dan kabut pada *film* berangsur angsur hilang.
2. Namun demikian waktu total *film* di dalam fixer sebaiknya dua kali waktu yang diperlukan untuk membersihkan *film*.
3. Pengerasan, fixer juga mengeraskan emulsi gelatin yang membantu mencegah timbulnya goresan selama penanganan.

Setelah pemrosesan dengan zat kimia, *film* dicuci dan dikeringkan. *Film* tersebut kadang kala Bekas kerutan dari tangan yang lembab atau terkontaminasi dengan cairan kimia pada *film* radiografi harus dihindari dengan cara memegang tepi pada kedua sisi menggunakan tangan. Selalu sediakan kain lap untuk mengeringkan tangan. Untuk mencegah masalah tersebut, dapat juga digunakan amplop sampaj *film* dikeluarkan untuk diproses lebih lanjut. Hal yang penting untuk diperhatikan adalah menghindari gesekan akibat tarikan saat mengeluarkan *film* dari dalam karton, box, *film* holder maupun kaset yang dapat menimbulkan bekas melingkar atau yang menyerupai pohon berwarna hitam pada *film* setelah diproses dicelupkan dalam suatu larutan untuk mencegah timbulnya bintik-bintik air. Larutan ini membuat air mudah membasahi *film* dan menghasilkan pengeringan merata. Untuk detainya dapat dilihat pada Gambar 2.28 dibawah ini.



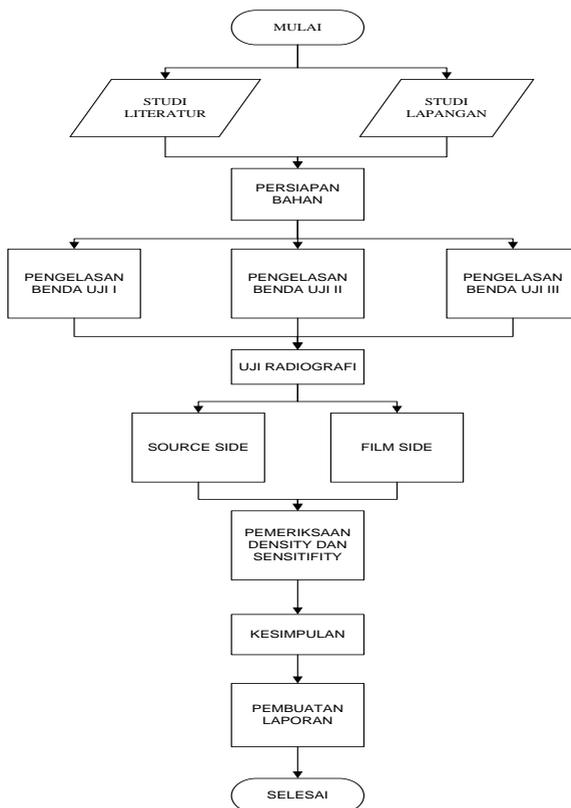
Sumber: Asme Section IX/Film Processing

Gambar 2.28 Skema diagram pemrosesan *film* radiografi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir ini sesuai dengan flow chart, bisa dilihat pada gambar 3.1 diagram di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alur

3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 yaitu pada bulan Agustus sampai dengan Desember 2017.

3.3 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Metalurgi Departemen Teknik Mesin Industri ITS Fakultas Vokasi dan Lab pengujian NDT ANDTECH sebagai tempat pengambilan data dan analisis.

3.4 Langkah Kerja

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur tentang dasar pengelasan serta dilanjutkan pada hasil *densitas* dan *sensitivitas*

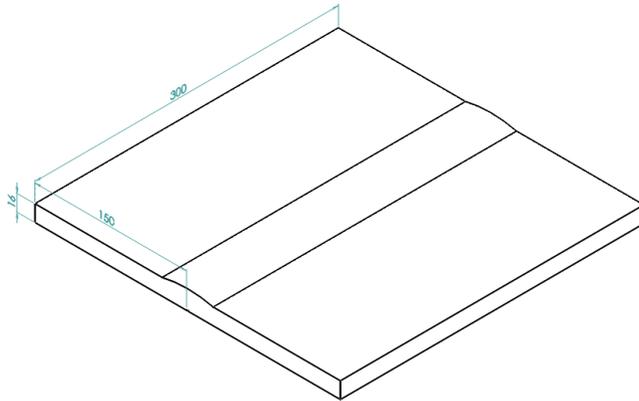
3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur meliputi pengumpulan sumber-sumber referensi dan data yang dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan spesimen, pelaksanaan proses pengelasan, pengujian, dan penyelesaian laporan tugas akhir dan spesimen. Laporan penelitian, beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek yang akan dibahas serta sumber-sumber lainnya.

3.4.2 Persiapan Alat dan Spesimen

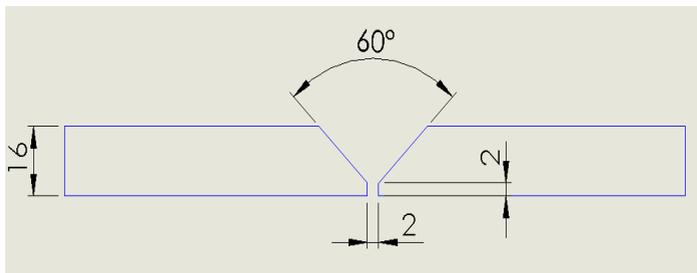
Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan material dan peralatan-peralatan yang mendukung untuk terlaksananya proses penelitian, mulai dari persiapan sebelum pengelasan, pelaksanaan pengelasan dan pengujiannya. material dan peralatan yang perlu dipersiapkan antara lain:

3.4.2.1 Material



Source: Desainsolidwork

Gambar 3.2 Dimensi material SA36-15



Source: Desainsolidwork

Gambar 3.3 Vgroove persiapan pengelasan

Tabel 3.1 Logam Induk dan pengisi *pelat I*

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ASME SA36-15
Tebal	16 mm
Panjang	300 mm
Lebar	150 mm
Type elektroda	E7018
Filler metal diameter	3.2 mm

Tabel 3.2 Parameter Pengelasan *pelat I*

Proses	SMAW
Layer number/pass	5
Travel speed	2-3 mm/s
Amperage	110-120
Voltage	20-24 volt
Electrode diameter	3.2 mm
Posisi pengelasan	3G
Vgroove	60°

Tabel 3.3 Logam Induk dan pengisi *pelat II*

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ASME SA36-15
Tebal	16 mm
Panjang	300 mm
Lebar	150 mm
Type elektroda	E7018
Filler metal diameter	3.2 mm

Tabel 3.4 Parameter Pengelasan *pelat II*

Proses	SMAW
Layer number/pass	5
Travel speed	2-3 mm/s
Ampere	80-100 ampere
Voltage	20-24 volt
Electrode diameter	3.2 mm
Posisi pengelasan	3G
Vgroove	60°

Tabel 3.5 Logam Induk dan pengisi *pelat III*

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ASME SA36-15
Tebal	16 mm
Panjang	300 mm
Lebar	150 mm
Type elektroda	E7018
Filler metal diameter	3.2 mm

Tabel 3.6 Parameter Pengelasan pelat III

Proses	SMAW
Layer number/pass	5
Travel speed	2-3 mm/s
Ampere	90-110 ampere
Voltage	20-24 volt
Electrode diameter	3.2 mm
Posisi pengelasan	3G
Vgroove	60°

3.4.2.2 Gerinda tangan

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Awalnya mesin gerinda

hanya ditujukan untuk benda kerja berupa logam yang keras seperti besi dan stainless steel. Menggerinda dapat bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, atau dapat juga bertujuan untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain. Gerinda tangan dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.

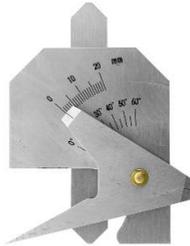


Source: [google/trickjardineria.com](https://www.google.com/search?q=trickjardineria.com)

Gambar 3.4 Gerinda tangan

3.4.2.3 *Welding gauge*

Welding gauge merupakan suatu alat ukur yang digunakan untuk mempermudah pengukuran suatu hasil dari pengelasan. Tidak hanya itu untuk mengukur hasil lasan saja akan tetapi juga untuk inspeksi pengukuran cacat dalam hasil lasan, alat ukur ini sejatinya banyak bentuknya sesuai diklasifikasikan *american welding society* (AWS).



Source:google/diesella.se

Gambar 3.5 *Welding gauge*

3.4.2.4 Mesin radiografi *gamma-ray*

Radiografi digunakan untuk memeriksa cacat logam bagian dalam pada semua jenis bahan. Radiografi menggunakan *x-ray* yang dihasilkan dari *elektron* sedangkan sinar *gamma-ray* dihasilkan dari sumber radioaktif yang didapat dari *radiosotop* suatu unsur yang memancarkan suatu sinar untuk menuju proses kestabilan. Kamera radiografi dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Source:data pengujian

Gambar 3.6 Mesin radiografi *gamma-ray*

3.4.2.5 Lead marker

Lead marker digunakan untuk memberi tanda pada benda uji yang akan di tembak, yang berfungsi memberi tanda atau kode yang sama antara benda uji dan *film*. Tanda akan muncul pada saat *film* sudah dicuci, pemberian tanda ini supaya mudah untuk diidentifikasi. Lead marker dapat dilihat pada Gambar 3.7



Source: data pengujian

Gambar 3.7 Lead Marker

3.4.2.6 Penetrameter

Berfungsi untuk mengetahui hasil dari proses radografi apakah memenuhi standart yang ada dengan parameter jumlah kawat yang terlihat pada film sesuai dengan hasil perhitungan.



Source: data pengujian

Gambar 3.8 Penetrameter

3.4.2.7 Penggaris

Digunakan untuk menentukan jarak *Source Film Distance* (SFD) suatu penembakan radiografi yang akan digunakan, agar penempatan sumber tepat pada jarak yang sudah ditentukan dalam penelitian. Penggaris dapat dilihat Gambar 3.9



Source: google/penggaris

Gambar 3.9 Penggaris

3.4.2.8 Produk las



Source: pengujian

Gambar 3.10 hasil pengelasan

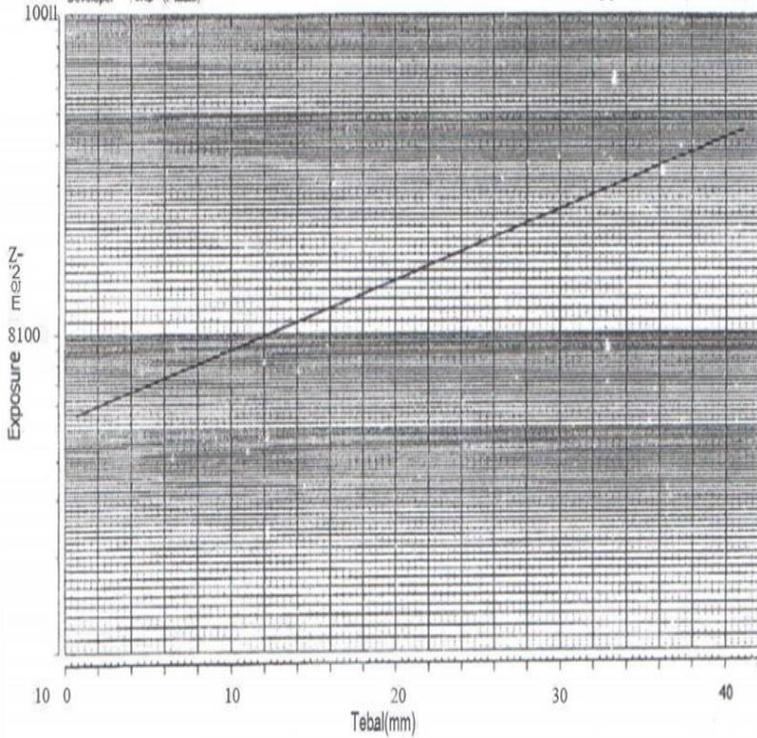
3.5 Exposure Chart

Dalam penelitian ini digunakan sumber yaitu Ir 192. Untuk *exposure time* yang digunakan mengacu pada kurva penyinaran *exposure chart iridium-192*. Dengan *SFD 400 mm*. Untuk lebih jelasnya kurva penyinaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.11. Untuk garis absis merupakan ketebalan material yang akan ditembak sedangkan garis kordinat merupakan aktifitas sumber dalam satuan (Ci menit). Kurva penyinaran diatas memiliki parameter yang cukup banyak agar dapat menghasilkan nilai densitas pada film. Mulai dari jenis film yang digunakan, intensifying screen, source film distance.

Symbol: Ir-192
Material: Fe
SFD: 110 mm
Film: AGFA07
Orientation: 2
Screen: Lead 0, US rms
Developer: 200C (5 min)

EXPOSURE CHART IR-192

Log y: 1,72153. (0,022115 XI)

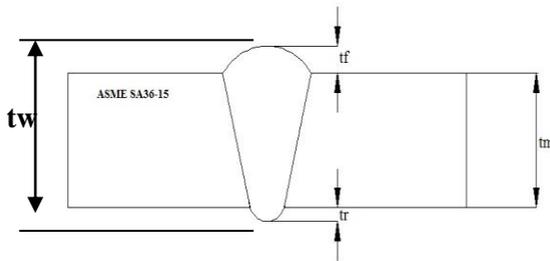


Source: ASME Exposure chart

Gambar 3.11 Exposure chart Ir-192

3.5.1 Pengukuran tebal material

Prosedur percobaan yang pertama kali dilakukan adalah melakukan pengukuran pada material uji, yaitu pengukuran t_f , t_m dan t_r , yang kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari t_w . Pengukuran tebal material dapat dilihat lebih rinci pada Gambar 3.12 berikut.



Source: desain solid work

Gambar 3.12 Pengukuran *reinforcement*

3.5.2 Menentukan tebal material

Menentukan suatu ketebalan material sewaktu dilakukannya pengujian radiografi sangatlah penting karena bila melakukan kesalahan penentuan ketebalan maka akan terjadi ketidaksesuaian *standart*, maka dari itu pentingnya ketepatan dalam menentukan ketebalan sesuai persyaratan *standart* yang mengatur tentang pengujian tersebut yaitu dengan menggunakan suatu rumus ketentuan yang digunakan pada acuan *standart* yang dilihat pada Table 3.7 berikut ini.

Table 3.7 Rumus perhitungan tebal keseluruhan

Determine	Plate	Pipe < OD 3,5"	Pipe > OD 3,5"
Unsharpness	$tw = tm+tf+tr$	$tw = OD+2tf$	$tw = tm+tf+tr$
Image quality	$tw = tm+tf+tr$	$tw = tm+tf+tr$	$tw = tm+tf+tr$
Exposure time	$tw = tm+tf+tr$	$tw = 2(tm+tf+tr)$	$tw = 2(tm+tf+tr)$

Source:ASME rumus perhitungan tebal spesimen

Formula dari Table 3.7 didapatkan dari standart acuan penelitian ini dengan code ASME Sec.V.

Dimana:

- tw : Tebal keseluruhan (mm)
- tm : Tebal material (mm)
- tf : Tebal *face* (mm)
- tr : Tebal *root* (mm)
- OD : *Outside diameter* (mm)

Perhitungan ketebalan material ASME SA36-15 dapat ditentukan dengan berbagai kebutuhan perhitungan untuk

menentukan *Unsharpness geometric*, *Image quality indicator*, dan *Exposure time* sebagai berikut.

$$tw = tm+tf+tr$$

$$tw = 19 \text{ mm}$$

3.6 Source Film Distance

Dalam menentukan jarak penembakan atau bias disebut dengan *source film distance* yang ditentukan pada penelitian yaitu 400 mm

3.7 Menentukan Teknik Penyinaran

Dalam melakukan penelitian ini digunakan teknik penyinaran *single wall single viewing* yang sudah diatur pada *standart ASME Sec.V*.

3.8 Sumber Radiasi

Dalam melakukan penelitian ini digunakan *radiosotop Ir-192* dengan aktivitas *curie*. Dengan penentuan faktor *exposure time* yang dapat dilihat pada gambar grafik atau bisa juga ditentukan oleh suatu persamaan logaritma berikut dimana x adalah ketebalan material.

$$\text{Log E} = 1,72153 + 0,022115 (x)$$

$$\text{Log E} = 1,72153 + 0,022115(19)$$

$$\text{Log E} = 2,14$$

$$E = 138,5 \text{ Curie Menit}$$

3.9 Penentuan Film

Dalam melakukan penelitian ini digunakan *film* panjang dengan spesifikasi AGFA *structurix D7* yang dapat dilihat pada

Gambar 3.13 menggunakan.

Screen depan : 0,125 mm Pb

Screen belakang : 0,125 mm Pb



Source: google/gambarscreenholder

Gambar 3.13 Screen beserta holder film

3.10 Penentuan *Source Film Distance Minimal*

Penentuan *SFD* minimal ini digunakan untuk memastikan bahwa penggunaan *contact technique* masih diijinkan dalam penelitian ini dengan formula, untuk ketentuan *SFD Source side* dan *Film side* dalam pengujian ini di samakan jaraknya.

$$\begin{aligned} SFD &= \left(\frac{Fxt}{Ug_{max}} \right) + t \\ &= \left(\frac{3,72 \times 16}{0,51} \right) + 16 \\ &= 132,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimana:

F = focal spot

t = ketebalan benda uji

Ug max = maksimal *Usharpness geometri*

3.11 Penentuan *Exposure Time*

Kita dapat menentukan suatu nilai *exposure time* setelah kita menentukan suatu *source film distance* yang sudah diatur dalam penelitian ini, dengan cara menggunakan suatu rumus yang akan digunakan untuk mencari nilai suatu *exposure time* dalam penelitian ini agar mendapatkan hasil yang memenuhi syarat keberterimaan berikut rumus tersebut.

$$ET = \left(\frac{\text{SFD Aktual}}{\text{SFD Kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

Dimana

ET : *Exposure time* (menit)

E : Faktor *exposure time* (Ci menit)

A : Aktifitas sumber (Ci)

Selain rumus diatas, ada juga rumus yang digunakan oleh beberapa lembaga untuk menentukan lama penyinaran. Dapat dikatakan sebagai rumus lapangan, hal ini dikarenakan efisiensi waktu pekerjaan. Setiap lembaga memiliki cara tersendiri dalam

menentukannya. Hasil yang ada terpaut sedikit dengan rumus perhitungan di atas

Setelah mendapatkan data-data mulai dari *source film distance* yang kita tentukan dan faktor *exposure* barulah kita dapat menentukan lama *exposure time* tersebut masing-masing SFD yang ditentukan dengan rumus berikut:

1. SWSV SFD 400 mm

$$ET = \left(\frac{SFD \text{ Aktual}}{SFD \text{ Kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

$$ET = \left(\frac{400}{610} \right)^2 \times \frac{138,5}{40}$$

$$ET = 1,48 \text{ menit}$$

3.12 Perhitungan *Unsharpness Geometric*

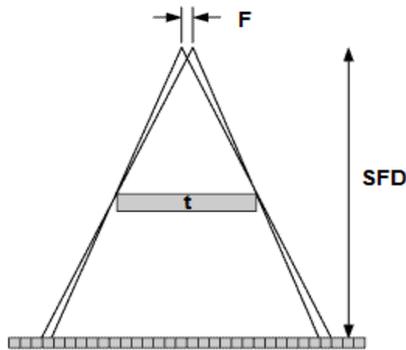
Dilakukan perhitungan *Unsharpness Geometric* ini diperlukan untuk memastikan *source film distance* dalam penelitian ini masih masuk dalam *Unsharpness Geometric* batas maksimum yang ditentukan oleh ASME Sec.V 2015.

1. SWSV (*contact*) 400 mm

$$Ug = \frac{F \times t}{SFD - t}$$

$$Ug = \frac{3,72 \times 19}{400 - 19}$$

$$Ug = 0,1855 \text{ mm}$$



Source: *desain solidwork*

Gambar 3.14 Penjelasan rumus Ug

3.13 Metode Pengambilan Data Nilai Densitas

Dalam pengambilan data nilai densitas dilakukan dengan mengambil data di weld metal dan base metal. Pengambilan data dilakukan secara merata yaitu satu film terdapat 15 titik (5 titik weld metal, 5 titik base metal, 5 titik defect).

3.14 Pemrosesan film

3.14.1 Pencucian *film*

Pencucian *film* digunakan untuk mencuci atau pemrosesan *film* setelah proses radiografi dengan *gama-ray* agar menjadi hasil *film* yang permanen. Dalam proses tersebut terdiri atas tempat penampung cairan *developer*, cairan *fixer*, *stop bath* dan air. *Drying box* dan *red light* juga ikut melengkapi proses pencucian tersebut.

Cairan dalam satu proses *developer* dan *fixer* memiliki merek yang sama dengan *film* yang digunakan yaitu AGFA D7 karena setiap *film* dan cairan tertentu memiliki karakter tersendiri sehingga perlu ada perhatian khusus. *Red light* digunakan pada ruangan gelap karena cahaya merah memiliki panjang gelombang terbesar dan frekuensinya yang terpendek diantara cahaya lain. Oleh karena itu, *red light* tersebut tidak akan merusak *film* yang belum diproses.

3.14.2 Viewer

Viewer ini adalah suatu peralatan yang dirancang untuk membantu dan mempermudah dalam membaca ataupun menginterpretasi *film* radiografi. Dalam *viewer* ini pencahayaan dapat diatur untuk menginterpretasi cacat pada *film* radiografi tersebut. Alat *viewer* dapat dilihat pada Gambar 3.15 dibawah berikut.



Source:datapengujian

Gambar 3.15 *Viewer film radiografi*

3.14.3 Densitometer

Densitometer adalah sebuah peralatan ilmiah yang dirancang untuk mengukur tingkat kehitaman suatu *film* radiografi dengan *output* menunjukkan suatu angka tingkat kehitaman atau densitas suatu hasil film yang sudah mengalami pencucian. Densitometer dapat dilihat pada Gambar 3.16 dibawah berikut.



Source:datapengujian

Gambar 3.16 Densitometer

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di jelaskan bagaimana perbedaan pengaruh variasi Source side dan Film side dengan SFD 400 mm dan Exposure time 120 detik pada hasil sambungan las baja SA36-15 yang di lakukan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).

4.1 Parameter Pengelasan

Tabel 4.1 Logam Induk dan pengisi *pelat I*

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ASME SA36-15
Tebal	16 mm
Panjang	300 mm
Lebar	150 mm
Type elektroda	E7018
Filler metal diameter	3.2 mm

Tabel 4.2 Parameter Pengelasan *pelat I*

Proses	SMAW
Layer number/pass	5
Travel speed	2.286 mm/s
Amperage	115 ampere
Voltage	22 volt
Electrode diameter	3.2 mm
Posisi pengelasan	3G
Vgroove	60°
Heat input	1.1067 Kj/min

Tabel 4.3 Logam Induk dan pengisi *pelat II*

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ASME SA36-15
Tebal	16 mm
Panjang	300 mm
Lebar	150 mm
Type elektroda	E7018
Filler metal diameter	3.2 mm

Tabel 4.4 Parameter pengelasan *Pelat II*

Proses	SMAW
Layer number/pass	5
Travel speed	2.286 mm/s
Amperage	90 ampere
Voltage	22 volt
Electrode diameter	3.2 mm
Posisi pengelasan	3G
Vgroove	60°
Heat input	0.8661 KJ/min

Tabel 4.5 Logam induk dan pengisi *Pelat III*

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	ASME SA36-15
Tebal	16 mm
Panjang	300 mm
Lebar	150 mm
Type elektroda	E7018
Filler metal diameter	3.2 mm

Tabel 4.6 Parameter Pengelasan *pelat III*

Proses	SMAW
Layer number/pass	5
Travel speed	2.286 mm/s
Ampere	100 ampere
Voltage	22 volt
Electrode diameter	3.2 mm
Posisi pengelasan	3G
Vgroove	60°
Heat input	0.9623 Kj/min

4.2 Proses Radiografi Pelat I

4.2.1 Pengujian *image quality indicator (IQI)* Source side

Pengujian di lakukan dengan metode source side , menggunakan parameter sebagai berikut *source film distance* 400mm, *exposure time* 120 detik, *source side* penetrometer set IB .

4.2.2 Pengujian *image quality indicator (IQI)* Film side

Parameter yang digunakan antara lain menggunakan *source film distance* 400mm, *exposure time* 120 detik, *film side* penetrometer set 1B, SWSI.

4.3 Proses Radiografi Pelat II

4.3.1 Pengujian *image quality indicator (IQI)* Source side

Pengujian di lakukan dengan metode source side , menggunakan parameter sebagai berikut *source film distance* 400mm, *exposure time* 120 detik, *source side* penetrometer IB .

4.3.2 Pengujian *image quality indicator (IQI)* Film side

Parameter yang digunakan antara lain menggunakan *source film distance* 400mm, *exposure time* 120 detik, *film side* penetrometer set 1B, SWSI.

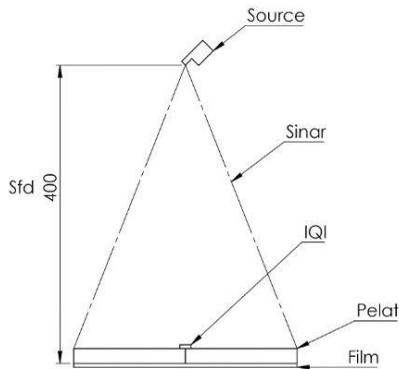
4.4 Proses Radiografi Pelat III

4.4.1 Pengujian *image quality indicator (IQI)* Source side

Pengujian di lakukan dengan metode source side , menggunakan parameter sebagai berikut *source film distance* 400mm, *exposure time* 120 detik, *source side* penetrometer IB.

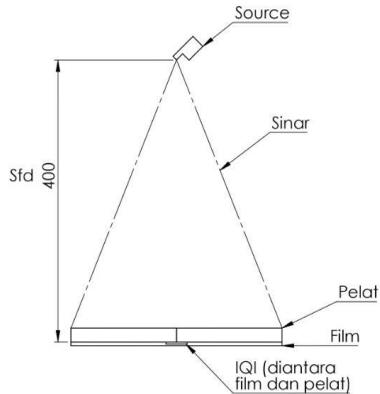
4.4.2 Pengujian *image quality indicator (IQI)* Film side

Parameter yang digunakan antara lain menggunakan *source film distance* 400mm, *exposure time* 120 detik, *film side* penetrometer set 1B, SWSI



Source: *desainsolidwork*

Gambar 4.1 Penembakan *Source side*



Source:desainsolidwork

Gambar 4.2 Penembakan *Film side*

4.5 Pencucian film radiografi

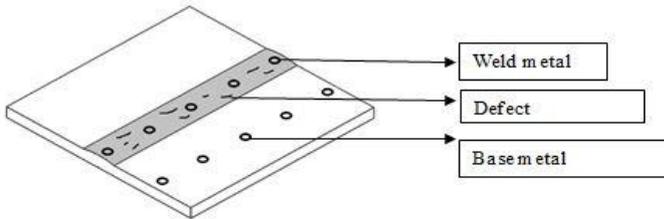
Dalam pencucian *film* ini dilakukan dengan cara bersamaan jadi jelas akan mendapatkan proses treatment yang satu wadah dan satu waktu dalam pencucian *film* untuk menghindari perbedaan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi suatu hasil *film* radiografi.

Tabel 4.7 lama waktu pemrosesan film

CONDITION	DEVELOPER	STOPBATH	FIXER	WASHING
Normal	3 Menit	3 Menit	5 Menit	3 menit

4.6 Hasil Densitas

Dalam pengujian radiografi ini cara pengambilan data densitas di peroleh dengan membaca film menggunakan viewer setelah itu densitometer di posisikan pada titik film yang telah di tentukan. Berikut gambar titik lokasi pada film:



Source: *desainsolidwork*

Gambar 4.3 titik pengambilan data densitas

Table 4.8 Hasil Densitas *Source side Pelat I*

Titik	Base metal	Weld metal	Defect
1	2.92	2.70	2.85
2	3.13	2.80	2.91
3	3.14	2.82	3.02
4	3.09	2.74	2.86
5	2.09	2.50	2.72
Rata-rata	3.198	2.712	2.872

Table 4.9 Hasil Densitas *Film side* Pelat I

Titik	Base metal	Weld metal	Defect
1	2.66	2.25	2.42
2	2.73	2.43	2.46
3	2.70	2.46	2.55
4	2.59	2.36	2.47
5	2.37	2.32	2.40
Rata-rata	2.6	2.364	2.45

Table 4.10 Hasil Densitas *Source side* Pelat II

Titik	Base metal	Weld metal	Defect
1	2.85	2.64	2.10
2	2.95	2.66	2.93
3	3.10	2.96	2.94
4	3.05	2.80	2.85
5	2.09	2.46	2.95
Rata-rata	3.06	2.704	2.754

Table 4.11 Hasil Densitas *Film side* Pelat II

Titik	Base metal	Weld metal	Defect
1	2.57	2.20	2.35
2	2.66	2.23	2.53
3	2.67	2.46	2.56
4	2.70	2.44	2.43
5	2.55	2.36	2.26
Rata-rata	2.63	2.338	2.426

Table 4.12 Hasil Densitas *Source side* Pelat III

Titik	Base metal	Weld metal	Defect
1	2.85	2.70	2.66
2	3.06	2.77	2.85
3	3.07	2.82	2.91
4	3.03	2.76	2.95
5	2.66	2.55	2.60
Rata-rata	3.222	2.72	2.794

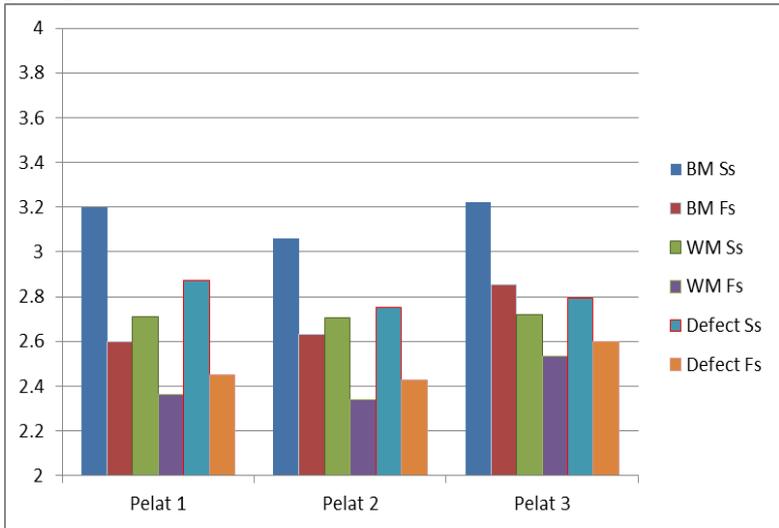
Table 4.13 Hasil Densitas *Film side* Pelat III

Titik	Base metal	Weld metal	Defect
1	2.75	2.62	2.53
2	2.95	2.56	2.56
3	2.93	2.63	2.65
4	2.90	2.45	2.71
5	2.73	2.41	2.54
Rata-rata	2.852	2.534	2.598

Tabel 4.14 Rata-rata Densitas

Titik	Source Side			Film Side		
	Pelat I	Pelat II	Pelat III	Pelat I	Pelat II	Pelat III
BM	3.198	3.06	3.222	2.6	2.63	2.852
WM	2.712	2.704	2.72	2.364	2.338	2.534
Defect	2.872	2.754	2.794	2.45	2.426	2.598

Dari data densitas yang di peroleh dapat di buat grafik balok seperti pada gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4 Bagan Hasil Densitas

Dari data rata-rata densitas dapat dibuat prosentase perbandingan selisih antara nilai source side terhadap film side :

Tabel 4.15 nilai prosentase perbandingan densitas

Source side		Film side		Rumus Perhitungan	hasil
Titik	nilai	Titik	nilai		
Bm I	3,19 8	Bm I	2,6	$\frac{3,198 - 2,6}{3,198} \times 100\%$	18,69%

Bm II	3,06	Bm II	2,63	$\frac{3,06 - 2,63}{3,06} \times 100\%$	14,05%
Bm III	3,22 2	Bm III	2,852	$\frac{3,222 - 2,852}{3,222} \times 100\%$	11,48%
Wm I	2,71 2	Wm I	2,364	$\frac{2,712 - 2,364}{2,712} \times 100\%$	12,83%
Wm II	2,70 4	Wm II	2,338	$\frac{2,704 - 2,338}{2,704} \times 100\%$	13,53%
Wm III	2,72	Wm III	2,534	$\frac{2,72 - 2,534}{2,72} \times 100\%$	6,83%
Defect I	2,87 2	Defect I	2,45	$\frac{2,872 - 2,45}{2,872} \times 100\%$	14,69%
Defect II	2,75 4	Defect II	2,426	$\frac{2,754 - 2,426}{2,754} \times 100\%$	11,90%
Defect III	2,79 4	Defect III	2,598	$\frac{2,794 - 2,598}{2,794} \times 100\%$	7,01%

Tabel 4.16 nilai prosentase perbandingan Base metal

BM	Source Side	Film Side	Selisih Presentase
Pelat I	3,198	2,6	18,69 %
Pelat II	3,06	2,63	14,05 %
Pelat III	3,222	2,852	11,45 %
RATA RATA	3,159	2,694	14,71 %

Tabel 4.17 nilai prosentase perbandingan Weld metal

WM	Source Side	Film Side	Selisih Presentase
Pelat I	2,712	2,364	12,83 %
Pelat II	2,704	2,338	13,53 %
Pelat III	2,72	2,534	6,83 %
RATA RATA	2,712	2,412	11,06 %

Tabel 4.18 nilai prosentase perbandingan Defect

DEFECT	Source Side	Film Side	Selisih Presentase
Pelat I	2,872	2,45	14,69 %
Pelat II	2,754	2,426	11,90 %
Pelat III	2,794	2,598	7,01 %
RATA RATA	2,806	2,491	11,22 %

Dari data hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai densitas *source side* dan *film side* berada di angka skala 2-4 akan tetapi nilai densitas *source side* lebih besar, hal tersebut di karenakan pada pengujian ini sinar gamma yang diterima tidak terhalang oleh IQI jadi sinar yang diterima dari material langsung terserap ke film oleh karena itu nilai densitas *source side* lebih besar dibandingkan dengan *film side*. Berdasarkan tabel 4.16, 4.17, 4.18 di peroleh nilai prosentase perbandingan base metal 14,71% . untuk weld metal di dapat nilai prosentase perbandingan 11,06 % dan untuk nilai prosentase perbandingan defect diperoleh angka 11,22%. Hal tersebut berpengaruh pada tingkat kehitaman film yang dihasilkan dari metode *source side* lebih gelap dari pada *film side*. Oleh karena itu metode *source side* lebih baik dalam pembacaan film, karena tingkat kegelapan film yang tinggi dapat mempermudah untuk *interpretasi* film hasil pengujian radiografi.

4.7 Hasil Sensitivitas

Table 4.19 Hasil sensitivitas pada kondisi normal

Variabel		ET (S)	Evaluasi sensitivitas	Result Film	
				ACC	Reiect
Pelat I	Ss	120	8 Wire	✓	
	Fs	120	7 Wire	✓	
Pelat II	Ss	120	8 Wire	✓	
	Fs	120	7 Wire	✓	
Pelat III	Ss	120	8 Wire	✓	
	Fs	120	7 Wire	✓	

Dalam pengujian radiografi ini didapatkan hasil sensitivitas dengan melihat *wire identity* atau kabel terkecil yang muncul dari *film* radiografi, ditunjukkan pada Table 4.19. Angka pada kolom sensitivitas menunjukkan nomer kawat yang muncul dan terlihat jelas dalam *film*. Tujuan dari sensitivitas adalah sebagai indicator yaitu diharapkan cacat las sekecil diameter wire IQI yang terlihat dapat juga terlihat. Report hasil pengujian menunjukkan *Wire Identity 7* untuk hasil *Film Side* dan *Wire Identity 8* untuk hasil *Source Side*. Untuk dimensi diameter kawat no. 7 adalah 0.33 mm sementara kawat no.8 memiliki diameter 0.41 mm. Oleh karena itu metode *film side* lebih baik untuk melihat cacat las. Karena cacat las hingga diameter 0.33 mm dapat terlihat sedangkan metode *source side* hanya dapat melihat cacat las hingga diameter 0.41 mm. jadi pada pengujian radiografi untuk parameter sensitivitas metode *film side* lebih baik di bandingkan *source side*.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan “Studi eksperimen metode *source side* dan *film side* pada pengujian radiografi hasil dari pengelasan metode smaw dengan material SA36-15” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jika ingin mendapat hasil densitas yang lebih baik dapat menggunakan metode *source side*. didapatkan nilai selisih perbandingan 14,71% yang lebih besar di banding nilai densitas film side. nilai tersebut berpengaruh pada tingkat densitas yang tinggi atau lebih gelap, sehingga dapat memudahkan interpretasi film.
2. Jika ingin mendapat hasil sensitivitas yang lebih baik atau dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi, dapat menggunakan film side, seperti pada tabel 4.16 kawat film side dapat terlihat hingga pada kawat no.7 dengan diameter 0,33 mm sedangkan source side hanya sampai pada kawat no.8 yang berdiameter 0,41mm. Hal tersebut berpengaruh karena semakin kecil kawat yang terlihat maka tingkat ketelitian juga semakin bagus untuk melihat defect.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan dari penelitian ini saya dapat menyarankan agar penelitian ini dapat berkembang lebih jauh dan lebih memiliki tingkatan yang lebih baik, yaitu:

1. Dapat merubah berbagai jenis specimen seperti pipa untuk penelitian selanjutnya yang bertujuan dimana untuk pengembangan ilmu radiografi.

2. Dapat memvariasi ketebalan spesimen untuk dapat membandingkan tingkat ketelitian penelitian ini.
3. Dapat memvariasi *SFD* dan *exposure time* untuk mengetahui efek *sourceSide* dan *filmSide* yang lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

1. Winarto, 2003. "Welding and Joining Technologies" the japan welding engineering society
2. Wiryosumarto, H. dan Okamura, T, 2000, Teknologi Pengelasan Logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarat.
3. Anonim. 2014. "**Elektroda (filler atau bahan isi)**". <http://las-listrik.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 5 Mei 2016.
4. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2008. Teknik Radiografi level 1.
5. <http://www.batan.go.id/ensiklopedi/08/01/02/03/08-01-0203.html>

Lampiran 1

Table 2.3 Pemilihan *image quality indicatoz*

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	35	2T	11	30	2T	10
Over 2.00 through 2.50 (50.8 through 63.5)	40	2T	12	35	2T	11
Over 2.50 through 4.00 (63.5 through 101.6)	50	2T	13	40	2T	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	60	2T	14	50	2T	13
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	80	2T	16	60	2T	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	100	2T	17	80	2T	16
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	120	2T	18	100	2T	17
Over 12.00 through 16.00 (304.8 through 406.4)	160	2T	20	120	2T	18
Over 16.00 through 20.00 (406.4 through 508.0)	200	2T	21	160	2T	20

Lampiran 1I

Table 2.4 Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity

Set A			Set B		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.0032	(0.08)	1	0.010	(0.25)	6
0.004	(0.10)	2	0.013	(0.33)	7
0.005	(0.13)	3	0.016	(0.41)	8
0.0063	(0.16)	4	0.020	(0.51)	9
0.008	(0.20)	5	0.025	(0.64)	10
0.010	(0.25)	6	0.032	(0.81)	11
Set C			Set D		
Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity	Wire Diameter, in.	(mm)	Wire Identity
0.032	(0.81)	11	0.100	(2.54)	16
0.040	(1.02)	12	0.126	(3.20)	17
0.050	(1.27)	13	0.160	(4.06)	18
0.063	(1.60)	14	0.200	(5.08)	19
0.080	(2.03)	15	0.250	(6.35)	20
0.100	(2.54)	16	0.320	(8.13)	21

Lampiran III

Gambar tabel spesifikasi material

PT. GUNAWAN DIANJAYA STEEL Tbk.
Surabaya - Indonesia

Page : 1 of 1

GDS
CERTIFIED COMPANY
ISO 9001:2008
Cert. No. 22.0141

Head Office :
J. Margonojoyo No. 29 A
Tembak (Surabaya - Jawa Timur) Surabaya 60184
Phone : (02-31) 7490681
Fax : (02-31) 7490681
E-mail : quality@gunawansteel.com
http://www.gunawansteel.com

MILL TEST CERTIFICATE
ACC TO EN10204 - 2004 3.1

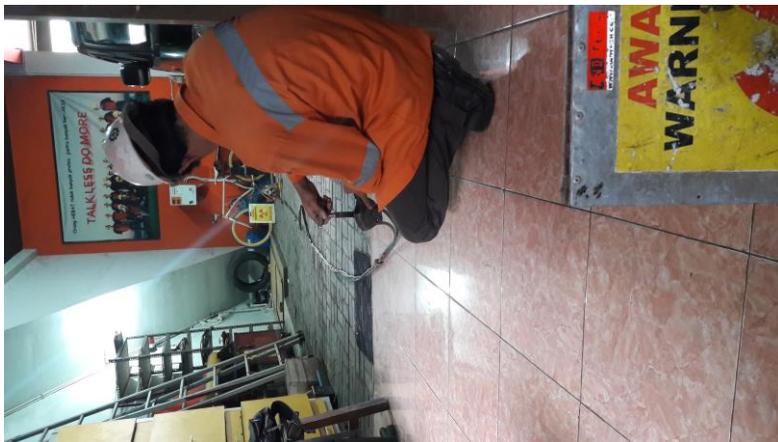
Customer : PT. SAPTA SUMBER LANCAR
Order No. : A. Berdik Industri I (2), Berdik View, Satejae, #1256
Material : HOT ROLLED STEEL PLATE PO NO : PO /1705/0021
Specification : ASME SA36 - 15
Tolerances : ASME SA36 - 15

Certificate No. : GDS-QC-2017-0412
Date : February 14, 2017
Dispatch Address No. : LDC-1702-00216

Heat Number	Plate Number	Quantity	Dimensions (mm)			Weight (MT)	Ladle Analysis (%)												Tensile Test			Impact Value						
			T	W	L		C	Si	Mn	P	S	As	Ca	Nb	Mo	V	Al	Ti	N	Test No.	Y.S	T.S	El. %	Charpy	Temp	AC		
			x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²		x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	x 10 ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	J	°C	AV				
P 14354	T 11-12	2	16	1024	6096	2.334	15	25	109	21	5	1	2	3	1	0	1	20	2	3	T4	302	496	29				
	T 21-22	2	-	-	-	2.334															M	368	488	26				
	T 31-33	3	-	-	-	3.501															P3	353	483	27				
P 14753	T 41-42	2	-	-	-	2.334	15	24	107	18	4	1	1	2	0	0	1	38	2	3	M	368	488	26				
	M 21-24	4	-	-	-	4.568															P3	353	483	27				
	G 44	1	-	-	-	1.167	15	23	107	16	4	1	1	2	1	0	1	29	2	3	M	368	488	26				
P 14781	I 21-22	2	-	-	-	2.334	14	24	107	14	4	1	1	3	1	0	1	28	2	4	L1	329	474	26				
	L 24	1	-	-	-	1.167	14	24	107	14	4	1	2	2	1	0	1	27	2	3								
	T 41-42	2	-	-	-	2.334	16	22	103	18	3	1	1	2	1	0	1	31	2	3	G3	351	488	27				
P 14781	S 11	1	-	-	-	1.167	14	24	107	14	4	1	2	2	1	0	1	27	2	3								
	S 21-22	2	-	-	-	2.334																						
	S 21-22	2	-	-	-	2.334	15	25	109	21	5	1	2	3	1	0	1	28	2	3	N4	295	470	30				
P 14354	T 51-52	2	25	1524	6096	3.646	15	25	109	20	5	1	2	3	1	10	1	30	3	3	F1	317	472	30				
	T 31-32	2	-	-	-	3.646	14	25	106	20	5	1	2	3	1	10	1	30	3	3	M4	302	467	31				
	I 21-22	2	-	-	-	3.646	15	26	112	20	4	1	1	2	0	0	1	36	1	3								
P 14753	R 22	1	-	-	-	1.823	15	24	107	18	4	1	1	2	0	0	1	38	2	3	J3	330	479	30				
	P 32	1	-	-	-	1.823	14	24	107	14	4	1	0	2	3	1	0	1	28	2	4	O2	303	483	26			
	O 32	1	-	-	-	1.823	17	20	91	9	3	0	2	3	1	0	1	28	0	1	O3	281	452	26				
P 14824	M 42	1	-	-	-	1.823	17	20	91	9	3	0	2	3	1	0	1	28	0	1	M4	344	478	27				
	T 31-32	2	30	1524	6096	4.376	15	24	104	13	4	1	2	3	1	0	1	37	2	3								
	Q 41-42	2	-	-	-	4.376	15	26	106	13	3	1	2	2	1	0	1	34	2	4	O2	330	479	26				

Lampiran IV

Proses penembakan sinar gamma x-ray



Gambar report film *Film side* pelat II

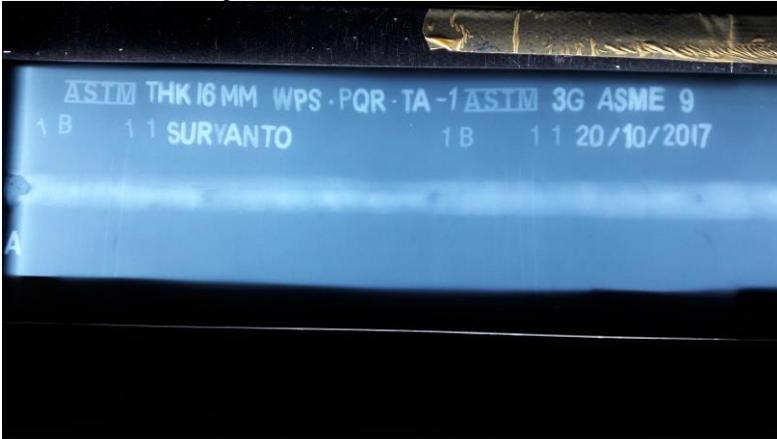


Gambar report film *Film side* pelat III

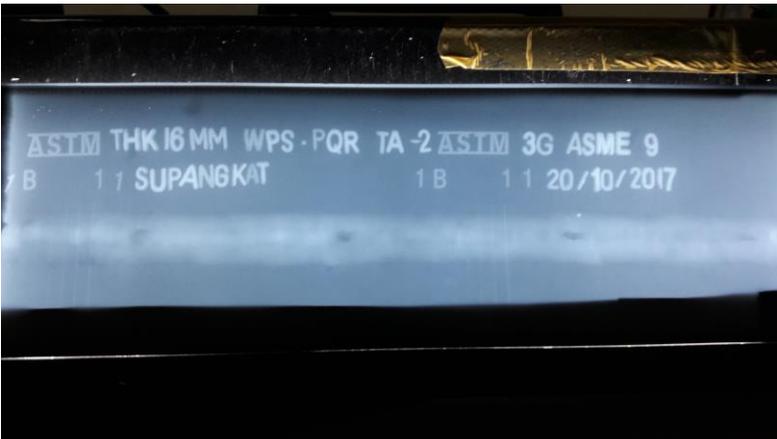


Lampiran VI

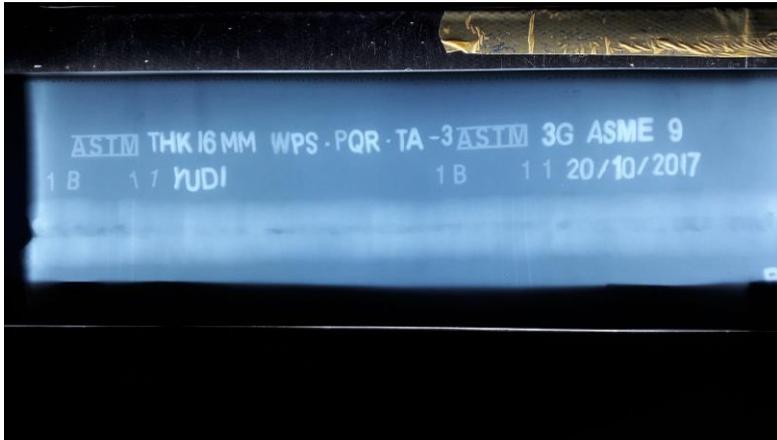
Hasil Film di lihat pada *viewer* Source side I



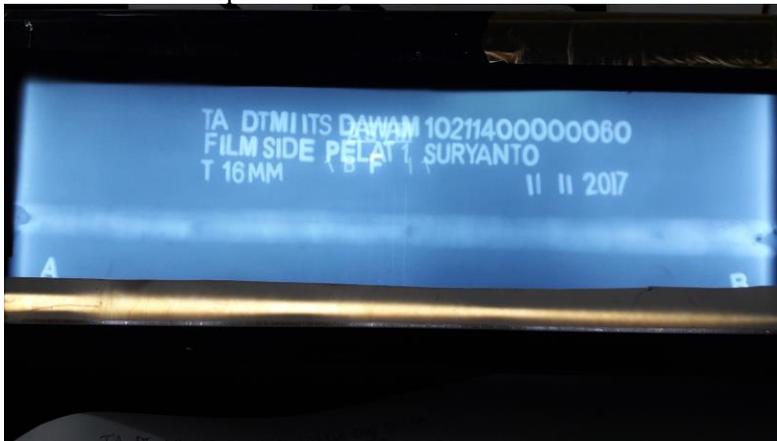
Hasil Film di lihat pada *viewer* Source side II



Hasil Film di lihat pada *viewer* Source side III




Hasil Film di lihat pada *viewer* Film side I



Hasil Film di lihat pada *viewer* Film side II



Hasil Film di lihat pada *viewer* Film side III



BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 22 September 1996 di Lamongan, Provinsi Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu pada tahun 2002-2008 bersekolah di SDN Jangkungsumo, kemudian pada tahun 2008-2011 melanjutkan ke SMP Negeri 1 Maduran dan pada tahun 2011-2014 melanjutkan ke SMA Negeri 1 Lamongan. Setelah itu pada tahun 2014 penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi Diploma, Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi-ITS dan mengambil bidang studi Manufaktur. Penulis pernah menjabat sebagai staff kominfo HMDM 2015-2016. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi lebih luas dan untuk informasi mengenai tugas akhir ini, pembaca dapat menghubungi penulis via E-mail : nazil0624@gmail.com