

ANALISIS CACAT PADA PLAT CARBON STEEL MENGGUNAKAN SOFTWARE ISEE UNTUK HASIL FILM IMAGING PLATE(IP)

¹Fitri Suryaningsih, ²Harun Al Rasyid

1) Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir - BATAN

Gedung 71 Kawasan PUSPIITEK Serpong, Tangerang Selatan 15310

2) Pusat Aplikasi Isotop Radiasi - BATAN Pasar Jumat

fitri_sn@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS CACAT PADA PLAT CARBON STEEL MENGGUNAKAN SOFTWARE ISEE UNTUK HASIL FILM IMAGING PLATE(IP). Radiografi merupakan salah satu metode uji tak merusak yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu diskontinuitas/cacat, seperti porosity dan crack, pada suatu lasan Dewasa ini, telah banyak digunakan teknik radiografi digital sebagai pengganti teknik radiografi konvensional. Salah satu contoh radiografi digital adalah computed radiography yang menggunakan imaging plate (IP) sebagai pengganti film radiografi untuk menangkap atau merekam citra benda uji. Data citra IP dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak ISee untuk mengidentifikasi keberadaan dan dimensi cacat dalam benda uji ataupun lasan. Dengan perangkat lunak ISee, nilai wire W15, hole H5 dan duplex D12 dapat diketahui, untuk dimasukkan ke dalam Klasifikasi Teknik Radiografi Kelas B (teknik yang ditingkatkan). Sementara itu, standar nilai yang diberikan pada tebal pelat 20 mm masuk ke dalam Klasifikasi Teknik Radiografi Kelas A (teknik dasar), penetrometer 10ISO16, kawat nomor (W) 11, IQI lubang nomor (H) 8, dan kawat duplex nomor (D)8. Hasil akhir yang diperoleh adalah ukuran cacat cluster C1 2,56×3,9 mm, ukuran cacat cluster C2 11,3×16,1 mm, ukuran crack C3 0,49×27,1 mm, dan ukuran porosity yang terbesar adalah 1,18 mm dan terkecil 0,89 mm.

Kata kunci: Radiografi Digital, Imaging Plate, cacat, porositas, retak

ABSTRACT

Radiography is one of the non-destructive test techniques used to detect the existence of discontinuity/defect, such as porosity and crack, in a welding result. Nowadays, many digital radiographic techniques have been used to replace conventional radiographic technique. One digital radiographic technique is computed radiography that uses an imaging plate (IP), instead of a radiographic film, to capture and record tested object's image. The IP image is analyzed using ISee software package to identify the presence and dimension of a welding defect of a tested object. By using ISee program, the values of W15 wire, hole H5, and duplex D12 can be determined to be inserted into Class B Radiographic Technique Classification (enhanced technique). Meanwhile the standard values given on the plate thickness of 20 mm are included in the Classification of Class A (Basic technique), 10ISO16 penetrometer, wire number (W) 11, IQI number hole (H) 8, and duplex wire number (D) 8. The final results obtained are as follows: the cluster C1 defect size is 2.56×3.9 mm, the cluster C2 defect size is 11.3×16.1 mm, and the crack size of C3 is 0.49×27.1 mm. Whereas, the biggest porosity size is 1.18 mm and the smallest is 0.89 mm.

Keywords: Digital Radiography, Imaging Plate, Defect, Porosity, Crack

1. PENDAHULUAN

Tingginya minat masyarakat baik industri maupun medis dalam memanfaatkan teknologi radiografi mendorong peningkatan daya saing yang memicu pesatnya pengembangan teknologi tersebut. Dewasa ini, dalam dunia radiografi industri, metode

film konvensional sudah dapat tergantikan dengan *Digital Radiography*, salah satunya adalah metode CR (*computed radiography*). Metode CR menggunakan *storage phosphorus plate*, atau biasa disebut *imaging plate* (IP), sebagai pengganti film. Untuk mengkonversi data film menjadi data digital, digunakan *scanner* khusus, dan apabila data sudah *discan*, data pada IP tersebut dapat dihapus dan digunakan kembali. *Imaging plate* dapat digunakan hingga sekitar 500 sampai 1000 kali. IP merupakan bahan *luminescent photostimulable* yang mampu menyimpan citra radiografi laten dari bahan yang diperiksa. Akibat stimulasi oleh sumber cahaya merah dengan panjang gelombang yang tepat, bahan tersebut menghasilkan pendaran yang sebanding dengan radiasi yang diserap [1].

Radiografi merupakan salah satu metode uji tak merusak yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu diskontinuitas/cacat pada suatu lasan, seperti porositas dan *crack*. Bukti dari suatu uji tak merusak memerlukan indikasi untuk menentukan kerusakannya. Apabila pada lasan terdapat cacat, maka akan tampak bayangan bentuk tertentu dengan densitas yang berbeda dari bayangan. Densitas bayangan, mulai dari densitas yang rendah (berwarna putih) sampai densitas yang tinggi (berwarna hitam), tergantung pada jenis cacatnya. Indikasi yang berwarna putih menunjukkan bahwa cacat yang ada berupa suatu area yang mempunyai rapat jenis atau ketebalan yang lebih besar dari daerah sekitarnya, sedangkan indikasi yang berwarna hitam menunjukkan bahwa cacat yang ada berupa area yang lebih tipis, atau adanya material yang mempunyai rapat jenis yang lebih rendah dari rapat jenis logam induknya [2][5].

Terjadinya cacat las ini akan mengakibatkan banyak hal yang tidak diinginkan dan mengarah pada turunnya tingkat keselamatan kerja, baik keselamatan alat, pekerja, lingkungan, maupun perusahaan. Di samping itu, secara ekonomi hal ini akan mengakibatkan melonjaknya biaya produksi dan akan mengakibatkan kerugian.

Berangkat dari permasalahan di atas, pada makalah ini penulis menganalisis cacat suatu plat hasil lasan dengan menggunakan *software ISee*, dimana hasil analisa digunakan untuk mengetahui jenis cacat dan seberapa besar diameter cacat lasan tersebut.

2. DASAR TEORI

Cacat las/*weld defect* adalah suatu keadaan hasil pengelasan dimana terjadi penurunan kualitas dari hasil lasan. Kualitas hasil lasan yang dimaksud adalah berupa turunnya kekuatan hasil lasan dibandingkan dengan kekuatan bahan dasar/*base metal*, tidak baiknya kinerja/tampilan dari suatu hasil las atau dapat juga karena terlalu tingginya kekuatan hasil lasan, sehingga tidak sesuai dengan tuntutan kekuatan suatu konstruksi [3].

Secara umum cacat las dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. *Rounded indication* atau cacat bulat, merupakan cacat las yang diperbolehkan apabila dimensi/ukuran panjang kumpulan cacat masih berada pada cacat maksimum sesuai kriteria penerimaan yang dipakai.
2. *Linear indication* atau cacat memanjang merupakan cacat yang tidak diperbolehkan sama sekali (retak, penembusan kurang, peleburan kurang).

Cacat suatu lasan dapat dilihat dari indikasi warna atau perbedaan densitas dengan bayangan :

2.1. Indikasi Berwarna Putih

2.1.1 Cacat di permukaan

Cacat pada permukaan lasan biasanya dapat dibuktikan secara visual. Cacat permukaan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu [2][4]:

- a. *Excessive Penetration* merupakan jalur lasan yang menonjol pada akar lasan yang dapat dilihat secara visual, terlihat sebagai jalur yang memanjang atau suatu area tertentu di tengah lasan yang lebarnya sama dengan gap bagian bawah, dengan densitas yang relatif rendah atau warna agak putih.
- b. *Spatter* merupakan percikan las, terlihat sebagai bulatan-bulatan dengan ukuran beragam dan berwarna putih ke abu-abuan.

2.1.2 Cacat di dalam bahan

- a. *Tungsten Inclusion* terjadi karena adanya logam berat yaitu tungsten yang terperangkap di dalam lasan, berbentuk bulatan kecil atau dengan bentuk tidak teratur dengan densitas yang sangat rendah dari sekitarnya sehingga terlihat warna putih yang sangat mencolok pada daerah lasan.

2.2. Indikasi Warna Hitam

2.2.1 Cacat dipermukaan

Cacat pada permukaan lasan, biasanya dapat dibuktikan secara visual. Cacat permukaan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

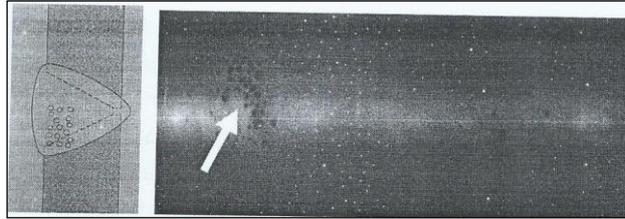
- a. *External Concavity*, permukaan cekung yang terjadi pada daerah lasan. Terlihat suatu area berwarna lebih hitam dari sekitarnya yang mempunyai lebar sama dengan lebar lasan bagian atas.
- b. *Shrinkage*, terjadi proses penyusutan dari logam cair saat dibekukan. Tampak sebagai beberapa garis berwarna hitam yang mengarah ke suatu titik atau berbentuk seperti kawah.
- c. *Burn Through*, terjadi karena adanya logam lasan yang terlepas dari akar las, terlihat sebagai area berwarna hitam dengan bentuk tidak teratur, yang mempunyai dimensi sama lebar akar las dan terletak di tengah daerah lasan.

2.2.2 Cacat di dalam bahan

- a. *Lack of Fusion*, terjadi pada dinding pada perbatasan antara lasan dan logam induk, terlihat sebagai area berwarna hitam yang dapat kontinu atau terputus-putus, yang terletak pada perbatasan antara logam induk dengan logam las bagian bawah (akar las).
- b. *Crack* (retak) adalah suatu diskontinuitas akibat pecahnya fasa padat yang terjadi secara lokal. *Crack* pada material dapat terjadi karena adanya gangguan pada saat pembekuan atau akibat tegangan. Pada umumnya penamaan *crack* dibedakan berdasarkan orientasinya terhadap alur lasan. *Longitudinal crack* yaitu *crack* yang sejajar dengan alur lasan. Sedangkan yang tegak lurus terhadap alur lasan disebut *transversalcrack*.
- c. *Incomplete Penetration*, terjadi karena penetrasi kurang sempurna dari logam las di sepanjang akar las, terlihat sebagai garis lurus hitam, kontinu atau terputus yang terletak di tengah-tengah lasan.
- d. *Slag Inclusion* yaitu material non-metallik terperangkap di dalam logam las, di antara logam las atau antara logam las induk akan timbul diskontinuitas berbentuk pipih. Terlihat sebagai bercak hitam tak beraturan dengan tepi yang tajam, bisa tampil terpisah atau yang segaris.
- e. *Porosity* adalah ruang kosong akibat gas terperangkap di dalam lasan.

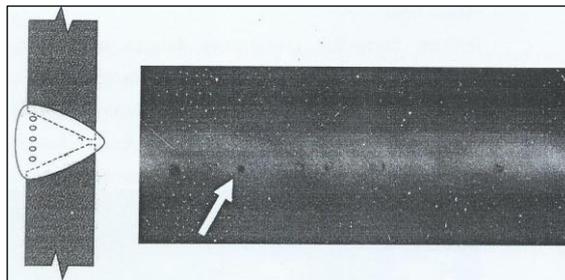
Berdasarkan distribusinya *porosity* dibedakan atas:

- *Isolated porosity*, adalah porositas yang terpisah dan mempunyai jarak yang cukup jauh antara satu dengan yang lainnya, dan terlihat berupa bulatan hitam tampil tunggal dan terpisah dengan jarak yang relatif jauh dengan indikasi lain
- *Clustered porosity*, adalah sekelompok porositas yang mempunyai bentuk acak dan terpisah dengan kelompok yang lain, dan terlihat sebagai bulatan warna hitam yang mengelompok dan terpisah dengan yang lain pada jarak yang relatif jauh seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Indikasi *clustered porosity*

- *Distributed porosity* adalah porositas yang tersebar secara uniform di seluruh lasan dan tampak sebagai indikasi berbentuk membulat dengan ukuran bervariasi warna hitam tersebar ke seluruh area lasan.
- *Linear porosity*, adalah apabila indikasi yang ada berjumlah 4 buah atau lebih dan membentuk konfigurasi segaris, seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Indikasi *linear porosity*

- *Gas porosity* diindikasikan oleh bentuk bulat berwarna kehitaman dan bisa terletak dimana saja di sepanjang daerah lasan.
- *Elongated cavity*, diindikasikan oleh warna hitam dengan bentuk memanjang dengan kedua ujungnya membulat.

3. TATA KERJA

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan:

1. *Plat carbon steel* dengan tebal 12 mm yang digunakan sebagai objek
2. Pesawat sinar-X Rigaku RF-250EGM2 dengan *focal spot* (d) = 2 mm
3. *IP Blue* (25 mikron)
4. *Scanner Duerr HD CR-35 NDT*
5. *Software ISee*
6. Standar Formulary RT-D2 revisi 2015

3.2 Langkah Kerja

Langkah kerja kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Mengatur tegangan 150 kV, arus 5 mA pada pesawat sinar-X dan waktu penyinaran 540 detik;
2. Mengatur jarak detektor ke sumber 600 mm dan objek ke sumber 580 mm;
3. Menghitung nilai *Goemetical magnification* (M);
4. Mencari nilai SRb (*basic spatial resolution*) image berdasarkan tabel Formulary RT-Digital ISO 19232-5 [3];
5. Melakukan akuisisi data dengan mendapatkan nilai *wire* dan *duplex*, sesuaikan dengan tabel EN462 *Formulary* RT-Digital [3];
6. Menentukan jenis kawat penetrometer yang digunakan berdasarkan tebal las/benda uji;
7. Menentukan teknik penyinaran, dengan menggunakan teknik *SWSV (Single Wall-Single Viewing)*;
8. Melakukan analisis dengan menggunakan *software Isee*;

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada standar Formulary RT-D2 revisi 2015, dari tebal material, dapat dilihat nilai yang disyaratkan untuk *wire* dan *hole*. Tabel EN 462 digunakan untuk keperluan kategori kualitas citra dengan berdasarkan pada tebal bahan dasar. Tebal 20 mm pada tabel EN 462 termasuk *class A*, 10ISO16, W11, H8, D8. Dengan mengatur tegangan 150 kV, 5 mA dan waktu penyinaran selama 540 detik, serta jarak detektor ke sumber 600, nilai *geometrical magnification* (M) dapat dicari untuk mengetahui nilai perbesaran hasil pencitraan tanpa mempertimbangkan dimensi dan bentuk dari *focal spot* sumber radiasi/sinar-X.

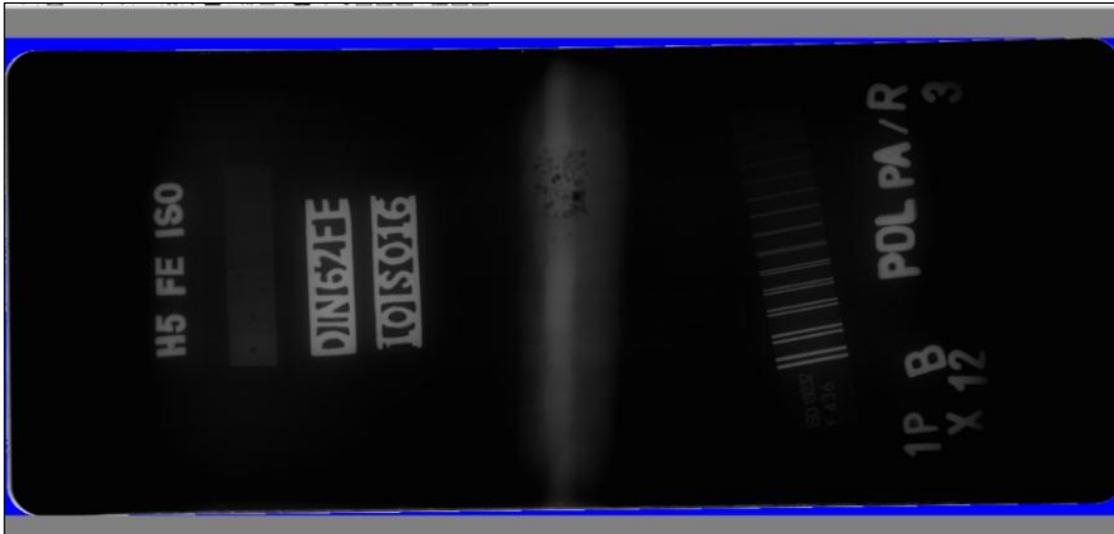
Faktor pembesaran hasil pencitraan didasarkan pada pertimbangan berikut:

- Faktor pembesaran (M) akan semakin besar bila spesimen/objek semakin dekat ke generator sinar-X
- Faktor pembesaran hasil pencitraan dapat diasumsikan nilai "2" (2 kali ukuran objek), jika objek diletakkan ditengah antara titik fokus *focal spot* dan detektor/film
- Faktor pembesaran M mendekati nilai "1", jika objek diposisikan menempel langsung dengan detektor/film radiografi.

Berikut ini merupakan hasil akhir dari perhitungan nilai *goemetical magnification*:

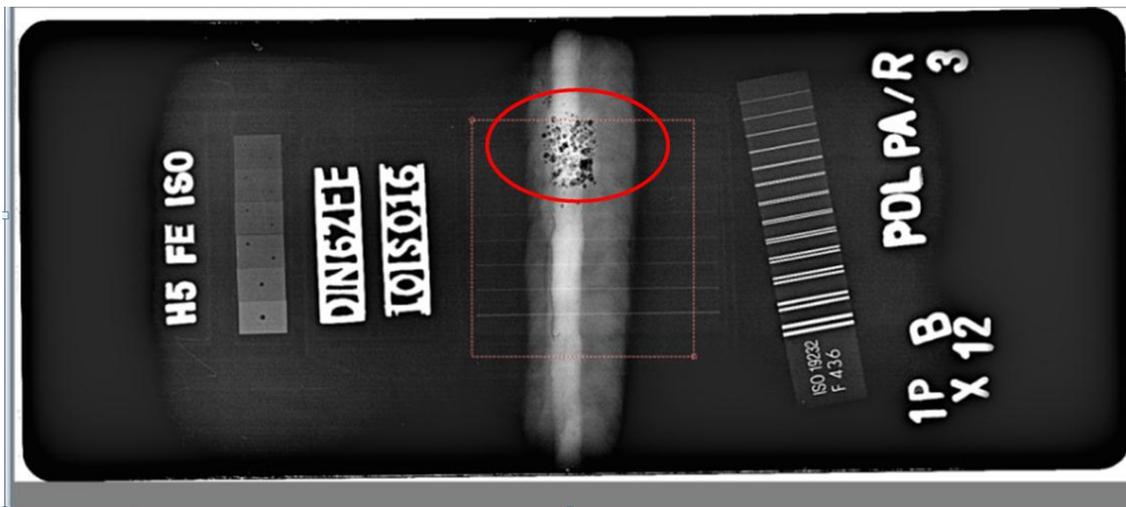
$$M = \frac{SDD}{SDD-x} = \frac{600}{600-20} = 1,034$$

Setelah penyinaran, proses *scan* data dilakukan untuk memperoleh citra asli, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Citra asli

Karena citra yang dihasilkan kurang begitu jelas, penetrameter *wire* dan *hole* sebagai standar tidak terlihat. Selanjutnya dilakukan proses pengolahan citra dengan menggunakan *software ISee*. Citra ditapis dengan menggunakan *filter enhance details*, sehingga terlihat dengan jelas penetrameter W11 (yang disyaratkan) masuk dalam *Class A*, W15 (yang terlihat pada *software*) bisa masuk ke *Class B* dan terlihat juga *hole* yang dipersyaratkan H8, *hole* yang terlihat H5. Selain penentuan peni (penetrameter/IQI), pada citra juga terlihat adanya dua cacat pada plat yang berupa *porosity* dan *crack*. Gambar 4 memperlihatkan citra yang sudah dikenai proses analisis untuk melihat cacat pada benda objek dan analisis untuk penentuan peni yang digunakan.



Gambar 4. Citra hasil analisis untuk penentuan peni

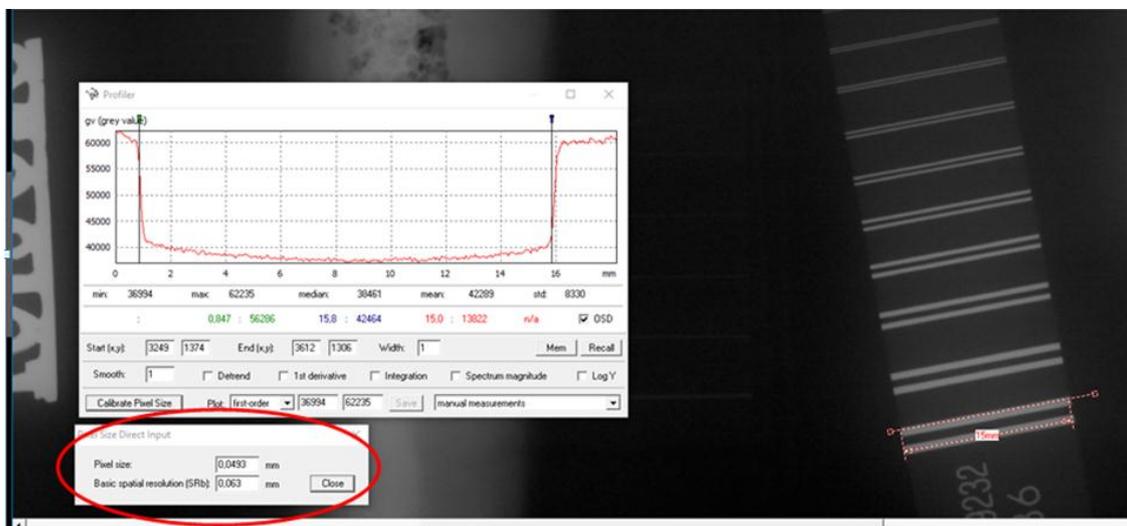
Selanjutnya nilai SRb (*basic spatial resolution*) terukur ditentukan dengan menggunakan *software ISee*. Diperoleh nilai SRb = 0,063 seperti terlihat pada *duplex D12*, dimana nilai standar tidak boleh kurang dari 20% (tanda lingkaran). Nilai ini merupakan standar yang terdapat pada ISO 19232-5 dan mengenai nilai kawat terukur (ketidaktajaman citra). Sementara itu, nilai *duplex* yang diisyaratkan adalah D8.

Gambar 5 menunjukkan nilai kawat terukur (SRb terukur), yang ditunjukkan oleh tanda lingkaran:



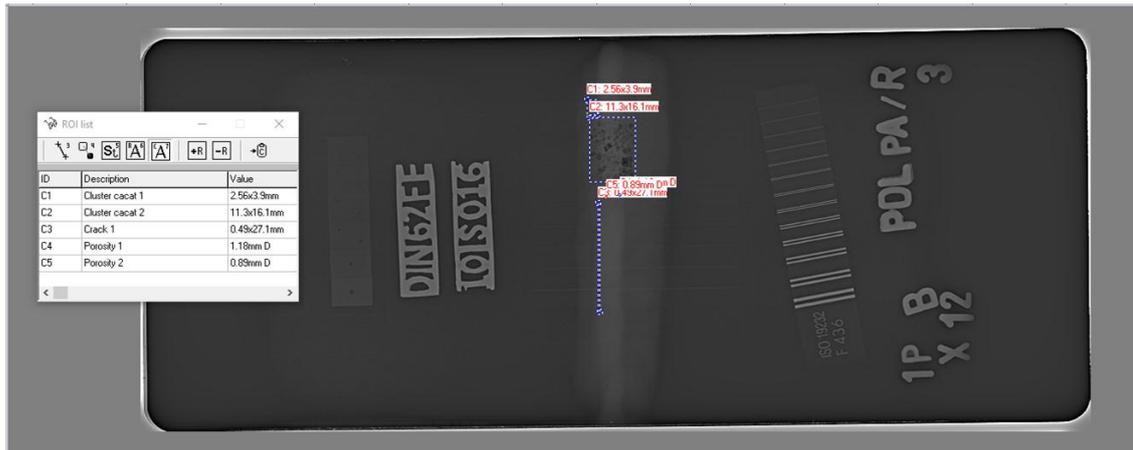
Gambar 5. Nilai standar SRb terukur berdasarkan software Isee

Identifikasi cacat dapat diketahui dari ukuran *duplex* yang digunakan. Berdasarkan pengukuran manual, ukuran *duplex* adalah 15mm, sehingga diperoleh nilai per pixel 0,0493 mm dengan memasukkan nilai SRb terukur, seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penentuan nilai mm per pixel

Gambar 7 dibawah ini merupakan hasil perhitungan software untuk ukuran cacat lasan. Pada gambar terlihat hasil ukuran masing-masing cacat. Ukuran dihitung berdasarkan nilai mm per pixel yaitu 0,0493. Cacat lasan berupa dua *cluster porosity*: *crack* dan *porosity*. *Cluster* pertama diberi nama C1 dengan ukuran cacat 2,56x3,9 mm dan *cluster* kedua C2 dengan ukuran cacat 11,3x16,1 mm. Ukuran dimensi *crack* C3 adalah 0,49x27,1 mm. Ukuran dimensi *porosity* yang terbesar adalah 1,18 mm dan yang terkecil 0,89 mm.



Gambar 7. Ukuran dimensi cacat lasan

5. KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan diatas dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. IP digunakan untuk pengganti film yang mampu menyimpan data dan dengan menggunakan *scanner* khusus, untuk mengkonversi menjadi data digital. Citra dalam pelat tersebut dapat dihapus. Pelat ini dapat digunakan hingga sekitar 1000 kali.
2. Pada pelat *carbon steel* terdapat beberapa cacat, yaitu porositas yang berupa cluster dan porositas kecil dan *crack* lasan.
3. Dengan menggunakan *software Isee*, dapat ditentukan nilai *wire W15*, *hole H5* dan *duplex D12* masuk ke *Class B*, sedangkan nilai yang disyaratkan berdasarkan standar dengan tebal pelat 20 mm, termasuk dalam *Class A*, 10ISO16, W11, H8, D8 yang dilihat pada tabel EN 462.
4. Cacat lasan berupa dua *cluster porosity*: *crack* dan *porosity*. *Cluster* pertama diberi nama C1 dengan ukuran cacat 2,56x3,9 mm dan *cluster* kedua C2 dengan ukuran cacat 11,3x16,1 mm. Ukuran *crack* C3 adalah 0,49x27,1 mm. Ukuran *porosity* yang terbesar adalah 1,18 mm dan yang terkecil adalah 0,89 mm.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. RSNI 2 ISO 17636-2, Uji Tak Merusak Lasan Uji Radiografi Teknik Sinar Gamma dan Sinar-X dengan Detektor Digital 2015.
- [2]. Diktat Pelatihan Radigrifi level 1, Pusdiklat BATAN Jakarta.
- [3]. Formulary RT-Digit RT-D2/Revisi 2015.
- [4]. <https://www.scribd.com/doc/283293430/CACAT>, diunduh 8 Maret 2017.
- [5]. <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.co.id/2015/10/cacat-pada-plat-dan-sheet-produk.html> , diunduh tanggal 14 Maret 2017.

7. LAMPIRAN

Tabel Image Quality Indicators (IQI) EN 462

Tabel Image Quality Indicators (IQI) EN 462

Image Quality Indicator				Wire		Image Quality Indicator				Hole/Step		Duplex Wire		
				Number	Nominal Diameter					Number	Nominal Diameter	Element Number	Related Unsharpness	Wire Diameter and Distance, d
W1	W6	W10	W13		mm	H1	H5	H9	H13		mm			
*				W 1	3,20	*				H 1	0,125	13 D	0,10	0,05
*				W 2	2,50	*				H 2	0,16	12 D	0,13	0,063
*				W 3	2,00	*				H 3	0,20	11 D	0,16	0,08
*				W 4	1,60	*				H 4	0,25	10 D	0,20	0,10
*	*			W 5	1,25	*	*			H 5	0,32	9 D	0,26	0,13
*	*			W 6	1,00	*	*			H 6	0,40	8 D	0,32	0,16
*	*			W 7	0,80	*	*			H 7	0,50	7 D	0,40	0,20
*	*			W 8	0,63	*	*			H 8	0,63	6 D	0,50	0,25
*	*			W 9	0,50	*	*			H 9	0,80	5 D	0,64	0,32
*	*	*		W 10	0,40	*	*			H 10	1,00	4 D	0,80	0,40
*	*	*		W 11	0,32	*	*			H 11	1,25	3 D	1,00	0,50
*	*	*		W 12	0,25	*	*			H 12	1,60	2 D	1,26	0,63
	*	*	*	W 13	0,20		*		(1)	H 13	2,00	1 D	1,60	0,80
	*	*	*	W 14	0,16		*		(1)	H 14	2,50			
	*	*	*	W 15	0,125		*		(1)	H 15	3,20			
	*	*	*	W 16	0,100		*		(1)	H 16	4,00			
	*	*	*	W 17	0,080		*		(1)	H 17	5,00			
	*	*	*	W 18	0,063		*		(1)	H 18	6,30			
	*	*	*	W 19	0,050		*		(1)	H 18	6,30			

(1) for special application only to use after arrangement

Single Wall Radiographic Technique IQI on Source Side						Double Wall Radiographic Technique Double Image: IQI on Source Side						Double Wall Radiographic Technique Single or Double Image: IQI on Film Side					
CLASS A						CLASS A						CLASS A					
Wire IQI			Step / Hole IQI			Wire IQI			Step / Hole IQI			Wire IQI			Step / Hole IQI		
Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number
over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm		
to 1,2	W 18		to 2	H 3		to 1,2	W 18		to 1	H 3		to 1,2	W 18		to 2,0	H 3	
1,2 to 2	W 17	2	to 3,5	H 4		1,2 to 2,0	W 17	1	to 2	H 4		1,2 to 2,0	W 17	2,0	to 5	H 4	
2,0 to 3,5	W 16	3,5	to 6	H 5		2,0 to 3,5	W 16	2	to 3,5	H 5		2,0 to 3,5	W 16	5	to 9	H 5	
3,5 to 5	W 15	6	to 10	H 6		3,5 to 5	W 15	3,5	to 5,5	H 6		3,5 to 5	W 15	9	to 14	H 6	
5 to 7	W 14	10	to 15	H 7		5 to 7	W 14	5,5	to 10	H 7		5 to 10	W 14	14	to 22	H 7	
7 to 10	W 13	15	to 24	H 8		7 to 10	W 13	10	to 19	H 8		10 to 15	W 13	22	to 36	H 8	
10 to 15	W 12	24	to 30	H 9		12 to 18	W 12	19	to 35	H 9		15 to 22	W 12	36	to 50	H 9	
15 to 25	W 11	30	to 40	H 10		18 to 30	W 11					22 to 38	W 11	50	to 80	H 10	
25 to 32	W 10	40	to 60	H 11		30 to 40	W 10					38 to 48	W 10				
32 to 40	W 9	60	to 100	H 12		40 to 60	W 9					48 to 60	W 9				
40 to 55	W 8	100	to 150	H 13		50 to 55	W 8					60 to 85	W 8				
55 to 85	W 7	150	to 200	H 14		60 to 85	W 7					85 to 125	W 7				
85 to 150	W 6	200	to 250	H 15		85 to 120	W 6					125 to 225	W 6				
150 to 250	W 5	250	to 320	H 16		120 to 220	W 5					225 to 375	W 5				
250 to 400	W 4	320	to 400	H 17		250 to 380	W 4					375 to 400	W 4				
		400		H 18		380 to 400	W 3										

CLASS B						CLASS B						CLASS B					
Wire IQI			Step / Hole IQI			Wire IQI			Step / Hole IQI			Wire IQI			Step / Hole IQI		
Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number	Wall Thickness t	IQI	Number
over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm			over... to... mm		
to 1,5	W 19		to 2,5	H 2		to 1,5	W 19		to 1,0	H 2		to 1,5	W 19		to 2,5	H 2	
1,5 to 2,5	W 18	2,5	to 4	H 3		1,5 to 2,5	W 18	1,0	to 2,5	H 3		1,5 to 2,5	W 18	2,5	to 5,5	H 3	
2,5 to 4	W 17	4	to 8	H 4		2,5 to 4	W 17	2,5	to 4	H 4		2,5 to 4	W 17	5,5	to 9,5	H 4	
4 to 6	W 16	8	to 12	H 5		4 to 6	W 16	4	to 6	H 5		4 to 6	W 16	9,5	to 15	H 5	
6 to 8	W 15	12	to 20	H 6		6 to 8	W 15	6	to 11	H 6		6 to 12	W 15	15	to 24	H 6	
8 to 12	W 14	20	to 30	H 7		8 to 15	W 14	11	to 20	H 7		12 to 18	W 14	24	to 40	H 7	
12 to 20	W 13	30	to 40	H 8		15 to 25	W 13	20	to 35	H 8		18 to 30	W 13	40	to 60	H 8	
20 to 30	W 12	40	to 60	H 9		25 to 38	W 12					30 to 45	W 12	60	to 80	H 9	
30 to 35	W 11	60	to 80	H 10		38 to 45	W 11					45 to 55	W 11				
35 to 45	W 10	80	to 100	H 11		45 to 55	W 10					55 to 70	W 10				
45 to 65	W 9	100	to 150	H 12		55 to 70	W 9					70 to 100	W 9				
65 to 120	W 8	150	to 200	H 13		70 to 100	W 8					100 to 180	W 8				
120 to 200	W 7	200	to 250	H 14		100 to 170	W 7					180 to 300	W 7				
200 to 350	W 6					170 to 250	W 6					300 to 350	W 6				
350 to 400	W 5					250 to 400	W 5										