

TEKNIK ELIMINASI PERBEDAAN KETEBALAN DALAM RADIOGRAFI SINAR-X HASIL LAS KELONGSONG-TUTUP KELONGSONG EBN

Dani Gustaman S. Gandana dan Saeful Hidayat
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

TEKNIK ELIMINASI PERBEDAAN KETEBALAN DALAM RADIOGRAFI SINAR-X HASIL LAS KELONGSONG-TUTUP KELONGSONG EBN. Dalam rangkaian kontrol kualitas produksi Elemen Bakar Nuklir (EBN), penggunaan radiografi sinar-x pada hasil las kelongsong-tutup kelongsong adalah langkah yang sangat penting. Teknik *body las* dan longitudinal telah dicoba untuk menunjang keberhasilan kontrol kualitas EBN tersebut [1], namun hasilnya belum memuaskan. Kemudian dicoba suatu teknik lain, yaitu teknik Eliminasi Perbedaan Ketebalan (EPK) untuk memperbaiki kedua teknik yang terdahulu. Dan hasilnya bukan saja mampu mengeliminasi perbedaan kehitaman daerah baca pada film radiografi akibat perbedaan ketebalan, tetapi juga mampu menggabungkan kedua teknik terdahulu tersebut, sehingga pengamatan hasil (pembacaan cacat) menjadi lebih mudah dan prosesnya lebih hemat.

ABSTRACT

THICKNESS DIFFERENCE ELIMINATION TECHNIQUE IN X-RAY RADIOGRAPHY EXAMINATION OF WELD OF NUCLEAR FUEL ELEMENT TUBE-ENDCAP. In the quality control of Nuclear Fuel Element production process, x-ray radiography examination of weld of nuclear fuel element tube-end cap is an important factor. Weld body and longitudinal techniques had been tried to contribute the success of nuclear fuel element quality control [1] but technically, they are not satisfied. Here, it had been tried the other technique named Thickness Difference Elimination technique (TDE) to improve the two techniques. The result shows that this technique can eliminate density difference of examination area of radiography film and can combine the two techniques therefore the identification of defects more easily and saving time, material and energy can be done.

PENDAHULUAN

Pengujian radiografi sinar-x sangat penting di dalam kontrol kualitas proses pembuatan EBN. Dan salah satu proses yang memerlukan pengujian radiografi sinar-x adalah pengelasan kelongsong-tutup kelongsong. Pengujian radiografi sinar-x dari hasil proses pengelasan dilakukan dengan persentase 100 % [2]. Di mana seluruh hasil las kelongsong-tutup kelongsong EBN tidak boleh mengandung cacat-cacat las diluar batas yang diizinkan.

Jenis-jenis cacat las yang dapat terjadi pada hasil las kelongsong-tutup kelongsong EBN adalah *blow hole*, porositas dan *incomplete of penetration* (IP). Pada penelitian terdahulu [1] telah dicoba dua teknik radiografi sinar-x untuk mengidentifikasi jenis cacat las pada hasil las kelongsong-tutup kelongsong EBN tipe PWR. Teknik pertama adalah teknik longitudinal, yang berhasil untuk mengidentifikasi cacat *blow hole* dan IP. Teknik kedua adalah teknik *body las*, yang ternyata kurang memuaskan. Karena untuk kelongsong yang berdiameter relatif kecil (sekitar 11 mm) daerah pengamatan pada film radiografinya

terlalu sempit, sehingga jenis cacat sukar diidentifikasi. Disamping itu juga kurang efektif dan efisien, karena memerlukan beberapa posisi penembakan sehingga mengkonsumsi banyak film.

Teknik longitudinal [1] walaupun berhasil mengungkapkan cacat *blow hole* dan IP namun secara kuantitatif belum memuaskan. Karena secara kualitatif cacat-cacat itu dapat dilihat, tetapi tidak dapat ditentukan jumlah dan ukurannya. Padahal teknik yang baik adalah teknik yang dapat mengidentifikasi cacat las secara kualitatif dan kuantitatif dengan efektif dan efisien.

Teknik yang tepat dapat ditentukan dengan cara memperbaiki dua teknik yang diperoleh, longitudinal dan "body las" [1]. Akan tetapi kelemahan kedua teknik di atas adalah tidak mampu mengeliminasi perbedaan ketebalan sampel. Untuk sampel berbentuk silinder masif dan berdiameter kecil perbedaan ketebalan sering terjadi, sehingga agar diperoleh teknik yang baik maka perbedaan ini harus dieliminasi. Makalah ini membahas radiografi sinar-x pada hasil las

kelongsong-tutup kelongsong EBN dengan teknik eliminasi perbedaan ketebalan.

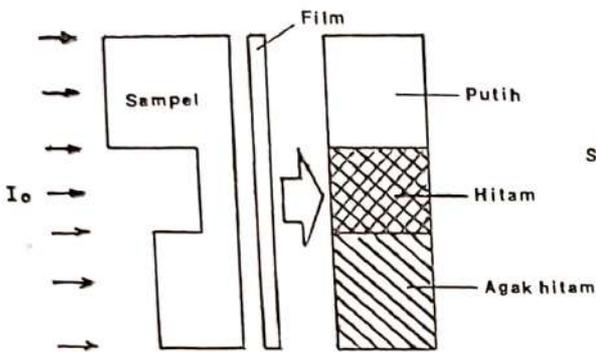
TEORI

Pengujian radiografi sinar-x didasarkan atas persamaan [3,4] yaitu:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (1)$$

dengan: I = Intensitas sinar-x yang menembus sampel, I₀ = Intensitas sinar-x yang datang, μ = Koefisien absorpsi linier sampel, x = Ketebalan sampel.

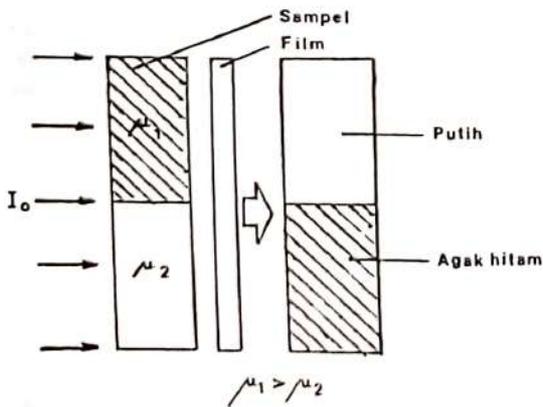
Berdasarkan persamaan 1 perbedaan ketebalan sampel dapat memberikan informasi pada film radiografi seperti diperlihatkan gambar 1.



Gambar 1. Sampel dengan ketebalan berbeda dan hasil radiografinya

Makin tebal sampel makin sedikit melewati sinar-x, sehingga makin putih warna film radiografinya.

Perbedaan μ sampel dapat pula memberikan perbedaan informasi pada film radiografi seperti diperlihatkan gambar 2.



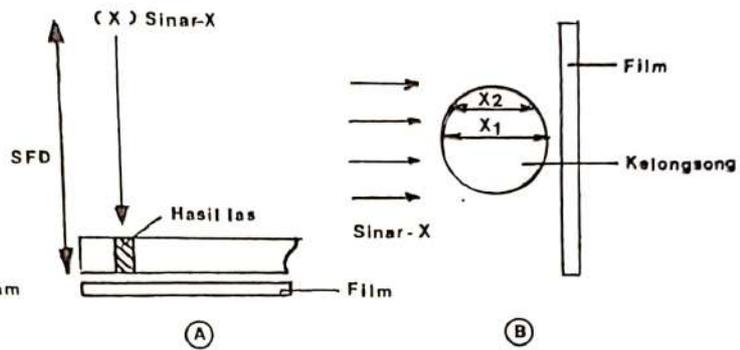
Gambar 2. Sampel dengan ketebalan tertentu dan μ berbeda serta hasil radiografinya.

Sampel dengan μ yang lebih besar akan melewatkan sinar-x lebih sedikit sehingga warna pada film juga lebih terang (lebih putih).

Perbedaan informasi pada film yang diperoleh dari perbedaan ketebalan dan juga perbedaan sampel dijadikan dasar untuk mengidentifikasi cacat pada sampel. Jenis-jenis cacat yang berdasar perbedaan ketebalan ialah *blow hole*, porositas dan IP. Sedangkan yang berdasar perbedaan sampel adalah cacat inklusi.

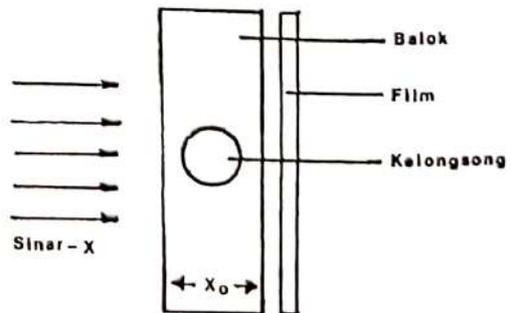
METODE PERCOBAAN

Pada penelitian terdahulu [2] penembakan dilakukan seperti terlihat pada gambar 3a dan 3b.



Gambar 3. Set-up penembakan hasil las kelongsong-tutup kelongsong dengan perbedaan ketebalan

Penembakan seperti gambar 3 akan menimbulkan perbedaan intensitas yang tajam pada film oleh adanya perbedaan ketebalan, sehingga menyulitkan untuk identifikasi cacat. Perbedaan ketebalan ini dapat dieliminasi dengan cara seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Set-up penembakan hasil las kelongsong-tutup kelongsong dengan eliminasi perbedaan ketebalan

Caranya adalah bahwa kelongsong dimasukkan ke dalam balok dari bahan yang sama yang

diberi lubang seukuran dengan diameter kelongsong. Melalui teknik seperti pada gambar 4 dapat diperoleh ketebalan sampel yang seragam, yaitu x_0 . Dengan demikian cacat-cacat yang ada pada sampel menjadi lebih mudah diidentifikasi. Dan dengan cara ini intensitas yang sampai pada film menjadi relatif sama, kecuali pada daerah-daerah cacat.

BAHAN DAN PERALATAN

Bahan

- Film radiografi agfa D2 dan D2
- Balok zirkaloy
- Kelongsong zirkaloy dan tutupnya
- Larutan pengembang (developer) dan penetap (fixer).

Alat

- Mesin sinar-x "Philips constant voltage"
- Viewer
- Densitometer
- Pengatur waktu
- Penetrameter (cacat standar)
- Bak-bak untuk larutan pengembang dan penetap

TATAKERJA

Mula-mula beberapa kelongsong EBN tipe PWR beserta tutupnya disiapkan, kemudian dilas dengan pola pengelasan seperti tabel 1. Kemudian balok zirkaloy dengan ukuran 1,3 x

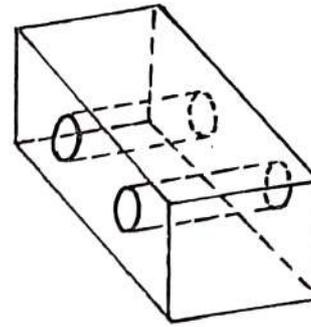
Tabel 1. Pola pengelasan kelongsong-tutup kelongsong menggunakan mesin las TIG.

Nomor Sampel	Arus (Amper)/waktu (detik)				Keterangan
	level				
	I	II	III	IV	
95	-	-	-	-	-
92	-	-	-	-	-
63	20/1	19/3	18/3	17/2	V = 7,5 rpm, Flow rate 15 l/mnt, P = 100 mBar
62	20/1	19/3	18/3	17/2	sda.
43	24/1	23/3	22/4	21/2	sda.
2	26/1	25/3	24/3	21/2	V = 7,5 rpm, Flow rate 10 l/mnt, P = 1040 mBar

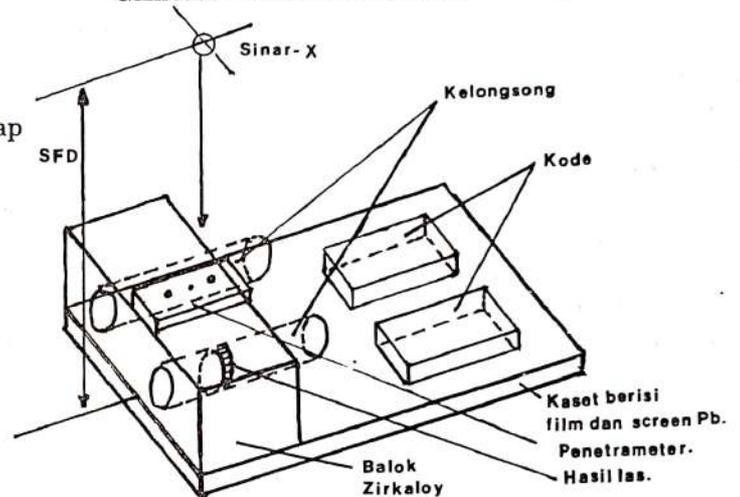
9,25 x 4 cm yang telah dilubangi dengan diameter 11 mm disiapkan, seperti pada gambar 5. Setiap hasil las kelongsong-tutup kelongsong kemudian diradiografi pada set-up seperti pada gambar 6.

Film-film yang dihasilkan kemudian direndam dalam larutan pengembang selama 5 menit dan kemudian dalam larutan penetap selama 15

menit. Setelah itu direndam dalam air selama 30 menit, yang kemudian dikeringkan dan diukur kehitamannya menggunakan densitometer. Akhirnya film-film tersebut dievaluasi dan dianalisa menggunakan viewer.



Gambar 5. Balok zirkaloy yang dilubangi



Gambar 6. Set-up penembakan radiografi sinar-x pada hasil las kelongsong-tutup kelongsong

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan yang diperoleh adalah berupa film-film radiografi dan gambar hasil metalografi. Film-film radiografi ini kemudian dievaluasi dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 2.

Jika dibandingkan dengan teknik terdahulu [1], keuntungan yang paling mencolok dari teknik eliminasi perbedaan ketebalan (EPK) adalah pada

No.	kode sampel	Posisi	Hasilevaluasi
1	95	0	Cacat IP (pengelasan tidak sempurna).
2	95	90	Cacat IP
3	92	0	Cacat IP
4	92	90	Cacat IP
5	63	0	Cacat IP
6	63	90	Cacat IP
7	62	0	Cacat IP
8	43	90	Cacat IP
9	62	0	Cacat IP
10	43	90	Cacat IP
11	2	0	Tidak ada cacat
12	2	90	Tidak ada cacat

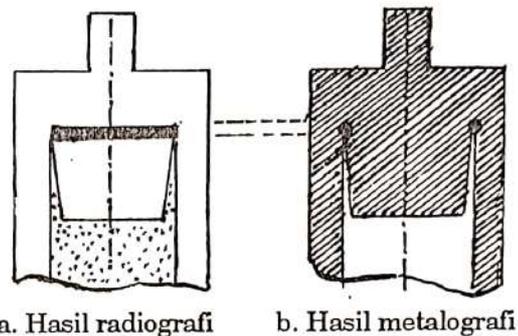
kehematannya. Pada teknik *body las* [1] setiap penembakan diperlukan empat posisi, sedangkan pada teknik EPK hanya dua posisi penembakan. Demikian juga teknik pada longitudinal, diperlukan banyak posisi penembakan. Dengan banyaknya posisi penembakan yang diperlukan, maka banyak pula film, larutan developer, larutan fixer dan energi yang harus dikonsumsi.

Dari segi teknis, teknik EPK mempunyai kelebihan dibandingkan dengan teknik *body las* dan longitudinal. Dengan teknik *body las* dan longitudinal, daerah baca pada film radiografinya sangat terbatas sehingga pembacaan/identifikasi cacat kurang baik sedangkan dengan teknik EPK hal itu tidak menjadi masalah. Bahkan cacat-cacat yang terjadi, baik transversal maupun longitudinal dapat diidentifikasi dengan jelas. Dengan kata lain teknik EPK mampu menggabungkan kedua teknik tersebut. Keandalan teknik EPK dibuktikan dengan membandingkan hasil radiografi dengan hasil metalografinya. Pada kelongsong yang diketahui mempunyai cacat menurut evaluasi radiografi juga terbukti memiliki cacat setelah dimetalografi. Hasil evaluasi kelongsong yang dimetalografi setelah diradiografi tertera pada tabel 3.

Contoh kelongsong yang memiliki cacat, gambar hasil radiografi dan metalografinya dapat dilihat pada gambar 7.

Tabel 3. Hasil evaluasi metalografi dari hasil las kelongsong-tutup kelongsong EBN

Kode sampel	Hasilevaluasi
95 63 2	Teradapat lubang dibawah lasan sda Tidak terdapat cacat



Gambar 7. Hasil evaluasi radiografi dan metalografi pada hasil las

Pada gambar 7a terlihat garis hitam horizontal yang memanjang pada daerah las, ini adalah gambaran cacat IP. Pada hasil metalografi (gambar 7.b.) cacat itu terlihat sebagai lubang seperti ellipsis berwarna hitam. Dari perbandingan di atas terlihat bahwa teknik EPK mampu menunjukkan cacat dengan akurat, sehingga sangat sesuai untuk pengujian rutin radiografi sinar-x EBN. Seperti diketahui bahwa pengujian tidak merusak (non-destructive test, NDT) dengan radiografi sinar-x dalam kontrol kualitas EBN dapat dilakukan dengan persentase 100%. Sedangkan pengujian metalografi tidak mungkin dilakukan dengan 100% karena sifatnya yang merusak.

KESIMPULAN

1. Teknik eliminasi perbedaan ketebalan (EPK) sangat baik untuk mengevaluasi cacat hasil las kelongsong-tutup kelongsong EBN, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

2. Teknik EPK terbukti lebih baik dan lebih hemat dari pada teknik "body las" maupun teknik longitudinal, dan sangat sesuai untuk pengujian rutin kontrol kualitas EBN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Sdr. Budi Darmono yang telah membantu menyelesaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gustaman Dani, Umar Efrizon, Gandana, *Teknik Radiografi Sinar-x untuk Mengidentifikasi Cacat pada Hasil Las Kelongsong-tutup kelongsong EBN Tipe PWR*, Seminar PPTN, Bandung, 1988.
2. Romeiser, TIG Welding Process, *Komunikasi pribadi*, PPTN Batan, Bandung, 1987.
3. Sutomo Jatiman, *Fisika Radiasi*, Kursus Ahli Radiografi, PAIR BATAN, 1988.
4. Gustaman Dani, Gandana, *Optimasi Proses Radiografi Sinar-x Untuk Mendapatkan Film Siap Baca*, Seminar PPNY, 1989.
5. E.T. Maurita, *Film Radiografi*, Kursus Ahli Radiografi, PAIR BATAN, Jakarta, 1988.
6. Anonymous, ASME Section I article 2.
7. Renaningsih, *Penetrometer*, Kursus Ahli Radiografi, PAIR-BATAN, Jakarta, 1988.

DISKUSI

Soerya N.M.:

1. Bentuk hasil gambar ?
2. Apakah perbedaan kehitaman hanya pengaruh dari ketebalan ?
3. Perbedaan kode pada contoh/sampel ?

Dani Gustaman :

- 1.a. Jika tidak ada cacat, gambar pada film radiografi merupakan sebuah area seluas sampel yang diradiografi dengan kehitaman yang disyaratkan, misalnya menurut ASME 1,8 - 3,0.
b. Jika ada cacat tergantung jenis cacat. Bila ada porositas pada daerah di atas terdapat bulatan warna hitam. Bila ada ketidaksempurnaan pengelasan maka pada gambar akan terlihat garis hitam yang horizontal sejajar pengelasan (daerah las) dll.
2. Tidak, tetapi densitas (rapat massa) dapat juga mempengaruhi kehitaman.
3. Kode-kode 95, 63 dan lain-lain adalah kode-kode yang menyatakan perbedaan parameter pengelasan.