
VISUALISASI NUGGET LAS TITIK DENGAN METODE *ULTRASONIC WATER IMMERSION*

Roziq Himawan¹ dan Inryono Kusuma²

¹Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir - BATAN

²Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

ABSTRACT

VISUALISASI NUGGET LAS TITIK DENGAN METODE *ULTRASONIC WATER IMMERSION*. *Overlay welding* merupakan salah satu metode penyatuan dua material yang diterapkan pada bejana tekan reaktor, antara baja feritik dan baja nir karat. Bejana tekan reaktor merupakan komponen utama pembangkit listrik tenaga nuklir, sehingga keandalan dan integritas nya harus selalu terjamin selama umur disainnya. Dalam rangka menjamin keandalan dan integritas bejana tekan reaktor, maka dikembangkan metode ultrasonik dengan teknik *water immersion* untuk mengevaluasi kondisi hasil *overlay welding*. Karena keterbatasan sarana, pada penelitian ini *overlay welding* disimulasikan dengan las titik. Evaluasi dilakukan pada bagian *nugget* hasil las titik. Evaluasi dilakukan menggunakan teknik *water immersion*, dimana objek evaluasi direndam di dalam air. Air berlaku sebagai kuplan. Evaluasi menggunakan transduser tipe fokus dengan frekuensi 10 MHz dan diameter fokus 1 mm. Hasil evaluasi ditayangkan dalam bentuk *C-scan*. Dari hasil-hasil evaluasi diketahui bahwa visualisasi memiliki kesesuaian bentuk dengan makrografi *nugget* yang diperoleh setelah pelaksanaan uji tarik. Namun terdapat perbedaan ukuran antara visualisasi *C-scan* dan makrografi.

Kata kunci: bejana tekan reaktor, las titik, metode ultrasonik, *water immersion*, *C-scan*

ABSTRAK

VISUALIZATION OF SPOT WELDING'S NUGGET USING *ULTRASONIC WATER IMMERSION METHOD*. *Overlay welding* is one of material bonding method applied to reactor pressure vessel, between ferritic steel and stainless steel. Reactor pressure vessel is the main component in Nuclear Power Plant. Thus, the reliability and integrity should be ensured during its design life. In order to ensure the integrity and reliability of reactor pressure vessel, water immersion technique in ultrasonic method was developed to evaluate condition of overlay welding results. Due to limitation, overlay welding were simulated by spot welding. Evaluations were conducted to the nugget area. Evaluations were conducted by using water immersion technique where the evaluation objects were submersed in the water. Water acts as a couplant. Focusing type of transducer was used with the diameter of 10mm and the frequency was 10 MHz. Evaluation results were presented in *C-scan*. The evaluation results showed that the visualization has geometry conformity with those from nugget's macrograph took after tensile test. But, there were differences in size between *C-scan* visualization and macrograph.

Keywords: reactor pressure vessel, spot welding, ultrasonic method, *water immersion*, *C-scan*

PENDAHULUAN

Bejana tekan reaktor merupakan komponen utama dari PLTN yang berfungsi sebagai pengungkung bahan radioaktif hasil terjadinya reaksi pembelahan inti atom. Dinding bejana tekan terbuat dari baja tipe feritik yang memiliki sifat mekanik yang sesuai untuk menahan penuaan dari mekanisme tekanan tinggi dan penggetasan neutron. Tetapi, material ini mudah mengalami korosi yang disebabkan oleh air pendingin. Korosi pada dinding bejana ini dihindari dengan memberi lapisan material anti korosi dari jenis baja nir karat austenit. Pemberian lapisan ini disebut cladding. Penggabungan dua material dilakukan melalui proses *overlay welding*.

Dikarenakan fungsinya yang sangat penting ini, maka keandalan dan integritas bejana tekan reaktor perlu dipastikan dalam kondisi apapun juga. Oleh karena itu, hasil *overlay welding* merupakan salah satu bagian yang menjadi objek pengujian integritas, baik sebelum reaktor beroperasi maupun dalam kondisi layanan. Terdapat berbagai metode untuk melakukan pengujian baik secara merusak maupun tak merusak. Pengujian secara tak merusak, diantaranya dilakukan menggunakan metode termografi infra merah, neutron difraktometer dan ultrasonik^[1-5]. Karena sifatnya yang non-radiasi, metode tak merusak ultrasonik sering digunakan untuk pengujian *in-service inspection*. Pelaksanaan pengujian ini biasanya dilakukan dengan metode kontak. Berdasarkan kondisi ini, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan metode pengujian ultrasonik dengan non-kontak, yaitu metode *water*

immersion.

Keuntungan metode ini adalah dapat dilakukan tanpa mengosongkan air pendingin yang ada di dalam bejana tekan reaktor. Metode ini telah diterapkan pada penelitian-penelitian sebelumnya^[6-9]. Pada tahap pengembangan ini, *overlay welding* pada bejana tekan reaktor disimulasikan dengan *spot welding*. Hasil pengujian ditayangkan dengan mode *C-scan*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas, akurasi, dan faktor-faktor yang mempengaruhi metode *water immersion* pada pelaksanaan pengujian *Spot welding*.

TEORI

Uji tak merusak metode ultrasonik memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk menguji material dalam menemukan inhomogenitas. Gelombang ultrasonik memiliki perilaku perambatan yang spesifik tergantung pada material yang dilaluinya. Dalam perambatannya, berlaku hukum-hukum gelombang pada umumnya. Salah satu diantaranya adalah, apabila melewati batas antara dua materi/zat, maka gelombang akan dipantulkan dan diteruskan. Besarnya gelombang yang dipantulkan dan diteruskan, ditentukan oleh koefisien pantul dan koefisien transmisi, yang dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$R_s = \frac{\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \dots\dots\dots (1)$$

$$T_s = \frac{2\rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \dots\dots\dots (2)$$

dengan R_s dan T_s masing-masing adalah koefisien pantul dan koefisien transmisi, sedangkan r dan c adalah masa jenis dan cepat rambat gelombang ultrasonik dalam materi. Angka 1 dan 2 sebagai subscript menunjukkan materi ke-1 dan materi ke-2. Hasil perkalian antara r dan c disebut dengan impedansi akustik, yang sering disimbolkan dengan Z . Parameter ini sangat penting di dalam melakukan pengujian dengan metode ultrasonik.

METODOLOGI

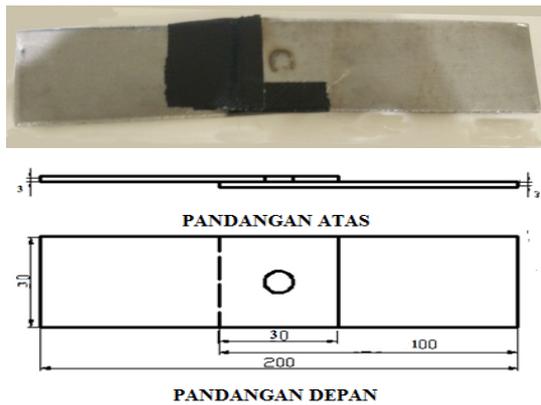
Pada penelitian ini spesimen dibuat dari material baja karbon selanjutnya dipadukan dengan proses las titik (*spot welding*). Penguji-

an ultrasonik dilakukan dengan metode *water immersion* dengan peralatan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1. Gambar 2 memperlihatkan foto dan skema ukuran spesimen. Las titik dilakukan dengan dengan variasi waktu (10 dan 20 detik), variasi arus listrik (40 A dan 50 A), dan tekanan konstan sebesar 1,5 bar. Alat ini terdiri dari *Ultrasonic Pulser Receiver*, *Transducer*, *Oscilloscope*, *X-Y table*, *transducer holder* untuk mengatur naik turun *transducer* dan bak untuk diisi air sebagai media perambatan gelombang ultrasonik dari transduser ke spesimen. Spesimen diletakkan di dalam air.

Ultrasonic pulser-receiver berfungsi membangkitkan gelombang ultrasonik, *transducer* berfungsi mengubah sinyal elektronik menjadi energi mekanik untuk diteruskan ke spesimen, sedangkan *oscilloscope* untuk menampilkan sinyal gelombang ultrasonik.

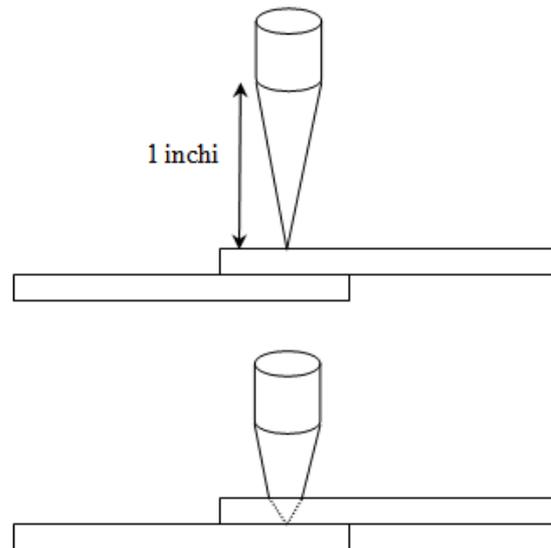


Gambar 1 Alat *ultrasonic water immersion* untuk visualisasi *nugget* las titik

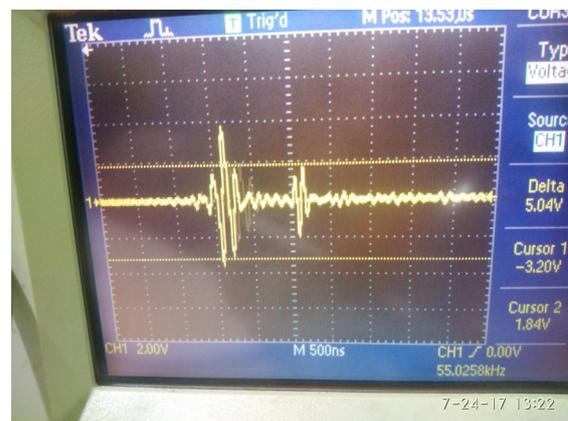


Gambar 2. Foto spesimen las titik dan skema ukurannya

Pengujian dilakukan menggunakan *focused transducer* dengan frekuensi 10 MHz dan jarak fokus 1 inci. Pada posisi fokus, sinyal pantul dari permukaan spesimen akan menunjukkan intensitas maksimum apabila jarak antara *transducer* dengan permukaan spesimen sebesar 1 inci (lihat gambar 3, atas). Pada posisi ini, *back wall echo specimen* bagian atas memiliki intensitas yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan sinyal gelombang pantul dari permukaan. Intensitas yang lebih besar akan dapat diperoleh dengan cara *defocusing*, yaitu titik fokus digeser dari yang seharusnya. Dalam penelitian ini, *transducer* digerakkan mendekati spesimen sedemikian rupa sehingga titik fokus imajiner berada pada permukaan bawah spesimen bagian atas (lihat Gambar 3, bawah). Kondisi ini akan tercapai apabila sinyal *backwall echo* dari spesimen bagian atas mencapai intensitas maksimum (lihat Gambar 4, sinyal kedua).



Gambar 3. Posisi *defocusing* (bawah)



Gambar 4. Kondisi sinyal UT saat titik fokus digeser

Pada kondisi titik fokus digeser ini, dilakukan pemindaian pada area di mana nugget berada (lihat Gambar 2, atas). Area pemindaian memiliki ukuran 15×15 mm. Pemindaian dilakukan menggunakan *X-Y table* di mana gerakannya dapat diamati dengan mikrometer. Pemindaian dilakukan dengan

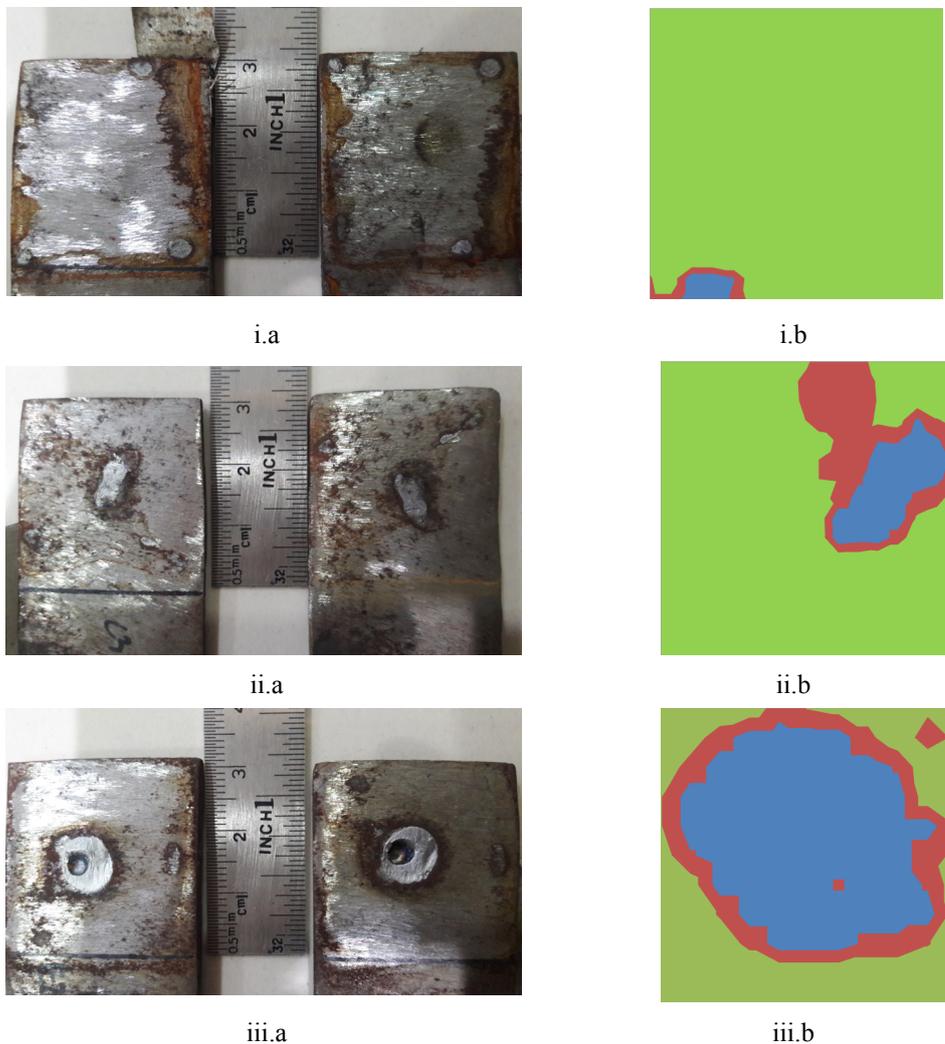
pitch sebesar 1 mm, sehingga dalam pemin-
daian ini diperoleh data 225 data. Data yang
diamati adalah tinggi sinyal dari *backwall*
spesimen bagian atas. Data yang diperoleh se-
lanjutnya ditayangkan secara dua dimensi untuk
membuat visualisasi nugget las titik berdasar-
kan tinggi rendahnya sinyal gelombang pantul.
Visualisasi dilakukan menggunakan aplikasi
MS Excel.

Untuk memastikan hasil evaluasi ultra-
sonik, specimen diuji tarik sampai patah, kemu-

dian diambil makrografi pada masing-masing
bagian nugget. Uji tarik dilakukan
menggunakan *Universal Tensile Machine*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil evaluasi ultrasonik ditampilkan
pada Gambar 5. Sebagai pembanding, pada
masing-masing hasil evaluasi ditayangkan
juga foto makrografi dari *fracture surface*
hasil setelah specimen diuji tarik.



Gambar 5. Hasil evaluasi ultrasonik

Pada Gambar 5 diperlihatkan tiga contoh hasil evaluasi *nugget* pada alas titik yang diikuti dengan hasil makrografi dengan kamera. Ketiga contoh memiliki kondisi *nugget* yang berbeda-beda, yaitu berturut-turut adalah hasil las titik yang tidak memiliki *nugget*, hasil las titik dengan *nugget* namun tidak sempurna, dan terakhir adalah hasil las titik dengan *nugget* sempurna. Dari ketiga hasil ini kita ketahui bahwa visualisasi hasil evaluasi dengan ultrasonik memiliki kesesuaian dengan makrografi *nugget*. Ketika *nugget* tidak terbentuk pada proses las titik, hasil evaluasi dengan metode ultrasonikpun tidak memperlihatkan adanya *nugget*. Dan, pada saat *nugget* terbentuk pada hasil proses las titik, baik berbentuk bulat memanjang dan bulat, maka hasil evaluasi dengan gelombang ultrasonik juga memperlihatkan bentuk yang sama. Namun demikian, meskipun bentuk yang dihasilkan memiliki kesesuaian tetapi dalam hal ukuran terdapat perbedaan. Hal ini disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut.

- a. Sebagaimana telah diuraikan pada bagian metode, bahwa ukuran diameter fokus *transducer* sebesar 1 mm dan *pitch* pemindaian adalah 1 mm, sehingga dengan ukuran pemindaian 15×15 mm, maka resolusi pemindaian ini masih rendah. Dengan demikian, batas-batas ukuran masih tidak jelas.
- b. Visualisasi hasil dilakukan dengan program aplikasi MS Excel, dimana dalam visualisasi ini dilakukan konversi nilai numerik ke dalam warna. Sedangkan warna ditentukan dengan kategorisasi berdasarkan rentang nilai numerik. Jadi

tidak ada perubahan gradasi antara satu warna ke warna yang lain.

Dari kedua penyebab yang telah diuraikan di atas, untuk memperbaiki tingkat kesesuaian antara hasil visualisasi evaluasi *nugget* berdasarkan metode ultrasonik dengan foto makrografi, maka dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut: i) memperkecil *pitch* pemindaian. Pada penelitian ini pemindaian dilakukan dengan *pitch* 1 mm, maka *pitch* diturunkan misalnya 0,1 mm atau lebih kecil. Cara ini bertujuan untuk memperbanyak informasi, ii) memperkecil diameter fokus, bertujuan untuk mengoptimasi energi pada area yang lebih kecil untuk membantu peningkatan resolusi, iii) meningkatkan frekuensi gelombang ultrasonik, bertujuan untuk meningkatkan sensitivitas evaluasi, sehingga kondisi *nugget* dapat dideteksi dengan lebih teliti, antara bagian yang sempurna sampai yang tidak sempurna, iv) pengolahan data citra dengan perangkat lunak khusus yang dapat menampilkan adanya gradasi kondisi *nugget*.

Dengan keempat metode yang telah diuraikan tersebut, akan dapat memberikan hasil visualisasi hasil evaluasi *nugget* yang lebih mendekati dengan hasil makrografi *fracture surface*. Apabila kesesuaian ukuran ini dapat didekati, maka metode ultrasonik teknik water immersion dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan hasil las titik. Karena, kekuatan hasil las titik ditentukan oleh kondisi *nugget* yang terbentuk.

KESIMPULAN

Telah dilakukan evaluasi *nugget* hasil las titik material baja karbon dengan metode ultrasonik teknik *water immersion*. Proses las titik dilakukan dengan memvariasikan waktu penekanan elektroda dan besarnya arus listrik, untuk memperoleh variasi kondisi *nugget*. Hasil-hasil evaluasi *nugget* yang ditayangkan secara visual (*C-scan*) menunjukkan bahwa metode ultrasonik teknik *water immersion* efektif digunakan untuk mengevaluasi hasil las titik. Meskipun hasil secara *C-scan* dapat memperlihatkan bentuk *nugget* yang sesuai dengan bentuk aslinya, namun secara ukuran terdapat perbedaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir atas dukungan finansial sehingga terlaksananya penelitian ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada para staf Bidang Pengembangan Fasilitas Keselamatan Reaktor-PTKRN-BATAN, yang telah mempersiapkan spesimen dan pelaksanaan uji tarik.

DAFTAR PUSTAKA

1. J. Schlichting, S. Brauser, L.A. Pepke, C. Maierhofer, M. Rethmeier, M. Kreutzbruck, NDT&E International 48, 23 - 29 (2012).
2. D. Min, S. S. Liu, H. Hong, P. Tao, P. L. Zhang, Materials and Design, 52, 353 - 358 (2013).
3. R.S. Florea, C.R. Hubbard, K.N. Solanki, D.J. Bammann, W.R. Whittington, E.B. Marin, Journal of Materials Processing Technology 212, 2358 - 2370 (2012).
4. A.M. Safi, M. A. Salam Akanda, J. Sadique, and M. S. Alam, Procedia Engineering 90, 110 - 115 (2014).
5. M. Thornton, L. Han, and M. Shergold, NDT&E International 48, 30 - 38 (2012) .
6. Winarta Dennis, Perbandingan Uji Ultrasonik Antara Metode Kontak Dengan Metode Water Immersion Untuk Prediksi Kualitas Hasil Las Titik Pada Material Yang Berbeda, S1 Final Project, Universitas Atma Jaya Jakarta, 2014.
7. R. Himawan, E. Tsuchida, Y. Arai, Measurement of Internal Geometry of Small Surface Crack by Ultrasonic Method, NII-Electronic library Service, Vol. 45, No. 4, pp. 610-611 (2002).
8. R. Himawan dan M. Farokhi, Jurnal Teknologi Bahan Nuklir 91 (2008).
9. R. Himawan and M. Haryanto, Proceeding of the 2nd International Conference on Nuclear Energy Technologies and Sciences, (2017) (on Press).