

STUDI PENENTUAN PANJANG DAN KEDALAMAN RETAK SAMBUNGAN LAS PADA KONSTRUKSI KAPAL MENGGUNAKAN PENGUJIAN ULTRASONIK DENGAN VARIASI FREKUENSI DAN UKURAN KRISTAL DAN DENGAN VARIASI KONDISI PERMUKAAN COATING DAN UNCOATING.

Deddy Kristianto, dan Wing Hendropresetyo AP. ST. M.Eng
Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: wing@na.its.ac.id

Abstrak—Ketidaktepatan dalam pengelasan diikuti dengan pengoperasian sering kali menimbulkan retak serta cacat-cacat dalam pengelasan pada sambungan las pondasi mesin di kapal yang telah dicat, pengujian ultrasonik dilakukan untuk mendeteksi lokasi retak tersebut tanpa membuang cat yang terdapat dipermukaan konstruksi. Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian pada sambungan tumpul las sebanyak lima buah specimen dengan ukuran 400x200x12 mm dan pada setiap specimen diberikan beberapa variasi ketebalan cat yaitu 0 mikron, 60 mikron, 120 mikron, 250 mikron, dan 300 mikron dimana sebelum diberikan variasi ketebalan cat terlebih dahulu diberikan retak buatan pada setiap specimen di daerah toe sambungan las dengan ukuran panjang 20 mm, 30 mm, 50 mm, dan 70 mm, dengan kedalaman 2 mm, 4 mm, 6 mm dan 8 mm, pengujian ultrasonik dilakukan dengan memvariasikan ukuran transducer yaitu 8 x 9 mm (2MHz), 20 x 22 mm (2MHz), dan 8 x 9 mm (4MHz). Setelah itu dilakukan pemeriksaan dengan menggunakan metode ultrasonik untuk membandingkan retak aktual dengan retak hasil scanning untuk panjang dan kedalaman retak. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa semakin besar variasi ketebalan cat yang diberikan pada specimen uji maka efektivitas pembacaan ukuran retak dengan menggunakan metode ultrasonik test akan menurun. Frekuensi transducer yang lebih besar memiliki kemampuan yang lebih sensitif untuk mendeteksi retak dan ukuran kristal transducer yang lebih besarakan lebih sensitif untuk mendeteksi retak dikarenakan penyebaran berkas suara yang lebih konstan. Dari ketiga jenis transducer yang paling akurat adalah 8 x 9 mm (4MHz).

Keywords—Ultrasonik, Pondasi mesin, Ketebalan cat, Transducer.

I. PENDAHULUAN

Dalam suatu konstruksi khususnya pada konstruksi yang dilakukan proses pengelasan (*welding*), sering sekali terjadi ketidaksempurnaan dalam penyambungan, seperti cacat las *crack* (CR), *incomplete fusion* (IF), *incomplete penetration* (IP), dan *elongated indication* (EI). Cacat las pada suatu konstruksi apabila tidak segera dilakukan perbaikan, maka pada area tersebut dapat menimbulkan retak yang diperparah dengan penjaralan retak yang lebih meluas sehingga dapat menyebabkan patah getas sehingga merugikan. Pada kesempatan kali ini akan membahas mengenai sensitivitas pendeteksian panjang dan kedalaman cacat yang dipengaruhi oleh variasi frekuensi dan ukuran kristal *transducer* dan kondisi permukaan (tanpa dilapisi *nonconductive coating* dan

dilapisi variasi ketebalan *nonconductive coating*) pada *engine bed*. Untuk itu dalam mendeteksi panjang dan kedalaman retak yang terjadi pada sambungan las dapat dilakukan dengan menggunakan ultrasonik testing (UT).

Prinsip dari pengujian ini adalah merambatkan suara pada material dan memantulkan kembali pada daerah yang terdeteksi adanya retak dan ditampilkan pada layar. Untuk mengetahui panjang retak yang diinginkan maka dilakukan pemeriksaan dengan teknik 6dB drop, sedangkan untuk mengetahui kedalaman retak yang diinginkan menggunakan teknik 20dB drop sehingga dalam penelitian ini dapat diketahui efektifitas pemeriksaan menggunakan ultrasonik testing.

Variasi transducer adalah 8 x 9 mm (2MHz), 20 x 22 mm (2MHz), and 8 x 9 mm (4MHz). Sedangkan variasi ketebalan cat adalah 60 mikron, 120 mikron, 250 mikron, dan 300 mikron.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengujian Ultrasonik

Untuk menemukan indikasi diskontinuitas di dalam material, peralatan yang paling sering digunakan adalah UT *Flaw Detector*, termasuk *probe* dan *test instrument* atau blok kalibrasi. Peralatan *ultrasonic* yang sering digunakan adalah yang menggunakan teknik *pulse echo* yaitu dengan membangkitkan pulsa listrik tegangan tinggi berdurasi singkat yang diaplikasikan pada transducer yang mengubahnya menjadi getaran mekanis yang dirambatkan ke dalam material yang diperiksa. Persentase terbesar gelombang suara dipantulkan kembali dari permukaan bagian depan benda uji ke *transducer*. Sisanya dipantulkan oleh permukaan bagian belakang benda uji atau diskontinuitas. [Krautkramer, 1992].

Gelombang suara yang diterima kembali oleh transducer akan diubah menjadi pulsa-pulsa listrik yang diperkuat dan ditampilkan pada layar *liquid crystal display* (LCD) sebagai pulsa-pulsa *vertical* yang menunjukkan kedalaman dan amplitudo gelombang suara yang dipantulkan dari sebuah diskontinuitas. Tampilan pada layar LCD UT Flaw Detector pada pengujian ultrasonik dikenal sebagai Scan-A. [1]

B. Teori Dasar Pengujian Ultrasonik

Ultrasonik adalah suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kiloHertz. Hanya beberapa hewan, seperti lumba-lumba menggunakannya untuk komunikasi, sedangkan kelelawar menggunakan gelombang ultrasonik untuk navigasi. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (di atas) frekuensi gelombang suara (sonik). Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik ini di permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat, tapi pada tekstil dan busa jenis gelombang ini akan diserap. [2]

Pada dasarnya dalam pengujian ultrasonik adalah dengan memasukkan getaran ultrasonik ke dalam spesimen. Spesimen kemudian mengubah getaran tersebut dengan beberapa cara. Hasil perubahannya dideteksi oleh sistem pengujian, dan melalui sebuah indikasi, diperoleh informasi mengenai spesimen. Pekerjaan seorang inspector adalah mengaplikasikan sistem ke dalam spesimen dan menginterpretasi hasilnya melalui indikasi yang diperoleh. [3]

C. Mode Perambatan Gelombang Ultrasonik

Perambatan gelombang ultrasonic dalam suatu media dapat terjadi dalam beberapa mode, yaitu:

1. *Longitudinal (Compression)*
2. *Transversal (Shear)*
3. *Surface (Rayleigh)*
4. *Plate (Lamb)*

Masing-masing mode perambatan tersebut memiliki fungsi tersendiri dalam pemeriksaan ultrasonik, dan masing-masing perlu diketahui sifat-sifatnya. [1]

D. Pelemahan (Atenuasi)

Energi suara akan mengalami penyebaran (divergensi) selama merambat dalam media tertentu sehingga intensitas energi pada jarak yang semakin jauh dari sumber gelombang suara (*transducer*) akan menurun. Penurunan intensitas energi juga terjadi di daerah yang jaraknya semakin jauh dari pusat berkas. Pelemahan energi yang terjadi berbeda untuk setiap media, tergantung pada tingkat penyerapan dan hamburan energi suara. [1]

Gelombang energi yang merambat dalam suatu media tertentu dapat digambarkan sebagai berkas yang berbentuk kerucut yang terbagi menjadi dua zona. Yaitu, *Near (dead) Field* dan *Far field*. [4]

Intensitas energi suara pada *near field* bervariasi secara tidak teratur akibat interaksi gelombang suara di dekat transducer. Hal ini mengakibatkan pendeteksian diskontinuitas yang letaknya di dekat permukaan menjadi tidak akurat. Sedangkan di dalam *far field*, intensitas suara berkurang secara teratur secara terus menerus akibat adanya *atenuasi* dan *beam spread*. [4]

E. Beam Spread

Bentuk pancaran gelombang di dalam material akan mengalami penyebaran. Semakin jauh perambatan gelombang dari permukaan material maka penyebaran gelombang semakin besar pula. Hal ini akan berdampak pada penurunan intensitas energi suara. Penurunan intensitas energi juga terjadi di daerah yang jaraknya semakin jauh dari pusat berkas suara. Penyebaran gelombang atau *Beam spreading* utamanya dipengaruhi oleh perubahan *plane waves* menjadi gelombang silinder. Hal ini tergantung permukaan elemen transducer. [4]

F. Pelemahan (atenuasi)

Energi suara akan mengalami penyebaran (divergensi) selama merambat dalam media tertentu sehingga intensitas energi pada jarak yang semakin jauh dari sumber gelombang suara (*transducer*) akan menurun. Penurunan intensitas energi juga terjadi di daerah yang jaraknya semakin jauh dari pusat berkas. Pelemahan energi yang terjadi berbeda untuk setiap media, tergantung pada tingkat penyerapan dan hamburan energi suara. [1]

Gelombang energi yang merambat dalam suatu media tertentu dapat digambarkan sebagai berkas yang berbentuk kerucut yang terbagi menjadi dua zona. Yaitu, *Near (dead) Field* dan *Far field*. [4]

Intensitas energi suara pada *near field* bervariasi secara tidak teratur akibat interaksi gelombang suara di dekat transducer. Hal ini mengakibatkan pendeteksian diskontinuitas yang letaknya di dekat permukaan menjadi tidak akurat. Sedangkan di dalam *far field*, intensitas suara berkurang secara teratur secara terus menerus akibat adanya *atenuasi* dan *beam spread*. [4]

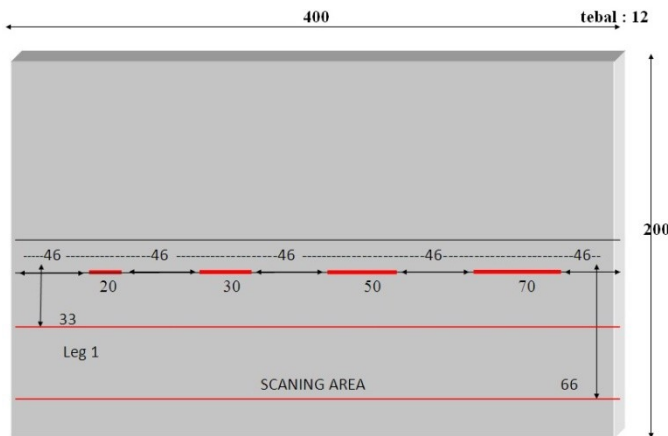
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Persiapan Material

Pada proses penyelesaian penelitian ini dilakukan tahapan identifikasi material/bahan pengujian agar dapat dilakukan penelitian dengan penggunaan pemeriksaan nondestructive testing yaitu metode *ultrasonic testing* (UT).

Specimen atau material uji akan dipersiapkan pada penelitian ini berjumlah 5 buah yang di potong dengan ukuran 400x200x12 mm dimana pada setiap specimen atau material uji akan diberikan suatu crack/retak buatan menggunakan EDM dengan ukuran bervariasi. Ukuran retaknya yaitu 20 mm, 30 mm, 50 mm, dan 70 mm, dengan kedalaman retak 2 mm, 4 mm, 6 mm, dan 8 mm pada setiap material uji. Dimana setelah material uji tersebut diberikan cacat buatan maka langkah selanjutnya yaitu material akan diberikan suatu variasi ketebalan cat yang berbeda pada setiap material yaitu dengan ukuran ketebalan tanpa cat, 60 mikron, 120 mikron, 250 mikron, dan 300 mikron. Pembuatan material uji yang tidak diberikan nonconductive bertujuan untuk membandingkan pengaruh adanya lapisan cat pada material uji terhadap hasil pengujian sehingga selanjutnya dapat dilakukan pemeriksaan

pada tiap variasi ketebalan dengan menggunakan *ultrasonic testing*.



Gambar 1. Model spesimen uji

B. Pembuatan Retak Buatan

Material uji yang sudah dilas dan telah dilakukan proses pembersihan serta penghalusan dari ketajaman siap untuk diberikan cacat buatan dengan menggunakan alat yang disebut EDM. Dimana posisi dari crack diatur sedemikian rupa agar memudahkan dalam hal proses pemeriksaan dengan menggunakan metode ultrasonic testing (UT).

Tabel 1. Ukuran retak

No	Panjang (mm)	Kedalaman (mm)	Lebar (mm)
1	20	2	0.5
2	30	4	0.5
3	50	6	0.5
4	70	8	0.5

C. Aplikasi Nonconductive Coating

Setelah material diberikan cacat buatan dengan ukuran yang telah ditentukan. Maka proses selanjutnya pada penelitian ini yaitu dengan pengaplikasian nonconductive coating. Pelapisan ini dilakukan dengan berbagai variasi sehingga memudahkan peneliti dalam hal menganalisa khususnya pada variasi ketebalan sehingga diketahui pengaruh dari cat itu sendiri dalam hal pembacaan ukuran cacat yang sebenarnya. Setelah spesimen uji diberikan lapisan cat kemudian dilakukan pengukuran ketebalan cat menggunakan *dry film thickness* sehingga ketebalan cat sesuai dengan yang sudah direncanakan.

D. Kalibrasi Peralatan

1. Kalibrasi exit point probe sudut

Titik indeks perlu diketahui lokasinya dikarenakan titik ini merupakan titik nol dari setiap pengukuran jarak. Penentuan titik indeks dilakukan dengan cara meletakkan probe sudut pada blok kalibrasi V1 kemudian digerakkan probe maju mundur,

agar diperoleh indikasi pulsa tertinggi karena memantul pada lengkungan yang berjari-jari 100 mm.

2. Kalibrasi sudut probe

Pengukuran sudut dengan blok V1 dapat dilakukan dengan meletakkan probe pada blok kalibrasi menhadap lengkungan (berisi prespex 50 mm). Geser probe untuk menampilkan pulsa tertinggi, harga sudut dari probe sudut diperoleh dengan menempatkan letak titik indeks terhadap skala yang ada pada blok kalibrasi tersebut.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Berikut ini akan dilakukan analisa dan pembahasan terhadap hasil pengujian ultrasonic test yang telah dilakukan sebelumnya. Dimana pengujian ini dilakukan pada material uji dengan beberapa variasi ketebalan nonconductive coating.

Adapun pembahasan dilakukan pada ukuran crack serta variasi ketebalan sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan kemampuan pembacaan UT terhadap panjang retak (%)

no	Ketebalan cat	8 x 9 (2 MHz)	20 x 22 (2 MHz)	8 x 9 (4 MHz)
1	0 Mikron	100	100	100
2	60 Mikron	95.9	96.15	97.53
3	120 Mikron	93.33	94.29	95.4
4	250 Mikron	89.91	91.4	91.69
5	300 Mikron	88.94	90.55	91.22

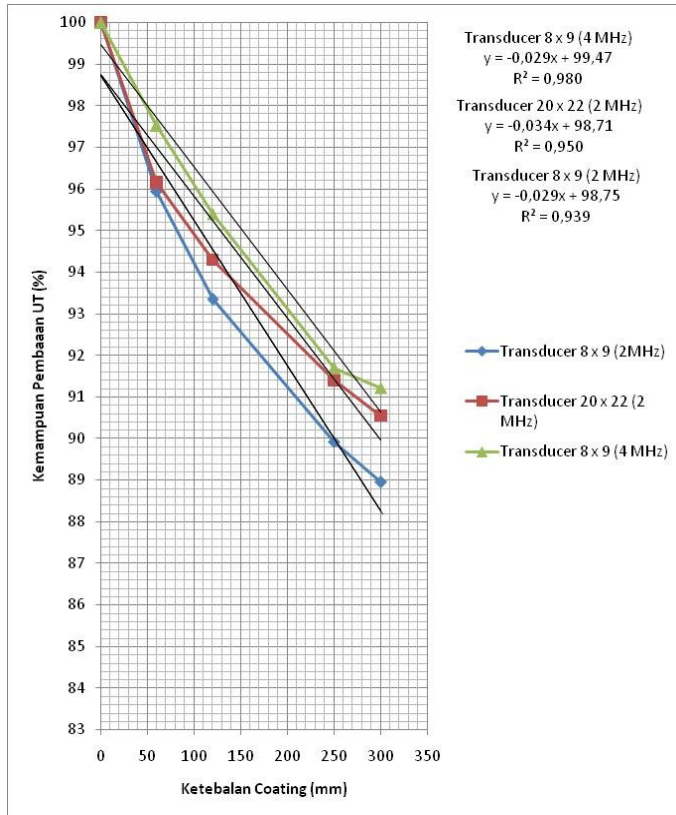
Tabel 1. Perbandingan kemampuan pembacaan UT terhadap kedalaman retak (%)

no	Ketebalan cat	8 x 9 (2 MHz)	20 x 22 (2 MHz)	8 x 9 (4 MHz)
1	0 Mikron	100	100	100
2	60 Mikron	93.79	94.79	97.90
3	120 Mikron	91.77	92.88	94.79
4	250 Mikron	90.21	91.82	92.60
5	300 Mikron	87.60	89.90	89.58

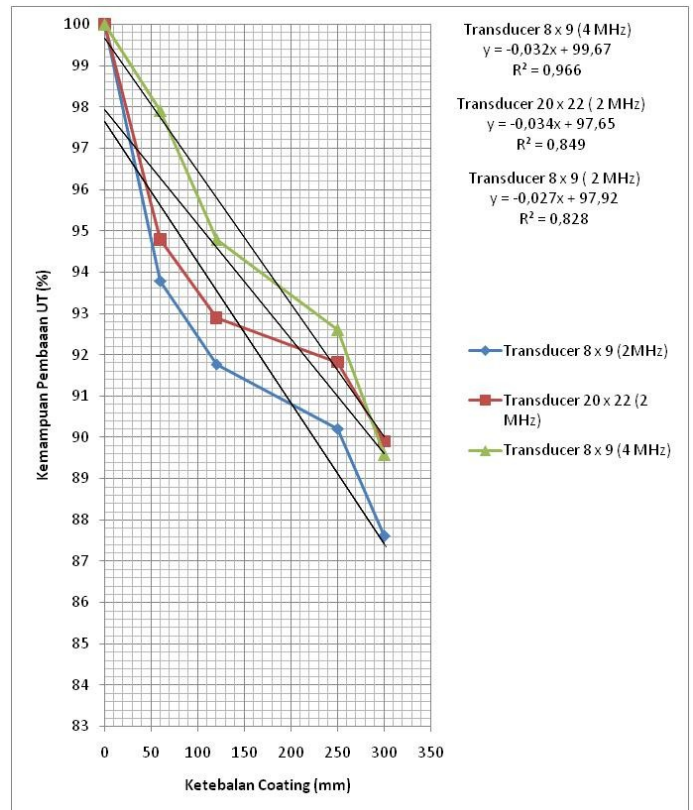
Dari hasil yang didapatkan untuk variasi frekuensi dan ukuran kristal transducer terhadap sensitivitas panjang dan kedalaman retak pada spesimen uji yang telah diberikan variasi ketebalan cat maka dapat dipilih transducer sesuai dengan kemampuan pembacaan yang efektif. Untuk spesimen uji tanpa dilapisi cat maka ketiga transducer tersebut dapat digunakan dikarenakan kemampuan pembacaan panjang dan kedalaman memiliki prosentase yang sama. Untuk spesimen uji dengan ketebalan 60 mikron dan 120 mikron dapat digunakan transducer 8 x 9 (2 MHz), untuk spesimen uji

dengan ketebalan 120 mikron dan 250 mikron dapat digunakan transducer 20 x 22 (2 MHz) yang memiliki kemampuan pembacaan lebih baik dibandingkan dengan transducer 8 x 9 (2 MHz), sedangkan pada spesimen uji dengan ketebalan 250 mikron dan 300 mikron dapat digunakan transducer 8 x 9 (4 MHz) dikarenakan transducer 8 x 9 (2 MHz) dan 20 x 22 (2 MHz) sensitivitas kemampuan pembacaan lebih kecil sehingga tidak mendapatkan hasil yang akurat. Pemilihan jenis transducer (frekuensi dan ukuran kristal) menjadi hal yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil scanning yang akurat pada konstruksi yang telah dilapisi cat.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa transducer dengan frekuensi dan diameter (8x9mm 4MHz) memiliki sensitivitas yang tinggi untuk mendeteksi ukuran retak dikarenakan sudut penyebaran berkas suara yang kecil dan frekuensi yang besar sehingga berkas suara konstan, untuk transducer dengan frekuensi dan diameter (20x22mm 2MHz) memiliki sudut penyebaran berkas suara yang terkecil namun frekuensi yang kecil menyebabkan sensitivitas berkurang, sedangkan transducer dengan frekuensi dan diameter (8x9mm 2MHz) memiliki sensitivitas paling rendah dikarenakan sudut penyebaran berkas suara yang besar dan frekuensi yang kecil.



Gambar 2. Grafik perbandingan ketebalan dan kemampuan pembacaan UT untuk panjang retak.



Gambar 3. Grafik perbandingan ketebalan dan kemampuan pembacaan UT untuk kedalaman retak.

Energi suara akan mengalami penyebaran (divergensi) dan pelemahan (atenuasi) selama merambat dalam media tertentu sehingga intensitas energi pada jarak yang semakin jauh dari sumber gelombang suara (*transducer*) akan menurun. Penurunan intensitas energi juga terjadi di daerah yang jaraknya semakin jauh dari pusat berkas.

Frekuensi transducer berpengaruh terhadap panjang gelombang yang dihasilkan dimana semakin besar frekuensi transducer maka gelombang yang dihasilkan akan semakin pendek, hal itu membuat sensitivitas meningkat sehingga dapat mendeteksi cacat yang berukuran kecil

Ukuran transducer berpengaruh terhadap berkas suara yang dihasilkan dimana semakin besar ukuran transducer maka akan semakin konstan penyebaran berkas suara.

V. RINGKASAN

- Sensitivitas pembacaan dengan menggunakan ultrasonik akan menurun seiring dengan pertambahan ketebalan dari *nonconductive coating* dikarenakan adanya atenuasi pada lapisan *nonconductive coating*.
- Frekuensi transducer yang lebih besar memiliki sensitivitas yang lebih baik dalam pembacaan panjang dan kedalaman retak. Transducer 8 x 9 (4 MHz) memiliki sensitivitas yang baik dibandingkan transducer 8 x 9 (2 MHz).
- Ukuran kristal transducer yang lebih besar memiliki berkas suara yang konstan sehingga menghasilkan sensitivitas yang lebih baik dalam pembacaan panjang dan kedalaman

retak. Transducer 20 x 22 (2 MHz) memiliki sensitivitas yang baik dibandingkan transducer 8 x 9 (2 MHz).

- Pengujian yang dilakukan sesuai dengan *standard operating procedure* (SOP) akan menghasilkan ukuran retak (panjang dan kedalaman) yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Berke, Michael.**, *Nondestructive Material Resting with Ultrasonic – Introduction to the Basic Principles*, Krautkramer, 1992.
- [2] **Smilie, Robert W.**, *Programmed Instruction Handbook, Nondestructive Testing – Introduction*, PH Diversified, Inc., South Harrisburg, 1995.
- [3] **Smilie, Robert W.**, *Programmed Instruction Handbook, Nondestructive Testing – Ultrasonic, Volume I –Basic Principles*, PH Diversified, Inc., South Harrisburg, 1995.
- [4] **Hellier, Charles.**, *Handbook of Non Destructive Evaluation*, New York ; MacGrow-Hill companies Inc, 2003.