

ANALISA KESALAHAN SCANNING ARAH ROLLING PLATE PADA MATERIAL TMCP (*THERMO MECHANICAL CONTROL PROCESS*) TERHADAP INTERPRETASI LOKASI CACAT DENGAN METODE *ULTRASONIC TESTING*

Totok Tjatoer Indrianto^{1*}, Trisno Susilo², Zakwan Hilmy³

^{1,2,3}Universitas Karimun

Email: tj.indrianto@gmail.com

Jl. Canggai Puteri Kel. Teluk Uma Kec. Tebing Kab. Karimun 29663, Indonesia

Korespondensi penulis: tj.indrianto@gmail.com

Abstract. *TMCP (Thermo-Mechanical Control Process) material, also called anisotropic steel, has recently been used frequently for industrial needs in ship construction, onshore and offshore fabrication. Where TMCP material has different characteristics in its wave propagation speed (velocity) in the material between the direction of plate rolling (rolling direction) which is parallel or longitudinal direction and the transverse direction. This causes the refraction angle of wave propagation to change, thus making the appearance of an indication different on the monitor screen when Ultrasonic Testing (UT) is carried out. The methodology used for this study is to use the literature study method and verification of test results. Where in verifying using the manual ultrasonic testing (MUT) procedure in accordance with DNVGL-CG-0051 revision 2015.*

The expected results in this study are to provide knowledge about the characteristics of TMCP material and its effects on ultrasonic testing. As well as calibration techniques, how to name saved files and ultrasonic testing on TMCP materials, so that there are no errors in interpreting an indication.

Keywords: *Ultrasonic testing (UT), TMCP (Thermo Mechanical Control Process) material, parallel direction (Longitudinal), transverse direction (Transversal), Velocity.*

Abstrak. Material TMCP (*Thermo-Mechanical Control Process*) yang juga disebut baja *anisotropic* akhir-akhir ini mulai sering digunakan untuk kebutuhan industri baik dalam konstruksi perkapalan, fabrikasi *onshore* maupun *offshore*. Dimana material TMCP mempunyai karakteristik yang berbeda pada kecepatan rambat gelombangnya (*velocity*) didalam material antara arah penggulungan pelat (*Rolling Direction*) yang arah sejajar (*Longitudinal Direction*) dengan yang arah melintang (*Transversal Direction*). Hal ini yang menyebabkan sudut bias (*Refraction of Angle*) perambatan gelombang menjadi berubah, sehingga membuat tampilan suatu indikasi akan berbeda pada layar monitor ketika dilakukan pengujian Ultrasonic Testing (UT). Metodologi yang digunakan untuk penelitian ini adalah menggunakan metode studi pustaka dan verifikasi dari hasil pengujian. Dimana dalam memverifikasi menggunakan prosedur *manual ultrasonic testing* (MUT) yang sesuai dengan DNVGL-CG-0051 revisi 2015.

Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah dapat memberikan pengetahuan tentang karakteristik dari material TMCP dan pengaruhnya terhadap pengujian ultrasonik. Serta Teknik kalibrasi, cara pemberian nama file tersimpan dan pengujian ultrasonik pada material TMCP, sehingga tidak terjadi kesalahan dalam interpretasi suatu indikasi.

Kata kunci: Pengujian ultrasonik (UT), Material TMCP (*Thermo Mechanical Control Process*), arah sejajar (*Longitudinal*), arah melintang (*Transversal*), *Velocity*.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan pelat baja berkekuatan tinggi untuk pembuatan kapal merupakan perkembangan material TMCP. Mereka memiliki struktur mikro butiran yang halus dan memiliki kekuatan serta ketangguhan yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon mangan konvensional, paduan mikro dan baja yang diberi perlakuan panas. Properti ini memberikan keuntungan biaya karena pelat yang lebih tipis dapat digunakan untuk mencapai kekuatan yang sama dibandingkan dengan baja konvensional yang lebih tebal sehingga dapat mengurangi bobot kapal. (Shigeru & Naoki, 2015), (Nishioka & Ichikawa, 2012)

Dikarenakan sifat baja TMCP yang biasanya disebut *anisotropic*, mempunyai perbedaan kecepatan rambat gelombang suara (*Velocity*) antara arah *longitudinal* dan arah *Transverse* terhadap pelat. Sehingga berpengaruh terhadap pengujian ultrasonic (UT) dan akan terjadi perbedaan tampilan di layar monitor alat UT. Saat melakukan pengujian ultrasonic dengan gelombang geser (*shear wave*), maka efek *anisotropic* dapat menyebabkan kedalaman indikasi tidak akurat. (DNV GL, 2015)

2. KAJIAN TEORITIS

Baja TMCP (*Thermo-Mechanical Control Process*) dikembangkan di Jepang sekitar akhir tahun 1970-an dan dicirikan dengan struktur mikro butiran yang sangat halus namun mempunyai kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi daripada baja karbon mangan (C-Mn), paduan mikro atau baja perlakuan panas konvensional. (Holloway & Ginzel, 2021)

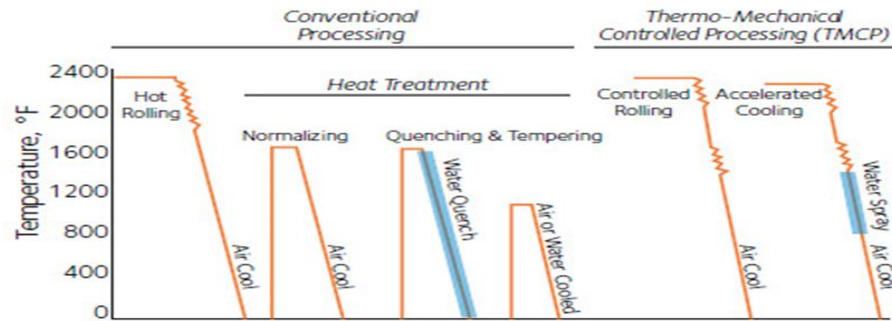
Sejarah dalam perkembangan pelat baja TMCP berkekuatan lebih tinggi saat ini sangat dibutuhkan dalam pembuatan kapal. Beberapa tahun terakhir terdapat peningkatan kebutuhan akan efisiensi yang lebih tinggi dalam transportasi laut, pengurangan konsumsi bahan bakar dan pengurangan beban lingkungan. (Shigeru & Naoki, 2015). Saat ini material TMCP bukan hanya dibutuhkan di bidang perkapalan saja namun juga konstruksi *oil and gas* baik *onshore* maupun *offshore* serta dalam konstruksi jembatan.



Gambar 1. Kontruksi kapal dan offshore yang menggunakan material TMCP

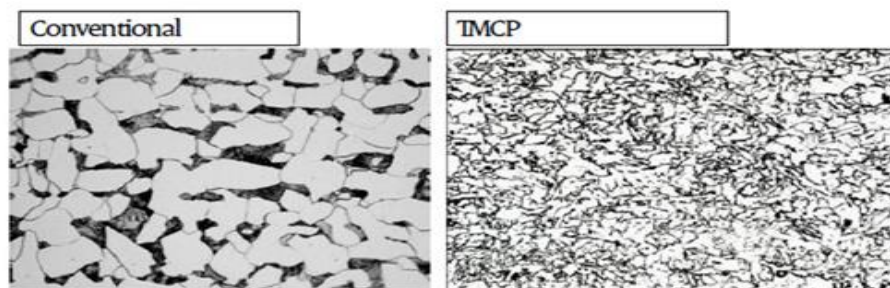
Penggunaan baja berkekuatan lebih tinggi untuk aplikasi konstruksi semacam itu sering kali dilatarbelakangi oleh pengurangan ukuran pelat dan berat total dengan tetap menjaga kapasitas dukung beban. Pengurangan bobot konstruksi memberikan banyak keuntungan, seperti konsumsi material yang lebih rendah, pekerjaan pengelasan yang lebih sedikit, serta berkurangnya upaya pengangkutan dan pengangkatan. Keunggulan ini sering kali dapat memberikan kompensasi yang berlebihan terhadap peningkatan biaya material per ton baja berkekuatan lebih tinggi. (IMO, n.d.).

Material TMCP (Thermo Mechanical Controlled Processed) adalah jenis material baja yang diproses dengan metode kontrol termo-mekanis. Proses ini melibatkan pemanasan ulang, penggulangan pelat dan pendinginan setelah penggulangan pelat dengan total kontrol yang terpenting. TMCP meliputi TMR (Thermo Mechanical Rolling) dan AcC (Accelerated Cooling), dimana AcC sering kali dianggap sebagai bagian dari TMCP.



Gambar 2. Definisi dari TMCP material

Baja TMCP memiliki butir yang sangat halus dan telah dikembangkan untuk menyediakan kekuatan yang lebih tinggi, keuletan, dan kemampuan las yang lebih baik daripada baja karbon mangan. Proses TMCP ini memungkinkan pengurangan kandungan karbon dalam baja untuk meningkatkan kemampuan las dan ketangguhan, sambil tetap mempertahankan kekuatan dengan penambahan unsur paduan dan perlakuan



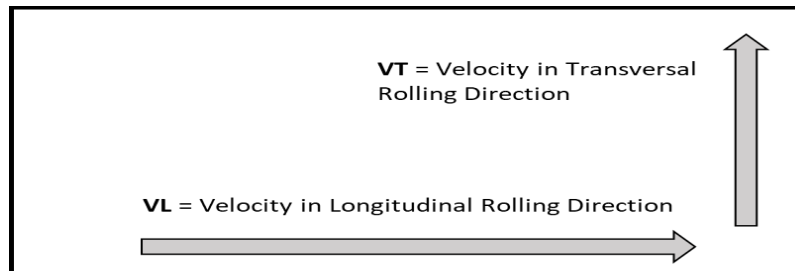
termomekanis selama proses. (Materia ; Febriyanti, Priadi and Riastuti, 2016)

Gambar 3. Struktur mikro pelat TMCP dibandingkan dengan pelat konvensional

Dikarenakan material ini mempunyai karakteristik yang berbeda antara penggulangan pelat (*Rolling Direction*)nya baik yang arah sejajar (*Longitudinal Direction*) dengan yang arah melintang (*Transversal Direction*). Hal ini yang mengakibatkan terjadinya perbedaan sudut bias (*refraction*) gelombang suara (*sound wave*) di dalam material tersebut. Seorang teknisi UT harus memperhatikan hal ini dengan benar.

Pada baja konvensional (*isotropic*), selama ini tidak ada pengaruh atau masalah dalam pemeriksaan ultrasonik dengan menggunakan sudut bias pada saat memindai (*scanning*) baik itu dalam arah penggulangan pelat / *longitudinal direction* ataupun arah melintang / *transversal direction*.

Namun tidak demikian jika pada material baja *TMCP (anisotropic)*, dimana material ini mempunyai variasi kecepatan perambatan gelombang suara (*velocity*) lebih dari 2% antara arah parallel (*Velocity Longitudinal/VL*) dengan arah melintang (*Velocity Transversal/VT*). (Sudhir, 2020)



Gambar 4. Perbedaan velocity melebihi 2% antara VL dan VT maka disebut material anisotropic / TMCP

Ultrasonic adalah suatu teknik pemeriksaan yang serba guna dengan menggunakan gelombang getar yang berfrekuensi tinggi untuk menguji berbagai macam produk baik metalik maupun nonmetalik seperti lasan, tempaan, tuangan, *sheet*, *tubing*, plastic dan keramik. Ultrasonik mempunyai suatu keuntungan dapat mendeteksi cacat material dibawah permukaan dengan akses hanya satu sisi specimen.

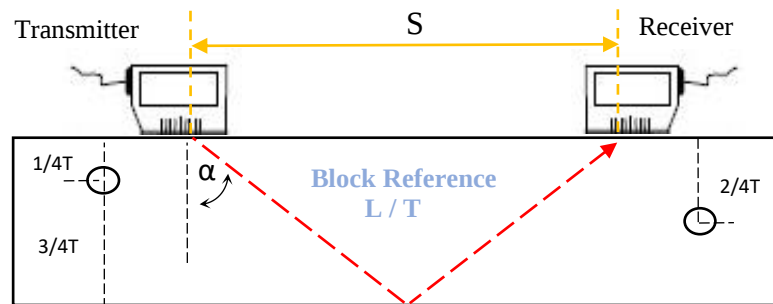
Pengujian ultrasonik atau *Ultrasonic Testing (UT)* menggunakan energi suara frekuensi tinggi (1-25MHz) untuk melakukan pemeriksaan dan melakukan pengukuran. Inspeksi ultrasonik dapat digunakan untuk deteksi/evaluasi cacat, pengukuran dimensi, karakterisasi material, dan banyak lagi. Energi suara dirambatkan melalui material dalam bentuk gelombang. Ketika terdapat *diskontinuity* (cacat) pada jalur gelombang, sebagian energi akan dipantulkan kembali dari permukaan cacat tersebut. Sinyal gelombang yang dipantulkan diubah menjadi sinyal listrik oleh transduser dan ditampilkan pada layar. Pada applet di bawah ini, kekuatan sinyal yang dipantulkan versus waktu dari pembangkitan sinyal hingga gema diterima. Waktu tempuh sinyal dapat berhubungan langsung dengan jarak yang ditempuh sinyal. Dari sinyal, informasi tentang lokasi reflektor, ukuran, orientasi dan fitur lainnya terkadang dapat diperoleh. (Inspeksi.co.id, 2023)

Dalam melakukan pengujian ultrasonik pada material TMCP (*anisotropic*) dengan gelombang sudut akan mengalami banyak perubahan dalam sudut *refraction* dan tinggi amplitudonya dibandingkan dengan material konvensional (*isotropic*).

Saat melakukan inspeksi pada pelat menggunakan ultrasonik dengan gelombang *shear* bersudut, efek *anisotropic* dapat menyebabkan kedalaman indikasi tidak akurat. Hal ini menjadi masalah terutama ketika instrumen ultrasonik telah dikalibrasi pada bahan isotropik seperti Blok Kalibrasi ISO 1 atau Blok Tipe IIW sementara benda ujinya bersifat *anisotropic*. DNVGL–CG–0051 membuat ketentuan untuk menggunakan blok kalibrasi dari bahan TMCP yang sama dan mencatat bahwa target lubang bor samping (SDH) sebagai referensi harus diatur sehingga arah gelombang dapat terarahkan terhadap arah penggulangan yang sama dengan benda uji. Pendekatan DNVGL tidak berupaya mengukur kecepatan akustik. Sebaliknya, ia mencoba untuk menentukan sudut bias sebenarnya (DNV GL, 2015). Oleh karena itu, sebelum melakukan pengujian harus dilakukan kalibrasi peralatan yang akan digunakan sesuai dengan prosedur *Manual Ultrasonic Testing (MUT)* yang sesuai dengan DNVGL- CG-0051 tahun 2015.

Untuk pancaran normal gelombang suara yang digunakan adalah gelombang lurus (*longitudinal wave*) dan tidak ada perubahan *velocity*, baik untuk arah *longitudinal* maupun arah *transversal*.

Untuk pancaran sudut gelombang suara yang digunakan adalah gelombang geser (*shear wave*) sehingga akan terjadi pembiasan gelombang didalam material. Dikarenakan adanya perbedaan *velocity* antara arah *longitudinal* dan arah *transversal* maka sudut bias (*refraction of angle*) akan berbeda juga. Sedangkan untuk mengetahui perubahannya maka diperlukan 2 probe yang sama ukurannya (ukuran kristal dan frekwensi), dimana satu sebagai pengirim gelombang (*transmitter*) dan yang lainnya sebagai penerima gelombang (*receiver*).



Gambar 5. Cara penentuan aktual sudut

DNVGL-CG-0051 membuat ketentuan untuk menggunakan blok kalibrasi dari bahan TMCP yang sama dan mencatat bahwa target lubang bor samping / *side drill hole* (SDH) referensi harus diatur sedemikian rupa sehingga arah pancaran relatif terhadap arah *rolling* akan sama dengan benda uji. (DNV GL, 2015)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penggunaan metode dalam penelitian ini adalah menggunakan metode analisa studi Pustaka dan verifikasi dari hasil pengujian. Dimana dalam melakukan pengujian ultrasonik /UT pada *weld seam* di material TMCP (*Thermo Mechanical Control Process*) dalam memverifikasi menggunakan prosedur *manual ultrasonic testing* (MUT) yang sesuai dengan DNVGL-CG0051 revisi 2015.

Sebelum melakukan pengujian tentunya harus mempersiapkan peralatan yang akan digunakan seperti alat *UT set* beserta aksesorisnya serta persiapan *system* dari alat itu sendiri dengan cara mengkalibrasinya. Adapun peralatan yang digunakan adalah:

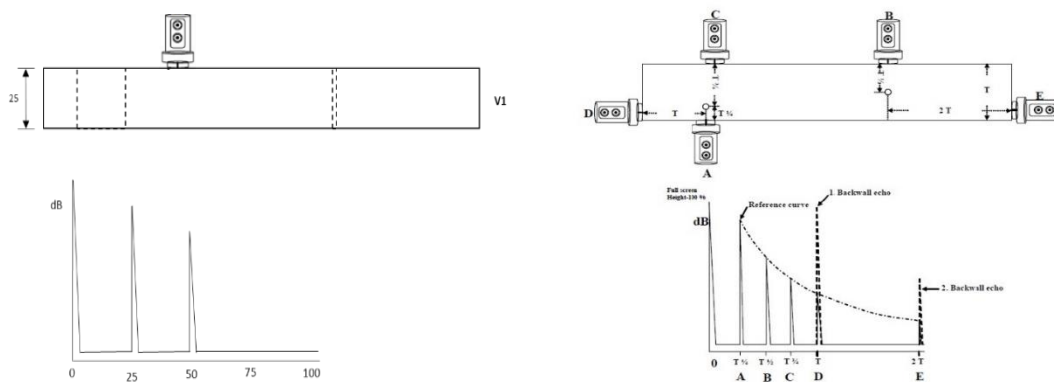
Tabel 1. Peralatan Yang Digunakan Untuk Pengujian

No.	Alat	Keterangan	Jumlah	Serial No.
1	UT Set	A scan	1	19017640
2	Probe 0°	2Mhz – Ø20mm	1	13450
3	Probe 45°	2Mhz - 14x14mm	2	1. 21053 2. VC0010
4	Probe 60°	2Mhz - 14x14mm	2	1. 21059 2. 3S0007
5	Probe 70°	2Mhz - 14x14mm	2	1. 21076 2. 3S0010
6	Blok V1	IIW	1	EN 12223
7	Blok Reference	TMCP Material	2	1. UT-FWF-7 (L) 2. UT-FWF-9 (T)

Dalam tahap akan melakukan pengujian ini tentunya alat harus sudah terkalibrasi sesuai dengan *procedure MUT* yang dipakai, dengan menggunakan blok kalibrasi yang biasa digunakan seperti blok tipe *IIW (V1)*. Dan pada blok *referensi* yang sesuai dengan material yang akan di uji yaitu pelat TMCP grade DH36 ketebalan 40mm, untuk setting alat dalam membuat DAC dan menentukan *sensitivity* serta aktual sudutnya.(Prosedure MUT, 2022)

1. Teknik Kalibrasi

Kalibrasi alat UT untuk penggunaan probe normal (gelombang lurus / *longitudinal wave*) dilaksanakan pada blok kalibrasi IIW (V1) untuk kalibrasi *range*, hal ini dilakukan sama seperti pada pemeriksaan baja *isotropic*. karena tidak berpengaruh dengan arah penggulangan pelatnya. Namun untuk membuat DAC dan *sensitivity* dilaksanakan pada blok referensi yang sama jenis materialnya dengan material yang akan diuji.



Gambar 6. Kalibrasi range dan DAC serta sensitivity untuk probe normal

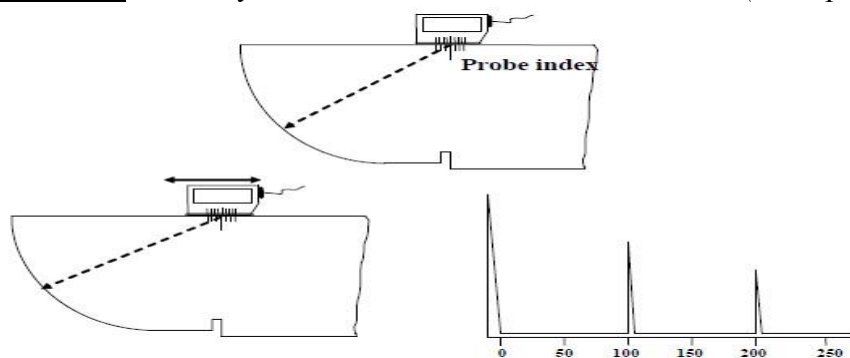
2. Penamaan File

Dikarenakan probe normal menggunakan gelombang *longitudinal* dimana tidak ada perubahan *velocity*nya pada material TMCP , maka penamaan *filenya* seperti biasa tidak ada yang khusus, seperti contoh: “0°-2Mhz-DH36”

Kalibrasi Range dan Index Point

Masing – masing probe sudut juga harus dikalibrasi pada alat UT yang akan digunakan untuk melakukan pengujian. Untuk kalibrasi *range* dan *index point* masih menggunakan blok IIW dimana masih berbahan *isotropic*.

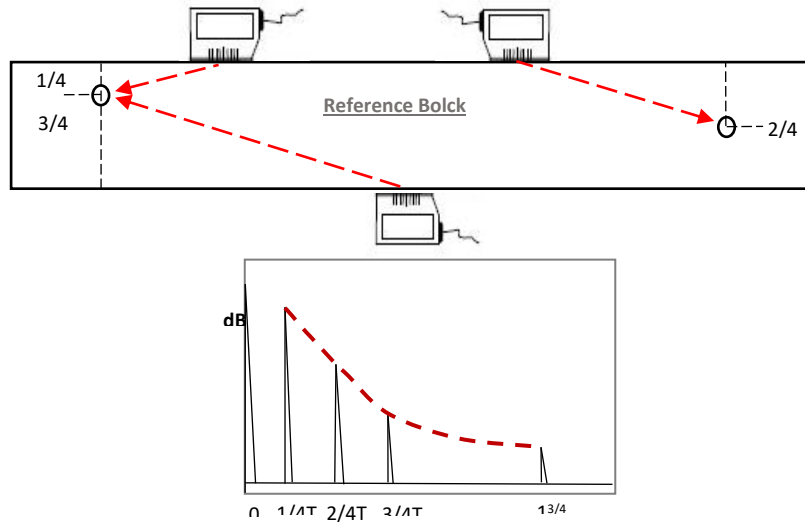
Sebagai catatan: velocity masih berdasarkan material blok IIW (*isotropic*).



Gambar 7. Kalibrasi range dan index point untuk probe sudut

Kalibrasi DAC dan Sensitivity

Sedangkan untuk kalibrasi pembuatan *distance amplitude correction* (DAC) dan *sensitivity* harus menggunakan blok referensi yang berbahan anisotropik (TMCP) sesuai dengan material yang akan diuji.



Gambar 8. Kalibrasi membuat DAC dan sensitivity untuk probe sudut

DNVGL-CG-0051 membuat ketentuan untuk menggunakan blok kalibrasi dari bahan TMCP yang sama dan mencatat bahwa target lubang bor samping / *side drill hole* (SDH) referensi harus diatur sedemikian rupa sehingga arah pancaran relatif terhadap arah *rolling* akan sama dengan benda uji. (DNV GL, 2015)

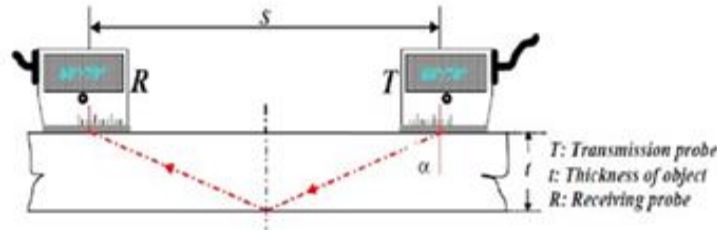
Pencarian aktual sudut.

Untuk setiap *probe* sudut harus mempunyai sepasang dimana akan digunakan untuk menentukan aktual sudut (*actual angle*) dan pencarian perbedaan db atau *Transver correction Value* (TCV) antara blok kalibrasi dengan material yang akan diuji dan juga untuk mencari arah penggulangan pelat baik untuk *longitudinal* maupun *transversal*.



Gambar 9. Kalibrasi untuk penentuan aktual sudut

Letakkan dengan posisi probe saling berhadapan pada blok referensi kemudian tarik mundur sampai amplitudo yang tertinggi (1 skip). Kemudian ukur jarak antara kedua probe dari masing-masing index pointnya serta hitung dengan rumus, seperti berikut :



$$S = 2T \times \tan \alpha$$

$$\longrightarrow \tan \alpha = \frac{S}{2T}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{S}{2T}$$

S : jarak dari index point probe1 ke probe 2

T : ketebalan material

α : sudut bias / refraction

Rumus 1. Rumus untuk mencari aktual sudut

Hal ini harus dilakukan pada kedua arah rolling directionnya di masing-masing blok referensi yaitu untuk yang arah longitudinal dan transversal.

Tabel 2. Hasil Aktual Sudut Dan Sensitiviti

Probe	Isotropic	TMCP / Anisotropic			
	Aktual Sudut (IIW)	Sudut Arah Transversal (T)	Db Set 80% FSH	Sudut Arah Longitudinal (L)	Db Set 80% FSH
45 ⁰	45,2 ⁰	44,5 ⁰	46,8	46,1 ⁰	47,2
60 ⁰	60,3 ⁰	58,2 ⁰	48,4	62,7 ⁰	51,2
70 ⁰	69,8 ⁰	68,6 ⁰	53,6	74,6 ⁰	57,8

Penamaan File

Untuk probe sudut penamaan file harus berbeda karena adanya arah penggulangan yang berbeda jadi penamaan sebaiknya berdasarkan arah penggulangannya.

Seperti contoh:

45°-2Mhz-DH36-TR

initial TR di menandakan arah *Transver*

70°-2Mhz-DH36-LG

initial LG di menandakan arah *Longitudinal*

Pengujian

Pengujian dilakukan pada *weld seam* di material TMCP dengan *grade* DH36 dan ketebalan 32mm. Pengujian ini dilaksanakan di area fabrikasi pengelasan.

Pemindaian (scanning) dengan probe normal (0°)

Pengujian dengan *probe* normal adalah bertujuan untuk menentukan ketebalan dan memastikan pada *scan probe area* dalam keadaan bersih atau tidak ada indikasi yang dapat mengganggu perjalanan gelombang yang dapat mengakibatkan salah interpretasi.



Gambar 10 Scan Dengan Probe Normal

Memastikan arah *rolling direction* pelatnya

Karena yang akan diuji adalah material *TMCP (anisotropic)* maka harus dipastikan arah *scanning probe* harus sesuai dengan alat *UT* yang sudah terkalibrasi. Caranya adalah buka memori yang tersimpan misalnya arah *transversal*, lalu kita pastikan pada material uji sama seperti waktu kalibrasi.

Dari tampilan munculnya sinyal pada alat *UT* maka dapat diketahui arah *rolling platenya*.



Gambar 11. Memastikan Rolling Direction Pelat Yang Melintang Dengan Weld

Sebagai contoh dibuka memori di alat *UT* yang arah *transversal* kemudian atur pada menu alat *UT* ketebalan material sesuai yang diuji. Kemudian dengan 2 *probe* yang sama sudutnya dan berhadapan pada arah melintang dari *weld* ditarik mundur maka akan muncul pulsa dan tentukan yang tertinggi. Setelah itu *interpretasi* apabila munculnya pulsa tepat atau sekitar perbatasan *leg 1* dan *leg 2*, maka *rolling directionnya* adalah *transversal*.

Selanjutnya cek lagi arah sejajar dengan *weld*, Apabila munculnya sinyal setelah perbatasan *leg1* dan *leg 2*, maka arah itu merupakan arah penggulangan pelat yang *longitudanal*.

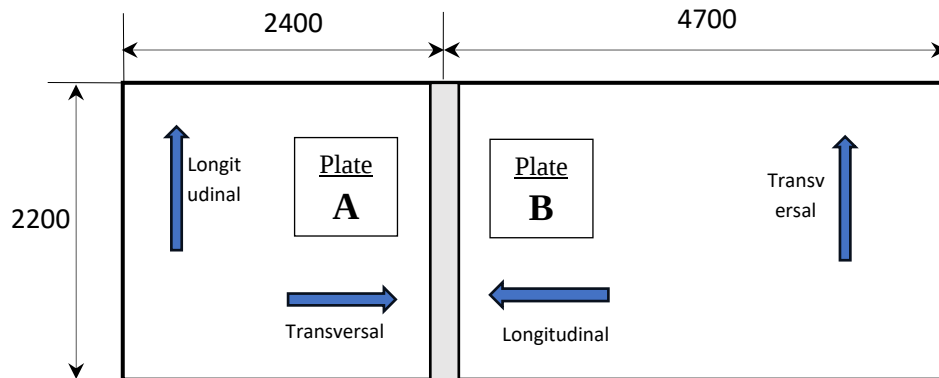


Gambar 11. Memastikan Rolling Direction Pelat Yang Sejajar Dengan Weld

Ulangi lagi langkah-langkah ini pada sisi *weld* lainnya guna memastikan *rolling direction*nya lagi. Karena dalam satu sambungan lasan belum tentu mempunyai arah penggulangan yang sama. Hal ini dikarenakan tidak adanya tanda / *marking* arah penggulangan saat pemotongan pelat.

Dari hasil pengecekan penggulangannya, maka didapatkan *rolling direction*nya tidak sama dalam satu sambungan lasannya.

Hasil seperti gambar dibawah:



Gambar 12. Hasil Pencarian Rolling Direction

Pelat A: arah *scanning probe* menggunakan arah *transversal direction*

Pelat B: arah *scanning probe* menggunakan arah *longitudinal direction*

Pemindaian (scanning) dengan probe sudut (45° , 60° & 70°)

Setelah diketahui *rolling direction* pada *scan areanya*, kemudian discan dengan *probe* sudut menggunakan gelombang *sear wave*. Ini dilakukan dengan menggunakan semua *probe* yang disarankan sesuai dengan *procedure* (09J110026-Q-PA-G-008 Rev C) yang digunakan yaitu probe 45° , 60° & 70° .



Gambar 13. Scanning Menggunakan Probe Sudut

4. PEMBAHASAN

Setelah melaksanakan pengujian dan menganalisa penyebab terjadinya kesalahan *scanning* terhadap arah *rolling plate*, maka disini penulis melakukan analisa besarnya persentasi kesalahan arah *scanning* yang dilakukan pada blok kalibrasi material TMCP grade DH36 yang mempunyai *side drill hole* (SDH) $\varnothing 3\text{mm}$ dengan ketebalan (T) 38mm pada kedalaman $1/4T$ (9.5mm), $1/2T$ (19mm) dan $3/4T$ (28.5mm) dengan menggunakan *probe* yang umum digunakan untuk pengetesan ultrasonik yaitu *probe* 45° , 60° & 70° dan *couplant* menggunakan minyak (*oil*).

Analisa Kesalahan *Scanning* Memori *Transversal* Di *Scan* Pada Dua Arah *Longitudinal* dan *Transversal* .

Disini penulis melakukan analisa pengujian pada blok matrial TMCP yang arah *transversal* dan di *scan* menggunakan memori pada alat UT baik yang *transversal* maupun arah *longitudinal* untuk mengetahui presentasi tingkat kesalahannya.

Dari pengujian tersebut maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Dari Memori Transversal

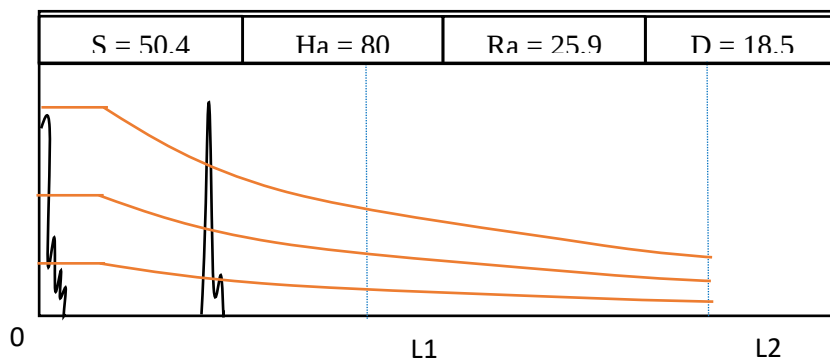
Probe		SDH 1/4T (9,5mm)		SDH 1/2T (19mm)		SDH 3/4T (28,5mm)	
		T to T	T to L	T to T	T to L	T to T	T to L
45°	Dalam	7,9	8,2	17,5	18,1	26,7	27,4
	Selisih	0,3		0,6		0,7	
	% Kesalahan	3,8%		3,4%		2,6%	
60°	Dalam	8,3	9,6	17,9	20,5	27,1	31,6
	Selisih	1,3		3,6		4,5	
	% Kesalahan	15,7%		20,1%		16,6%	
70°	Dalam	8,7	11,4	18,5	24,6	27,4	35,2
	Selisih	2,7		6,1		7,8	
	% Kesalahan	31,0%		32,9%		28,5%	

Dari data diatas diketahui bahwa kesalahan terbesar terjadi pada *probe* 70° yang mempunyai nilai persentasinya adalah 32,9 % pada SDH 1/2T (19mm) dengan perbedaan kedalaman cacat 6,1 mm. Dimana tampilan pada alat UT sangatlah berbeda untuk setiap arah scannya, begitu juga bila di ilustrasikan pada weldingan.

Tampilan A-Scan dan Cross Section di Welding Untuk Arah *Transversal* Di *Scan* Dengan Arah *Transversal*.

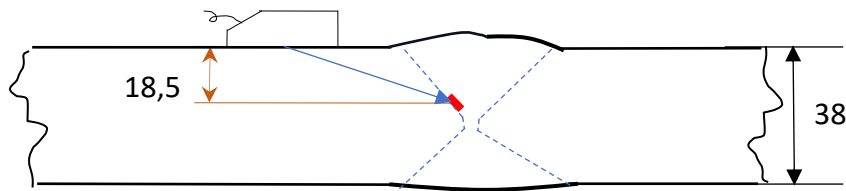
Tampilan pada alat UT apabila di ilustrasikan pada *welding*an. Dibawah ini adalah tampilannya:

1. Tampilan A-Scan pada alat UT ketika arah *rolling plate transversal* di *scan* dengan arah *transversal*.



Gambar 14. Tampilan A-Scan Arah Transversal

2. Tampilan *Cross Section* cacat bila digambarkan dalam *Welding*.

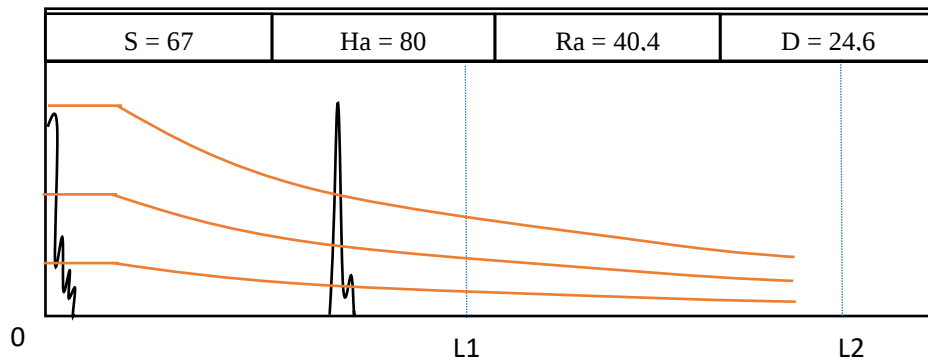


Gambar 15. Posisi Kedalaman Cacat Dengan Scan Arah Transversal

Tampilan A-Scan dan *Cross Section* di *Welding* Untuk Arah Transversal Di Scan Dengan Arah *Longitudinal*

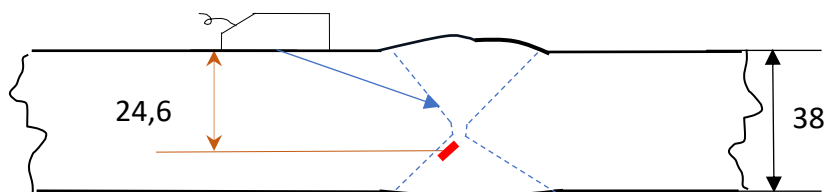
Tampilan pada alat UT apabila di ilustrasikan pada *welding*. Dibawah ini adalah tampilannya:

1. Tampilan *A-Scan* pada alat UT ketika arah *rolling plate transversal* di scan dengan arah *longitudinal*.



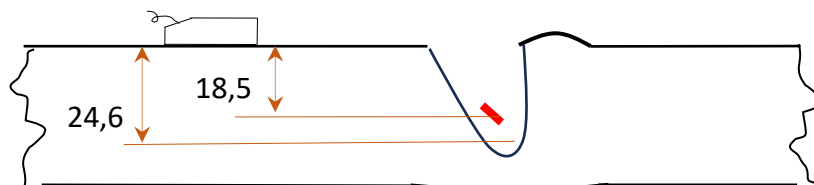
Gambar 16. Tampilan A-Scan Arah Longitudinal

2. Tampilan *Cross Section* Cacat Bila Di Ilustrasikan Pada *Welding*



Gambar 17. Posisi kedalaman cacat dengan scan arah longitudinal

Dari data diatas yang merupakan hasil interpretasi yang di digambarkan pada *welding seam*, maka tampak jelas perbedaan kedalamannya.



Gambar 18. Setelah Di Gouging

Oleh karena itu ketika lasan di perbaiki atau di *gouging*, maka akan terjadi kelebihan dalam melakukan pembuangan lasannya.

Kerugian Yang Diakibatkan

1. Pembuangan lasan terlalu dalam.
2. *Consumable* bertambah banyak.
3. Waktu pengerjaan *repair* jadi lama
4. *Cost* jadi bertambah.

Analisa Kesalahan *Scanning* Memori *Longitudinal* Di *Scan* Pada Dua Arah *Longitudinal* dan *Transversal* .

Analisis pengujian dilakukan pada blok material TMCP yang arah *longitudinal* dan di *scan* menggunakan memori pada alat UT baik yang *transversal* maupun arah *longitudinal* untuk mengetahui presentasi tingkat kesalahannya. Dari pengujian tersebut maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian Dari Memori *Longitudinal*

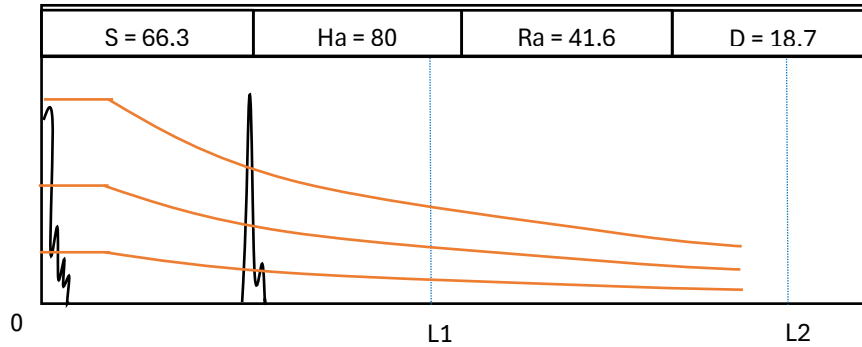
Probe		SDH 1/4T (10mm)		SDH 1/2T (20mm)		SDH 3/4T (30mm)	
		L to L	L to T	L to L	L to T	L to L	L to T
45°	Dalam	7,6	7,4	17,3	16,8	27,1	26,4
	Selisih	0,2		0,5		0,7	
	% Kesalahan	2,6%		2,8%		2,6%	
60°	Dalam	8,1	7,2	17,7	15,3	26,9	23,3
	Selisih	1,1		2,4		3,6	
	% Kesalahan	13,6%		13,6%		13,4%	
70°	Dalam	8,9	7,1	18,7	13,5	28,0	21,5
	Selisih	1,8		5,2		6,5	
	% Kesalahan	20,2%		27,8%		23,2%	

Dari data diatas diketahui bahwa kesalahan terbesar terjadi pada probe 70° yang mempunyai nilai persentasinya adalah 27,8 % pada SDH 1/2T (19mm) dengan perbedaan kedalaman cacat 5,2mm. Dimana tampilan pada alat UT sangatlah berbeda untuk setiap arah scannya, begitu juga bila di ilustrasikan pada weldingan.

Tampilan *A-Scan* dan *Cross Section* di *Welding* Untuk Arah *Longitudinal* Di *Scan* Dengan Arah *Longitudinal*:

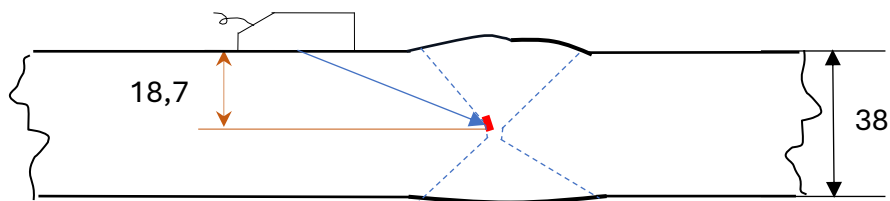
Tampilan pada alat UT apabila di ilustrasikan pada *welding*. Dibawah ini adalah tampilannya:

Tampilan A-Scan pada alat UT ketika arah *rolling plate longitudinal* di scan dengan arah *longitudinal*.



Gambar 19. Tampilan A-Scan Arah Longitudinal

Tampilan Cross Section cacat bila digambarkan dalam *Welding*.

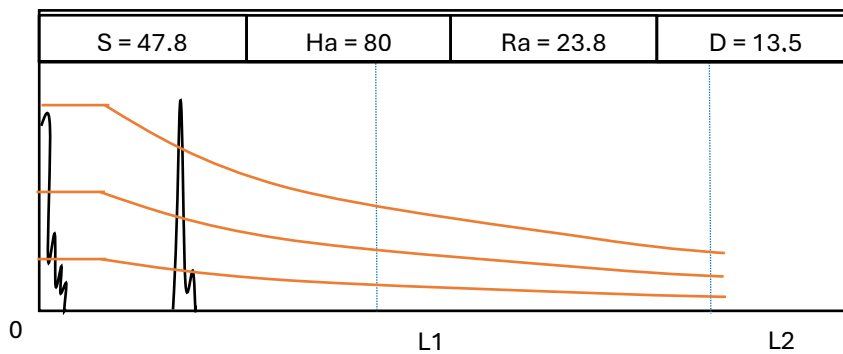


Gambar 20. Posisi Kedalaman Cacat Dengan Scan Arah Longitudinal

Tampilan A-Scan dan Cross Section di *Welding* Untuk Arah Longitudinal Di Scan Dengan Arah Transversal

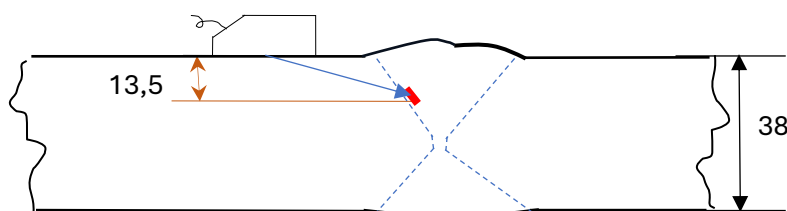
Tampilan pada alat UT apabila di ilustrasikan pada *welding*. Dibawah ini adalah tampilannya:

Tampilan A-Scan pada alat UT ketika arah *rolling plate longitudinal* di scan dengan arah *transversal*.



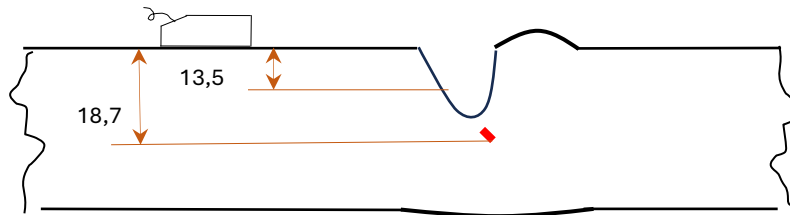
Gambar 21. Tampilan A-Scan Arah Transversal

Tampilan Cross Section cacat bila digambarkan dalam *Welding*.



Gambar 22. Posisi Kedalaman Cacat Dengan Scan Arah Transversal

Dari data diatas yang merupakan hasil interpretasi yang di digambarkan pada *welding seam*, maka tampak jelas perbedaan kedalamannya.



Gambar 23. Setelah Di Gouging

Ketika laslasan di perbaiki atau di *gouging*, maka tidak akan dapat menemukan cacat yang ada atau cacatnya belum terbangun secara sempurna. Oleh karena itu ketika dilas ulang atau di *repair* kemudian dilakukan pengujian ultrasonik ulang setelah perbaikan maka indikasi itu akan tetap ada dan akan muncul pada layar monitor *UT set*. Sehingga *joint weld seam* itu masih dikatakan *repair* lagi.

Kerugian Yang Diakibatkan.

1. Waktu pengerjaan *repair* jadi semakin lama
2. *Consumable* bertambah banyak.
3. Schedule pekerjaan bisa tertunda
4. *Cost* jadi bertambah besar

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian dan analisa yang sudah dilakukan maka dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa kesalahan arah scanning dari rolling material terbesar terjadi pada **probe 70°**. Dimana untuk material arah **transversal** dengan presentasi kesalahan antara **28,5% - 32,9%** dari kedalaman sebenarnya. Sedangkan untuk material arah **longitudinal** dengan presentasi kesalahan antara **20,2% - 27,8%** dari kedalaman sebenarnya. Penamaan file yang tersimpan harus diberi nama yang benar sesuai dengan arah rolling materialnya.

Dalam *request* untuk pengerjaan UT harus dicantumkan *grade* material yang akandiuji terutama material TMCP sehingga ada persiapan yang sesuai oleh teknisinya. Teknisi diharapkan mengetahui dan paham tentang material yang akan diuji terutama untuk material TMCP. (*anisotropic*), karena mempunyai karakteristik yang berbeda dengan material normal (*isotropic*). Dalam kalibrasi alat UT harus dilakukan pada blok kalibrasi atau blok referensi yang sama material yang akan diuji, terutama material TMCP harus dilakukan pada kedua arah penggulangan pelatnya yaitu arah *longitudinal* atau *transversal*. Penamaan file terkalibrasi pada alat UT harus jelas perbedaan namanya antara file yang arah *longitudinal* atau *transversal*, supaya tidak terjadi kesalahan dalam membuka file. Pencarian arah Rolling plate pada material uji harus dilakukan dengan benar, jangan hanya melihat bentuk sambungan materialnya saja. Adanya improfisasi pada fabrikasi pada saat pemotongan pelat untuk memberikan tanda (*marking*) untuk arah *rolling platenya* dari hasil pemotongan pelat tersebut. Sehingga dapat diketahui dengan jelas arah *rollingnya* dan dapat meminimalisir kesalahan.

DAFTAR REFERENSI

- DNV GL. (2015). *CLASS GUIDELINE Non-destructive testing*. December.
- Febriyanti, E., Priadi, D., & Riastuti, R. (2016). Pengaruh Thermomechanical Controlled Processed (TMCP) terhadap penghalusan butir dan sifat mekanik paduan Cu-Zn 70/30. *Metalurgi*, 30(3), 141–148.
- Holloway, P., & Ginzel, E. (2021). Calibration for Anisotropic Effects on Shear Wave Velocity for Improvements of Weld Inspections in TMCP Steels. *The E-Journal of Nondestructive Testing*, 1–16.
- IMO. (n.d.). *Structural steels (TMCP)*.
- Inspeksi.co.id. (2023). Ultrasonic Testing : Pengertian , Prinsip Kerja , Dan Aplikasinya. *Pengertian Ultrasonic Testing*.
- Materia, T. (n.d.). *TMCP Steel for Offshore Structures*.
- ndt-inspect. (2021). Ultrasonic Testing (UT) Handbook. *Principles, Introduction Basic Testing, Ultrasonic*.
- Nishioka, K., & Ichikawa, K. (2012). Progress in thermomechanical control of steel plates and their commercialization. In *Science and Technology of Advanced Materials* (Vol. 13, Issue 2). <https://doi.org/10.1088/1468-6996/13/2/023001>
- Prosedure MUT. (2022). *01-UT. 09J110026-Q-PA-G-008 Rev C Ultrasonic Testing Procedure.pdf* (p. 42).
- Shigeru, E., & Naoki, N. (2015). Development of Thermo-Mechanical Control Process (TMCP) and High Performance Steel in JFE Steel. *JFE Technical Report*, 20(11), 1–7.
- Sudhir. (2020). *TMCP MATERIALS – ULTRASONIC ANGLE BEAM INSPECTION*.