

PEMERIKSAAN KUALITAS DARI KAYU DUA LAPIS MENGUNAKAN UJI TAK MERUSAK ULTRASONIK

Amoranto Trisnobudi¹, Gunawan Muyadi²

¹Laboratorium Ultrasonik, Laboratoria Fisika Bangunan dan Akustik
Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10 Bandung 40132
E-mail : amoranto@tf.itb.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha
Jalan Prof. Soeria Soemantri, Bandung 40164

Abstract

Double layer wood is made by brought together two thin wood layer with glue so that its quality is depend on the process of gluing. If this process is not perfect, there will be several flaws scattered inside the layer. This paper deals with the application of ultrasonic non destructive testing to determining the quality of double layer wood by locating where these flaws are. The wave phenomenon used in this ultrasonic application is the reflection of ultrasonic waves at the boundary between two different materials. In this research we put an ultrasonic transducer as transmitter on one side of the layer and another transducer as receiver on the other side. If there is a flaw, it means there is a boundary between wood and air, the very different materials, so that its reflection coefficient nearly a hundred percent or its transmission coefficient is almost zero. This in turn cause the receiver transducer only receive a little part of the propagating ultrasonic wave. By scanning over all of the surface we can calculate the percentage of the flawed area. The electronic apparatus used in this research consist of a transmitter circuit, a detector circuit, an interface circuit and a personal computer. There are also a seven segment display showing the position of the transducers during scanning and a buzzer that make a sound if there is a flaw. The ultrasonic transducers used have a frequency of 200 KHz and its diameter is 15 mm. At each position of the transducers the output of the detector is transferred to the computer via the interface circuit. After scanning, all of the data from the detector is processed by the computer and display the result at the monitor. In this research we examined three double layer woods with different kinds of flaw and carried out the scanning with 5 mm, 10 mm and 15 mm of scanning step. From the results obtained, the calculated flawed area have a little different with the real ones.

KEYWORDS: non destructive testing, ultrasonic method, reflection coefficient, wood material, double layer wood.

Abstrak

Kayu dua lapis dibuat dengan menyatukan dua lapis kayu yang tipis menggunakan perekat sehingga kualitasnya tergantung pada proses perekatan tersebut. Bila proses perekatan ini tidak sempurna, maka akan terdapat beberapa cacat pada berbagai tempat di dalam lapisan tersebut. Makalah ini membahas mengenai aplikasi dari uji tak merusak ultrasonik dalam menilai kualitas kayu dua lapis dengan cara menentukan dimana cacat-cacat tadi berada. Fenomena gelombang yang digunakan dalam aplikasi ultrasonik ini adalah pemantulan gelombang ultrasonik pada bidang batas antara dua bahan yang berlainan. Dalam penelitian ini sebuah transduser ultrasonik yang bekerja sebagai pemancar diletakkan pada satu sisi dan sebuah transduser lain yang bekerja sebagai penerima diletakkan pada sisi lainnya. Bila terdapat cacat, yang berarti terdapat bidang batas antara kayu dan udara, dua bahan yang sangat berbeda, maka koefisien refleksinya hampir seratus persen atau koefisien transmisinya hampir nol. Hal ini akan menyebabkan transduser penerima akan mendeteksi hanya sedikit dari gelombang ultrasonik yang merambat di dalam kayu dua lapis. Dengan melakukan penyapuan pada seluruh permukaan, maka persentase daerah yang cacat dapat dihitung. Perangkat elektronik yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari rangkaian pemancar, rangkaian detektor, rangkaian antarmuka dan komputer pribadi. Terdapat juga sebuah penampil tujuh ruas yang menunjukkan posisi dari transduser dan sebuah buzzer yang akan berbunyi bila terdapat cacat. Transduser yang dipakai berdiamater 15 mm dan mempunyai frekuensi 200 KHz. Pada setiap posisi dari transduser, keluaran detektor diteruskan ke komputer melalui rangkaian antarmuka. Setelah proses penyapuan selesai, semua data dari detektor diproses oleh komputer dan hasilnya ditampilkan pada layar monitor. Dalam penelitian ini telah dilakukan pemeriksaan pada tiga kayu dua lapis dengan jenis-jenis cacat yang berbeda dan proses penyapuan dilakukan dengan jarak-jarak penyapuan sebesar 5 mm, 10 mm dan 15 mm. Dari hasil yang diperoleh, persentase luas cacat yang dihitung tidak jauh berbeda dengan luas cacat yang sebenarnya.

KATA KUNCI: uji tak merusak, metoda ultrasonik, koefisien refleksi, bahan kayu, kayu dua lapis.

1. Pendahuluan

Kayu lapis biasanya dibuat dari lapisan-lapisan kayu tipis yang ditempelkan satu sama lain menggunakan bahan perekat (lem). Umumnya lapisan kayu yang digunakan berjumlah ganjil dan arah serat penutup lapisan atas dan lapisan bawah dibuat sama. Mutu kayu lapis secara keseluruhan tentunya tergantung pada jenis lapisan kayu, jenis bahan perekat dan proses perekatannya. Jenis kayu dan jenis bahan perekat dapat dipilih sebaik mungkin sehingga kayu lapis yang dihasilkan akan bermutu tinggi, yang tentunya sesuai dengan harganya. Sebaliknya proses perekatan yang terjadi, termasuk proses pengeringan dan proses-proses finishing lainnya, tidak dapat diketahui dengan pasti keberhasilannya. Bila ada bagian-bagian yang tidak terkena bahan perekat, maka mutunya akan berkurang. Setelah proses perekatan selesai tentunya cacat-cacat ini tidak bisa dilihat sehingga tidak diketahui letaknya. Jadi untuk memperkirakan mutu suatu kayu lapis perlu dilakukan terlebih dahulu suatu pemeriksaan untuk menentukan kemungkinan adanya cacat-cacat tadi. Untuk itu diperlukan suatu cara/metoda yang dapat mendeteksi adanya cacat dan menentukan letaknya di dalam kayu lapis. Salah satu cara yang dapat dipakai untuk pemeriksaan kayu lapis ini adalah dengan menggunakan metoda ultrasonik, yaitu memanfaatkan gelombang akustik berfrekuensi tinggi. Metoda ini dapat dilakukan tanpa merusak kayu lapis yang sedang diperiksa sehingga sering disebut sebagai uji tak merusak ultrasonik. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai teori perambatan gelombang ultrasonik di dalam kayu dua lapis, perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi cacat-cacat di dalamnya dan hasil-hasil pemeriksaan yang diperoleh.

2. Teori

Gelombang ultrasonik adalah gelombang akustik berfrekuensi tinggi di atas 20 KHz sehingga tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Umumnya rentang frekuensi yang biasa digunakan pada uji tak merusak ultrasonik adalah dari puluhan kilohertz sampai belasan megahertz [1] tergantung pada bahan yang sedang diperiksa. Makin tinggi frekuensinya makin besar atenuasinya sehingga untuk bahan-bahan yang atenuasinya besar seperti beton dan kayu biasanya

digunakan frekuensi yang lebih rendah.. Dalam penelitian pada kayu lapis ini digunakan transduser ultrasonik berfrekuensi 200 KHz Transduser ultrasonik ini dapat mengubah energi listrik menjadi energi akustik atau sebaliknya sehingga dapat dipakai baik sebagai pemancar maupun sebagai penerima. Bila dalam perambatannya, suatu gelombang ultrasonik menemui bidang batas antara dua jenis bahan yang berbeda, maka koefisien refleksinya ditentukan oleh impedansi akustik dari kedua bahan tersebut [2], seperti yang ditunjukkan pada Pers. (1).

$$\alpha = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \quad (1)$$

dimana :

- α = Koefisien refleksi
- Z_1 = Impedansi akustik bahan 1
- Z_2 = Impedansi akustik bahan 2

Koefisien refleksi adalah perbandingan antara intensitas gelombang yang dipantulkan dan intensitas gelombang yang datang sedangkan impedansi akustik didefinisikan sebagai perkalian antara rapat massa dan kecepatan gelombang. Kayu umumnya mempunyai rapat massa 450 kg/m^3 dan kecepatan gelombang 3500 m/s sehingga impedansi akustiknya adalah $1,575 \text{ Mrayls}$. Bahan perekat umumnya mempunyai rapat massa 1150 kg/m^3 dan kecepatan gelombang 2500 m/s sehingga impedansi akustiknya adalah $2,875 \text{ Mrayls}$. Koefisien refleksinya bila dihitung dengan angka-angka di atas adalah $0,085$ dan ini berarti bahwa sebagian besar gelombang ultrasonik akan diteruskan melalui bidang batas antara kayu dan bahan perekat. Bila ada bagian kayu lapis yang tidak terkena bahan perekat, ini berarti terdapat bidang batas antara kayu dan udara. Udara mempunyai rapat massa $1,21 \text{ kg/m}^3$ dan kecepatan gelombang 343 m/s sehingga impedansi akustiknya adalah $0,000415 \text{ Mrayls}$. Oleh karena udara mempunyai impedansi akustik yang kecil sekali, maka bila dihitung koefisien refleksinya adalah $0,999$ sehingga praktis tidak ada gelombang ultrasonik yang diteruskan melalui bidang batas antara kayu dan udara. Perbedaan besar koefisien refleksi pada kedua keadaan inilah yang akan dimanfaatkan untuk menentukan letak bagian-bagian kayu lapis yang perekatannya tidak baik.

3. Kayu Dua Lapis

Kayu lapis yang ada dipasaran umumnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu tripleks (tiga lapis) dan multipleks (berlapis banyak). Tetapi seperti yang telah disebutkan dimuka, dalam penelitian ini yang merupakan penelitian awal, hanya digunakan kayu dua lapis. Kayu dua lapis ini dibuat dari dua lapis kayu berukuran 50 cm x 25 cm setebal 6 mm yang direkatkan dengan menggunakan lem kayu.

Untuk menguji keberhasilan uji tak merusak ultrasonik ini telah dibuat tiga buah kayu dua lapis dengan pola-pola cacat yang berbeda, yaitu pola cacat FTE-1, pola cacat FTE-2 dan pola acak. Untuk memudahkan menentukan posisi transduser saat pengukuran, maka kedua permukaan dari ketiga kayu dua lapis tersebut ditandai dengan garis-garis vertikal dan horisontal berjarak 5 mm.

Pola cacat FTE-1 diperoleh dengan membuat cacat buatan (dengan cara mengerat/mengikis) berbentuk hurup FTE sedalam 1 mm pada bagian dalam dari salah satu lapisan kayu. Bagian yang diberi bahan perekat adalah hanya pada hurup FTE tersebut sehingga persentase luas cacat terhadap luas total adalah 72,48 %.

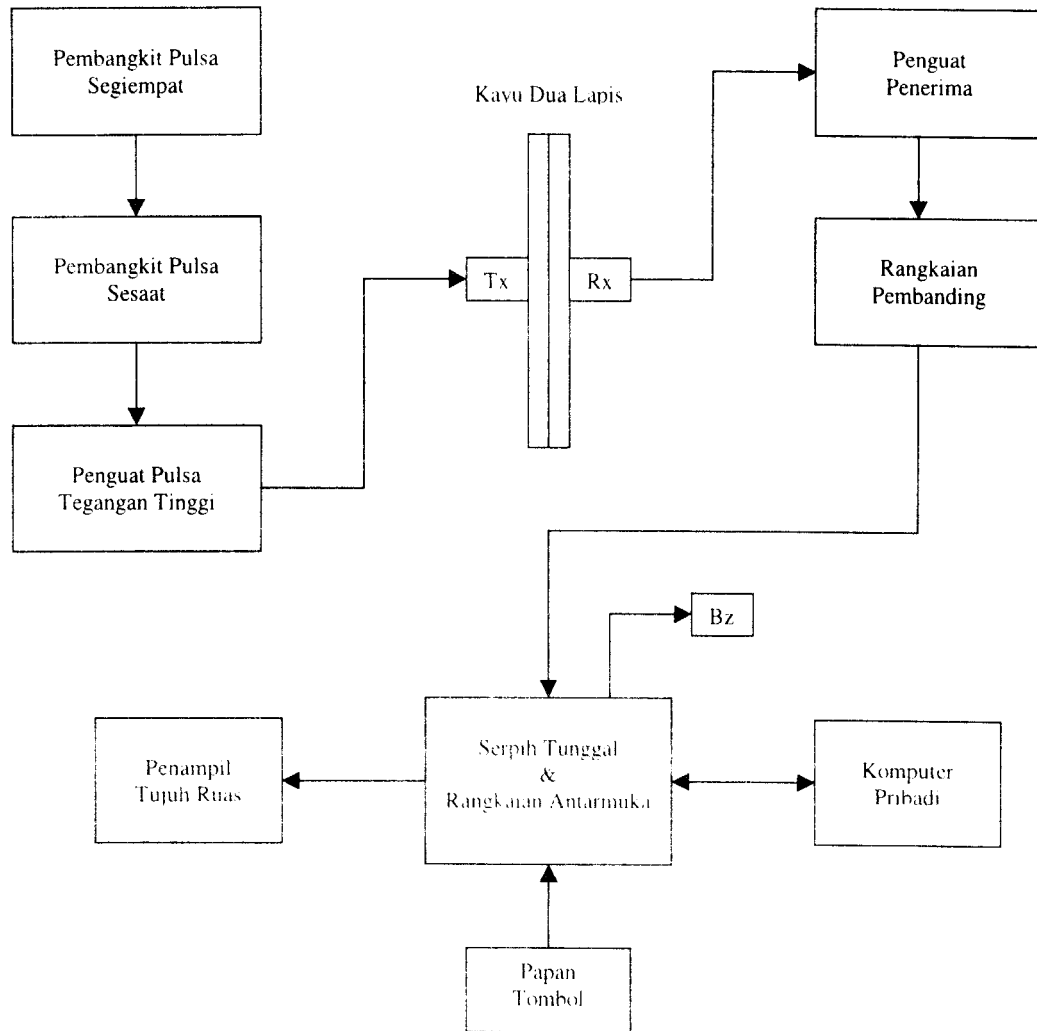
Pola cacat FTE-2 didapatkan dengan memberi bahan perekat pada hampir semua permukaan dalam lapisan kayu kecuali pada bagian tengah yang berbentuk hurup FTE. Disini tidak dilakukan pengeratan/pengikisan bagian kayu seperti pada pola cacat FTE-1. Persentase luas cacat terhadap luas total adalah 16,56 %.

Pola cacat acak dibuat sama seperti pola cacat FTE-2 dimana bagian yang tidak diberi perekat berbentuk sembarang. Persentase luas cacat terhadap luas total adalah 20,64 %.

4. Diagram Blok Pengukuran

Diagram blok pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini [3], dapat dilihat pada Gambar 1. Rangkaian pemancar terdiri dari pembangkit pulsa segiempat, pembangkit pulsa sesaat dan penguat pulsa tegangan tinggi. Pembangkit pulsa segiempat menghasilkan pulsa-pulsa kotak simetris dengan frekuensi perulangan

sebesar 1 KHz. Lebar dari pulsa-pulsa ini kemudian dipersempit oleh pembangkit pulsa sesaat agar mempunyai kandungan frekuensi diatas 200 KHz. Besarnya tegangan pulsa ini hanya 5 V dan tidak dapat langsung mengaktifkan transduser pemancar. Untuk itu digunakan penguat pulsa tegangan tinggi sehingga diperoleh pulsa-pulsa sempit dengan tegangan sebesar 275 V. Pulsa-pulsa listrik ini kemudian diubah menjadi gelombang ultrasonik yang diradiasikan ke dalam kayu dua lapis yang sedang diperiksa. Bila terdapat cacat, maka tidak ada gelombang ultrasonik yang sampai di transduser penerima. Sebaliknya bila perekatannya baik, maka akan ada gelombang ultrasonik yang sampai ke transduser penerima yang mengubahnya kembali menjadi pulsa-pulsa listrik. Rangkaian detektor terdiri dari penguat penerima dan rangkaian pembanding. Pulsa-pulsa yang dikeluarkan oleh transduser penerima kecil sekali sehingga perlu diperkuat terlebih dahulu oleh penguat penerima sebelum diteruskan ke rangkaian pembanding. Keluaran berupa sinyal logika dari rangkaian pembanding ini kemudian diteruskan ke serpih tunggal untuk disimpan di dalam memori. Dalam penelitian ini kedua transduser masih digerakkan secara manual dan posisinya dimasukkan menggunakan papan tombol dan diteruskan ke serpih tunggal untuk disimpan melalui rangkaian antarmuka. Posisi transduser ini dapat dilihat pada penampil tujuh ruas. Perangkat elektronik ini juga dilengkapi dengan rangkaian buzzer yang akan berbunyi bila terdapat cacat. Untuk memeriksa seluruh permukaan, maka harus dilakukan proses penyapuan (*scanning*). Dengan menempatkan kedua transduser pada titik-titik yang sudah ditandai. Untuk setiap pola cacat, pemeriksaan dilakukan dengan tiga jarak penyapuan, yaitu 5 mm, 10 mm dan 15 mm. Jarak penyapuan tidak dapat diperlebar lagi karena diameter transduser adalah 15 mm. Setelah proses penyapuan selesai, semua data yang tersimpan di serpih tunggal diteruskan ke komputer pribadi untuk diproses dan hasilnya kemudian ditampilkan pada layar monitor.

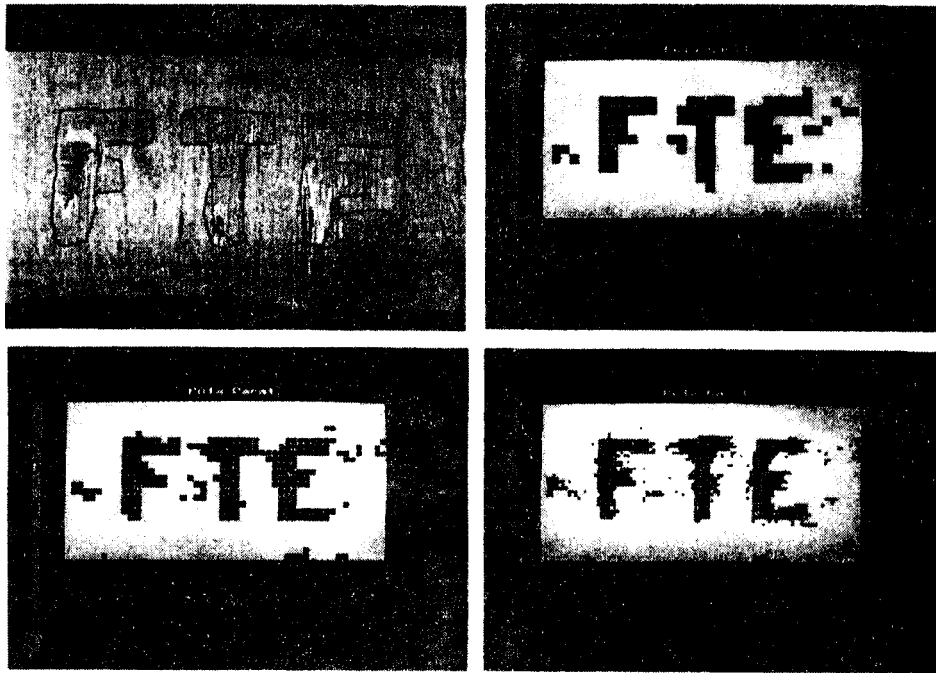


Gambar 1. Diagram blok pengukuran

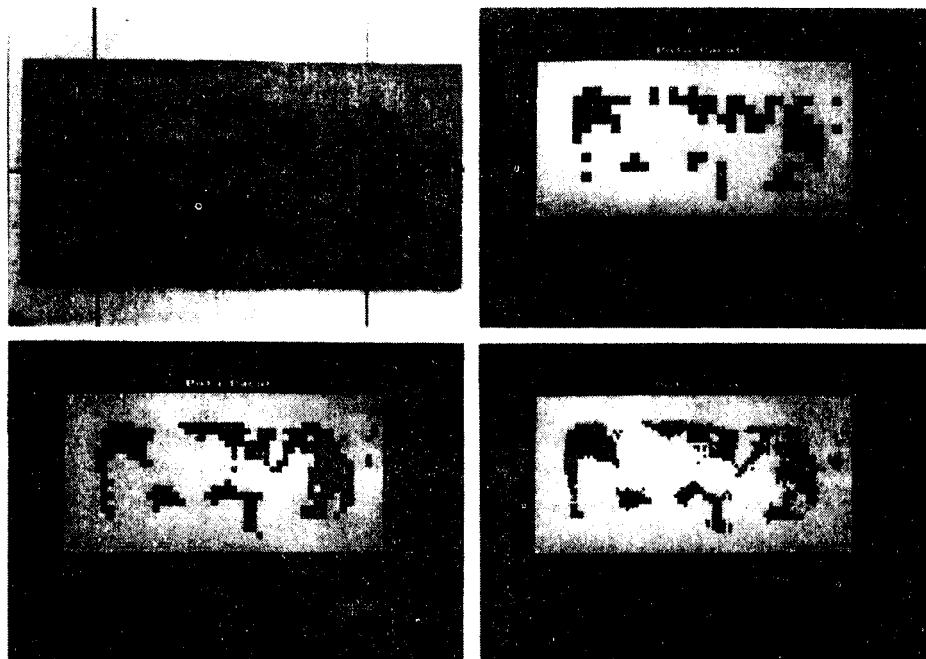
5. Hasil dan Pembahasan

Pada Gambar 2 ditunjukkan hasil pemeriksaan kayu dua lapis dengan pola cacat FTE-2 sedangkan untuk pola cacat acak dapat dilihat pada Gambar 3. Pada kedua gambar ini, bagian kiri atas merupakan foto dari cacat yang sebenarnya sedangkan tiga foto yang lain berturut-turut adalah hasil pemeriksaan dengan jarak penyapuan 15, 10 dan 5 mm. Kotak

kotak hitam mewakili bagian kayu dua lapis dimana terdapat cacat sedangkan yang berwarna putih adalah daerah yang perekatannya baik. Bila dihitung persentase luas cacat hasil perhitungan ini terhadap luas totalnya, maka akan diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, 2 dan 3 masing-masing untuk pola cacat FTE-1, pola cacat FTE-2 dan pola cacat acak.



Gambar 2. Hasil pemeriksaan pada pola cacat FTE-2 dengan jarak penyapuan 15, 10 dan 5 mm



Gambar 3. Hasil pemeriksaan pada pola cacat acak dengan jarak penyapuan 15, 10 dan 5 mm

Tabel 1. Pola cacat FTE-1

Jarak Penyapuan	Persentase Luas cacat		Persen Kesalahan
	Sebenarnya	Perhitungan	
15 mm	72,48	78,04	7,7
10 mm	72,48	75,68	4,4
5 mm	72,48	77,10	6,4

Tabel 2. Pola cacat FTE-2

Jarak Penyapuan	Persentase Luas cacat		Persen Kesalahan
	Sebenarnya	Perhitungan	
15 mm	16,56	16,92	2,2
10 mm	16,56	16,56	0
5 mm	16,56	16,56	0

Tabel 3. Pola cacat acak

Jarak Penyapuan	Persentase Luas cacat		Persen Kesalahan
	Sebenarnya	Perhitungan	
15 mm	20,64	17,10	17,2
10 mm	20,64	20,00	3,2
5 mm	20,64	15,68	24,0

6. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil-hasil pemeriksaan dan perhitungan pada kayu dua lapis dengan ketiga jenis pola cacat ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Secara umum gambar-gambar hasil pemeriksaan yang ditampilkan, semuanya hampir menyerupai bentuk yang sebenarnya.
2. Bila keberhasilan dari uji tak merusak ultrasonik ini hanya ditentukan dengan membandingkan persentase luas cacat terhadap luas sebenarnya, maka kesalahan terkecil terjadi pada pemeriksaan dengan jarak penyapuan 10 mm.
3. Makin kecil jarak penyapuannya, belum tentu memberikan kesalahan yang terkecil.

Beberapa saran yang dapat diajukan untuk melanjutkan penelitian ini antara lain adalah :

1. Perlu dilakukan percobaan-percobaan yang menggunakan tripleks dan multipleks, yaitu kayu lapis yang sebenarnya.
2. Perlu dibuat suatu alat tambahan berupa perangkat elektromekanik

yang dapat menggerakkan transduser dan secara otomatis dapat mengirimkan data mengenai posisi transduser ke komputer.

3. Untuk memperbaiki proses pendeteksian ada atau tidak adanya cacat, sebaiknya selain dilakukan analisis amplituda juga dapat dilakukan analisis frekuensi pada gelombang ultrasonik yang diterima oleh transduser penerima.

Daftar Pustaka

- [1] J. and H. Krautkramer, "Ultrasonic Testing of Materials", Springer-Verlag, New York, 1977.
- [2] E. Kinsler and R.A. Frey, "Fundamentals of Acoustic", John Wiley & Sons Inc., New York, 1982.
- [3] G. Mulyadi, "Alat Pendeteksi Cacat Pada Perekatan Kayu Lapis Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik". Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha, 1998.