



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI *SCANNER* SIDIK JARI ULTRASONIK DENGAN
MENGUNAKAN CERMIN AKUSTIK**



SKRIPSI

FERRY SUMARDI

0806365835

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI *SCANNER* SIDIK JARI ULTRASONIK DENGAN
MENGUNAKAN CERMIN AKUSTIK**

SKRIPSI

Ditujukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

FERRY SUMARDI

0806365835

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Ferry Sumardi

NPM : 0806365835

Tanda Tangan :

Tanggal : 17 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Ferry Sumardi
NPM : 0806365835
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Studi *Scanner* Sidik Jari Ultrasonik Dengan Menggunakan Cermin Akustik

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc.



Penguji : Prof. Dr. Ir. Nji Raden Poespawati, MT



Penguji : Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc., Ph.D.



Ditetapkan di : Kampus UI Depok

Tanggal : 3 Januari 2011

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur yang sedalam-dalamnya saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala berkat dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari, tanpa bantuan banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc., selaku pembimbing yang telah menentukan dan menyetujui judul skripsi ini sebagai bagian dari riset pada Sensor Device Research Group (SDRG), bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, memberi petunjuk, dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;

Saya berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bisa membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 17 Desember 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ferry Sumardi
NPM : 0806365835
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**STUDI SCANNER SIDIK JARI ULTRASONIK DENGAN
MENGUNAKAN CERMIN AKUSTIK**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 17 Desember 2010

Yang menyatakan

(Ferry Sumardi)

ABSTRAK

Nama : Ferry Sumardi

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : Studi *Scanner* Sidik Jari Ultrasonik Dengan Menggunakan Cermin Akustik

Saat ini sudah banyak alat yang dapat digunakan untuk mengambil data sidik jari seseorang. Beberapa metode yang sering dipakai diantaranya *scanner* sidik jari yang memanfaatkan optik, efek konduktansi, dan ultrasonik. Masing-masing metode memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan sendiri. *Scanner* pencitraan sidik jari ultrasonik dikembangkan agar mampu menghasilkan gambar sidik jari yang jelas dengan kualitas tinggi. Dari beberapa tipe arsitektur *scanner* sidik jari ultrasonik, penulis memilih jenis arsitektur *scanner* yang pada dasarnya termasuk jenis arsitektur *scanner oscillatory mirror*. *Scanner* sidik jari ultrasonik ini memanfaatkan nilai koefisien pantul akibat nilai impedansi akustik yang berbeda antara *ridge* dan *valley* dari sebuah sidik jari.

Pada Skripsi ini, dilakukan simulasi dari *scanner* sidik jari ultrasonik yang memanfaatkan cermin akustik dengan menggunakan perangkat lunak adobe 3D Max.

Dari simulasi dan perhitungan, diketahui bahwa setiap titik dari sidik jari baik *ridge* maupun *valley* diperoleh dari setiap *echo* yang diterima transduser. Koefisien pantul antara *ridge* dan *valley* memiliki perbedaan yang jauh jika *collimating lens* yang dipakai pada scanner memiliki nilai impedansi akustik yang mendekati nilai impedansi akustik *ridge* (jaringan tubuh). *Collimating lens*/plat pada skripsi ini menggunakan bahan *polystyrene* dengan impedansi akustik 249×10^3 (g/cm² - sec) dan diperoleh koefisien pantul plat ke *valley* 99,97% sedangkan koefisien pantul plat ke *ridge* 23,2%.

Kata Kunci: Ultrasonik, Sidik Jari, *Ridge*, *Valley*, Impedansi Akustik

ABSTRACT

Name : Ferry Sumardi

Study Program : Electrical Engineering

Title : Study of Ultrasonic Fingerprint Scanner Using Acoustic Mirror

There are a lot of tools that can be used to scan fingerprints. Some techniques commonly used include fingerprint scanner used optical, effect of conductivity, and ultrasound. Each method has its advantages and drawbacks of its own. A method of the ultrasound image scanners can produce images of fingerprint in high quality. Of the several types of ultrasonic fingerprint scanner architecture, the authors choose the scan type architecture which is basically the sort of oscillating mirror scan architecture. This ultrasonic fingerprint scanners use different acoustic impedance value from fingerprint ridge and valley.

In this paper, the authors using adobe 3D Max software to design simulation of a fingerprint scanner that utilizes ultrasonic sensor and acoustic mirror.

From the simulations and calculations, it is known that each point of the fingerprint ridge and valley obtained from each echo received by the transducer. The reflection coefficient between the ridges and valleys have a lot of difference if the collimating lens used in the scanner has acoustic impedance close to the ridge acoustic impedance. Collimating lens/plate in this paper using polystyrene material with acoustic impedance 249×10^3 (g/cm² - sec) and derived the reflection coefficient for plate to valley 99,97% and 23,2% for plate to ridge.

Keywords: Ultrasonic, Fingerprint, Ridge, Valley, Acoustic Impedance

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metode Penulisan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
2. TEORI DASAR.....	4
2.1 Sekilas Tentang Ultrasonik.....	4
2.2 Sensor.....	4
2.2.1 Pengertian Umum Sensor.....	4
2.2.2 Sensor Ultrasonik.....	5
2.2.3 Cara Kerja Sensor Ultrasonik.....	5
2.2.3.1 Perambatan Gelombang.....	6
2.2.3.2 Sifat Gelombang.....	7
2.2.3.3 Hukum Snellius.....	7
2.2.3.4 Atenuasi.....	8
2.3 Transduser Piezoelektrik.....	9

2.4	Sensor Ultrasonik Sebagai Pembaca Sidik Jari	10
2.5	Arsitektur <i>Scanner</i>	13
2.5.1	<i>Solid State</i>	13
2.5.2	<i>Electro-Mechanical</i>	13
3.	RANCANGAN SCANNER SIDIK JARI ULTRASONIK DENGAN MENGUNAKAN CERMIN AKUSTIK	16
3.1	Diagram Blok Elektronik.....	16
3.2	Arsitektur <i>Probe</i>	17
3.3	Disain <i>Flowchart</i>	20
3.4	Perencanaan Pembuatan Animasi.....	22
3.5	Gambar Pemodelan <i>Scanner</i> Sidik Jari Ultrasonik.....	24
4.	SIMULASI DAN ANALISIS	25
4.1	Simulasi dan Analisa Pergerakan Sinyal	25
4.2	Simulasi dan Analisa Proses <i>Scanner</i> Ultrasonik	28
5.	KESIMPULAN.....	30
	DAFTAR REFERENSI	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Rentang Diagram <i>Ultrasound</i>	4
Gambar 2.2.	Cara Kerja Ultrasonik.....	6
Gambar 2.3.	Propagasi Gelombang.....	7
Gambar 2.4.	Proses refleksi dan refraksi.....	8
Gambar 2.5.	Efek Piezoelektrik	10
Gambar 2.6.	Ilustrasi Ultrasonik	11
Gambar 2.7.	<i>Density</i> dan <i>Phase Velocity</i>	12
Gambar 2.8.	<i>Oscillatory Mirror</i>	14
Gambar 2.9.	<i>Wobbling Transducer</i>	14
Gambar 2.10.	Model <i>scanning</i> transduser.....	15
Gambar 3.1.	Diagram Elektronik <i>Scanner</i> Sidik Jari Ultrasonik.....	16
Gambar 3.2.	Rangkaian <i>Probe Scanner</i> Ultrasonik	18
Gambar 3.3.	Transduser Ultrasonik	18
Gambar 3.4.	Cermin Akustik	19
Gambar 3.5.	<i>Collimating Lens</i>	20
Gambar 3.6.	Diagram <i>Flowchart</i>	21
Gambar 3.7.	Model Animasi <i>Scanner</i> Ultrasonik	24
Gambar 4.1.	Proses pergerakan sinyal	25
Gambar 4.2.	Pergerakan sinyal ultrasonik dari samping.....	27
Gambar 4.3.	Simulasi alat <i>scanner</i> ultrasonik.....	28
Gambar 4.4.	Jalur <i>Scanner</i>	29

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Keamanan dengan menggunakan *password* untuk saat ini sudah banyak kelemahannya, pertama hanya memiliki fungsi verifikasi, kedua banyak orang yang hanya menggunakan satu *password* untuk segala hal, mulai dari *e-mail*, penggunaan kartu ATM, sampai menjadi keanggotaan *mailing list*. Untuk mengatasi kelemahan penggunaan *password*, maka dikembangkanlah teknologi biometrik yaitu suatu metode keamanan basis data dengan menggunakan anggota badan seperti sidik jari, geometri tangan, retina (mata), suara dan wajah sebagai pengganti *password*[1].

Teknologi biometrik dikembangkan karena dapat memenuhi dua fungsi yaitu identifikasi dan verifikasi, disamping itu biometrik memiliki karakteristik seperti tidak dapat hilang, tidak dapat lupa dan tidak mudah dipalsukan karena keberadaannya melekat pada manusia, dimana satu dengan yang lain tidak akan sama, maka keunikannya akan lebih terjamin[1].

Biometrik *autentification* dalam *security* adalah hal yang sangat penting untuk menjaga keamanan data, namun sudah banyak teknologi yang diterapkan untuk menjaga keautentikan tersebut, akan tetapi hal itu banyak kendala dalam penerapannya dan masih kurang memberikan perlindungan yang aman[1]. Teknologi biometrik menawarkan autentikasi secara biologis memungkinkan sistem dapat mengenali penggunaanya lebih tepat[1].

Diantara semua teknik biometrik, identifikasi *fingerprint-based* adalah metoda paling tua yang telah sukses digunakan pada banyak aplikasi. Semua orang mempunyai sidik jari yang unik. Suatu sidik jari dibuat dari satu rangkaian *ridge* dan *valley* pada permukaan jari. Konsep teknologi biometrik menggunakan sidik jari sudah dimulai sejak tahun 1901 oleh E. Henry dengan memusatkan pada jari tangan dan jari kaki dengan sistem pencelupan ke dalam tinta dan

membubuhkannya pada suatu media sehingga di dapat titik *ridge* yang berbeda pada masing-masing individu[1].

Saat ini sudah banyak alat yang dapat digunakan untuk mengambil data sidik jari seseorang. Beberapa metode yang sering dipakai diantaranya *scanner* sidik jari yang memanfaatkan *optic*, efek konduktansi, dan ultrasonik. Masing-masing metode memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan sendiri. *Automatic Fingerprint Identification Systems (AFIS)* yang menggunakan cahaya memiliki ketergantungan pada kondisi permukaan kulit sidik jari sehingga keakuratannya terbatas. *Scanner* pencitraan ultrasonik dikembangkan agar mampu menghasilkan gambar sidik jari yang jelas dengan kualitas tinggi. Dari beberapa tipe arsitektur *scanner* sidik jari ultrasonik, penulis memilih jenis arsitektur *scanner* yang pada dasarnya termasuk jenis arsitektur *scanner oscillatory mirror*.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui bagaimana sebuah gambar sidik jari dapat dihasilkan dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang dihasilkan dari sebuah transduser ultrasonik. Dengan mengetahui bahwa setiap bahan memiliki nilai kerapatan (*density*) dan kecepatan fasa (*velocity*) yang berbeda-beda, maka diperoleh nilai impedansi akustik dari setiap bahan juga berbeda-beda termasuk jaringan tubuh manusia. Perbedaan nilai impedansi akustik inilah yang menjadi tolak ukur dalam proses *scanning* sidik jari menggunakan sensor ultrasonik.

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan pada skripsi ini dibatasi pada prinsip dasar dari cara kerja sensor ultrasonik dalam menghasilkan gambar sidik jari dari sebuah *scanner* sidik jari dengan menggunakan sensor ultrasonik dan cermin akustik. Mekanisme yang dibahas adalah dengan membandingkan koefisien pantul akibat nilai impedansi akustik yang berbeda pada *ridge* (gunung) dan *valley* (lembah) dari suatu sidik jari, sehingga rekonstruksi gambar sidik jari dapat diperoleh. *Echo* (gema) diperoleh dengan memanfaatkan sinyal ultrasonik yang dipancarkan oleh

transduser ultrasonik dan cermin akustik sebagai penyapu satu daerah linear dari sidik jari. Analisis yang dilakukan didasarkan pada koefisien pantul yang diperoleh akibat perbedaan nilai impedansi akustik. Simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak adobe 3D Max.

1.4 Metode Penulisan

Metode yang digunakan disini adalah pendekatan tinjauan pustaka dengan melakukan studi literatur dari berbagai sumber termasuk jurnal referensi mengenai *scanner* sidik jari dengan menggunakan sensor ultrasonik dari jurnal teknologi internasional yang dipublikasikan (antara lain IEEE *Ultrasonics*, *United States Patent*, dan lainnya). Selanjutnya dibuat simulasi untuk memudahkan dalam memahami cara kerja *scanner* sidik jari ultrasonik.

1.5 Sistematika Penulisan

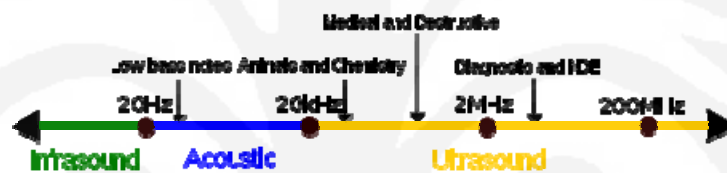
Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut. Pada Bab Pertama akan dijelaskan latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan. Pada Bab kedua akan dipaparkan teori dasar yang mendukung yaitu teori dasar tentang ultrasonik, sensor (khususnya sensor ultrasonik), transduser piezoelektrik, sensor ultrasonik sebagai pembaca sidik jari, dan beberapa arsitektur *scanner* ultrasonik. Pada Bab ketiga diberikan sistem *scanner* sidik jari dengan menggunakan sensor ultrasonik dan cermin akustik sebagai penyapu daerah sumbu-x dari sidik jari, dan *linear actuator* sebagai penggerak scanner kearah sumbu-y. Bab 4 berisi hasil animasi simulasi dan analisisnya. Bab 5 berisi kesimpulan.

BAB 2

TEORI DASAR

2.1 Sekilas Tentang Ultrasonik

Ultrasonik merupakan istilah yang dipakai untuk aplikasi dari suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 kiloHertz. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (di atas) frekuensi gelombang suara. Gambar 2.1 menunjukkan rentang penggunaan frekuensi suara, termasuk didalamnya rentang gelombang *ultrasound*.



Gambar 2.1 Rentang Diagram *Ultrasound*[2].

Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Pantulan dari gelombang ultrasonik ini dapat memberikan informasi mengenai struktur suatu medium.

2.2 Sensor

2.2.1 Pengertian Umum Sensor

Pengertian sensor secara umum didefinisikan sebagai alat yang mampu mendeteksi, melakukan pengukuran, dan merekam fenomena fisis dan datanya dikirim ke tempat lain. Fenomena fisis yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet, cahaya, pergerakan dan lainnya. Sementara fenomena kimia dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas.

Ada berbagai macam penggolongan sensor diantaranya *acoustic*, *biologic*, *chemical*, *optical*, *radiation thermal*, dan *specify* sensor yang dibuat khusus untuk

mendeteksi besaran-besaran lain, sedangkan sensor ultrasonik sendiri termasuk kedalam *acoustic* sensor.

2.2.2 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik bekerja menggunakan prinsip kerja yang mirip dengan radar atau sonar yaitu dengan menafsirkan setiap gema dari gelombang radio atau suara. Sensor ultrasonik menghasilkan gelombang suara dalam kisaran ultrasonik, di atas 20.000 hertz, dengan mengubah energi listrik menjadi suara, kemudian setelah menerima *echo* (gema) mengubah gelombang suara menjadi energi listrik yang dapat diukur dan ditampilkan.

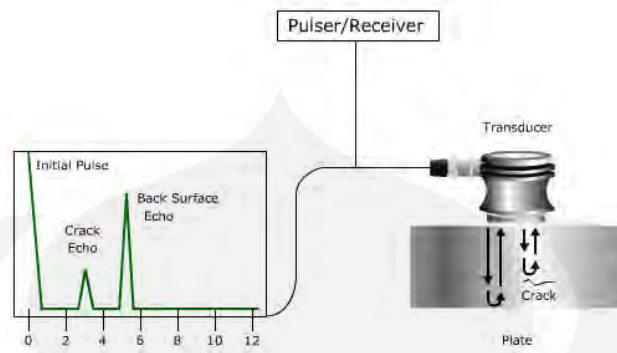
Frekuensi yang diasosiasikan dengan gelombang ultrasonik pada aplikasi elektronik dihasilkan oleh getaran elastis dari sebuah kristal kuarsa yang diinduksikan oleh resonans dengan suatu medan listrik bolak-balik yang dipakaikan (efek piezoelektrik).

2.2.3 Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Pemeriksaan menggunakan ultrasonik dapat digunakan untuk mendeteksi cacat, pengukuran dimensi, karakterisasi material, dan banyak lagi. Sebuah sistem ultrasonik biasanya terdiri dari beberapa unit fungsional, seperti *pulser / receiver*, transduser, dan perangkat layar.

Pulser / receiver adalah perangkat elektronik yang dapat menghasilkan pulsa listrik tegangan tinggi. Didorong oleh pulser, transduser menghasilkan energi ultrasonik frekuensi tinggi. Energi suara merambat melalui material dalam bentuk gelombang. Ketika ada diskontinuitas (seperti retak) di jalan gelombang, sebagian energi akan dipantulkan kembali dari permukaan cacat. Sinyal gelombang yang dipantulkan tersebut ditransformasikan menjadi sinyal listrik oleh transduser dan ditampilkan pada layar.

Pada Gambar 2.2, kuat sinyal yang terefleksi ditampilkan terhadap waktu, mulai dari ketika sinyal dihasilkan sampai gema diterima kembali oleh transduser.



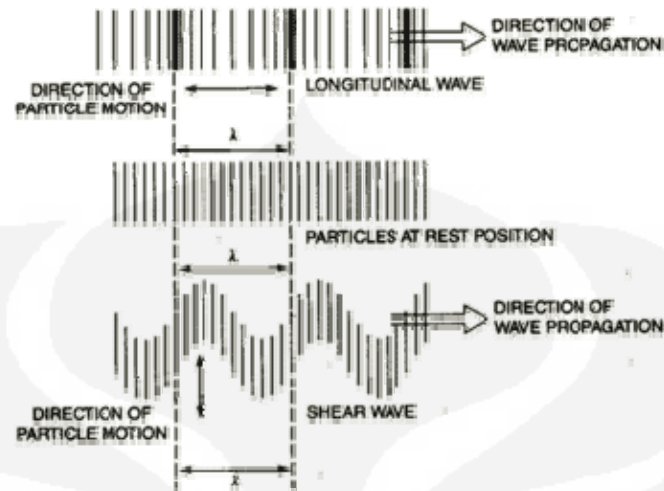
Gambar 2.2 Cara Kerja Ultrasonik[3].

Waktu perjalanan sinyal secara langsung berhubungan dengan jarak dimana sinyal melintas. Dari sinyal tersebut, informasi tentang lokasi *reflektor*, ukuran, orientasi, dan fitur lainnya dapat di peroleh.

2.2.3.1 Perambatan Gelombang

Ultrasonik digunakan berdasarkan pada perubahan variasi waktu atau getaran pada material yang umumnya disebut sebagai akustik. Semua bahan dari suatu zat terdiri dari atom. Akustik difokuskan pada partikel yang mengandung banyak atom yang bergerak bersama-sama untuk menghasilkan gelombang mekanis.

Didalam zat padat, gelombang suara dapat merambat dalam beberapa prinsip mode yang didasarkan pada cara partikel beresilasi. Gelombang longitudinal dan gelombang geser merupakan dua mode propagasi yang paling banyak digunakan dalam pengujian ultrasonik. Gambar 2.3 menunjukkan bagaimana perambatan gelombang dengan mode gelombang longitudinal dan gelombang geser.



Gambar 2.3 Propagasi Gelombang[3].

Tidak seperti gelombang geser, gelombang longitudinal memiliki kerapatan gelombang yang berbeda-beda.

2.2.3.2 Sifat Gelombang

Beberapa sifat yang dipakai dalam perambatan gelombang adalah panjang gelombang, frekuensi, dan kecepatan. Panjang gelombang berbanding lurus dengan kecepatan gelombang dan berbanding terbalik dengan frekuensi gelombang. Hubungan ini ditunjukkan oleh Persamaan 2.1.

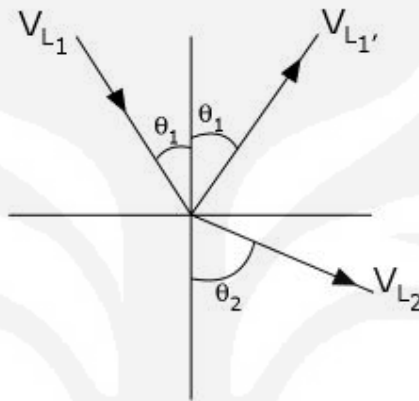
$$\text{Wavelength}(\lambda) = \frac{\text{Velocity}(v)}{\text{Frequency}(f)} \quad (2.1)$$

Sebagaimana Persamaan 2.1, perubahan pada frekuensi akan mengakibatkan perubahan pada panjang gelombang. Didalam ultrasonik, panjang gelombang yang lebih pendek akibat dari peningkatan besarnya frekuensi dipakai untuk mendeteksi diskontinuitas yang lebih kecil[3].

2.2.3.3 Hukum Snellius

Bila gelombang suara melewati suatu medium ke-medium lain frekuensi tetap tetapi panjang gelombang yang berubah dan arah gelombang yang berbelok hal ini disebut pembiasan. Peristiwa ini dinyatakan didalam hukum snellius.

Hukum Snellius menjelaskan hubungan antara sudut dan kecepatan gelombang. Hukum Snellius memberikan persamaan antara rasio kecepatan gelombang suara pada medium 1 (V_1) dan kecepatan gelombang suara pada medium 2 (V_2) terhadap rasio sinus sudut datang (θ_1) dan sudut pantul (θ_2), sebagai mana dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses refleksi dan refraksi[3].

Dari Gambar 2.4 dapat ditulis Persamaan 2.2.

$$\frac{\sin\theta_1}{V_{L1}} = \frac{\sin\theta_2}{V_{L2}} \quad (2.2)$$

Dimana: V_{L1} adalah kecepatan gelombang pada bahan 1

V_{L2} adalah kecepatan gelombang pada bahan 2

Syarat persamaan tersebut, n_2 lebih rapat dari n_1 maka $\theta_2 < \theta_1$. Jika n_2 lebih renggang dari n_1 maka $\theta_2 > \theta_1$.

2.2.3.4 Atenuasi[4]

Atenuasi adalah pengurangan intensitas berkas ultrasonik karena melalui suatu medium[5]. Adapun besar dari nilai atenuasi dapat ditulis dengan Persamaan 2.3.

$$I_x = I_o \cdot e^{-\alpha x} \quad (2.3)$$

Dengan I_x adalah intensitas setelah menembus bahan (Watt/m), I_0 adalah intensitas mula-mula (Watt/m), α adalah koefisien absorpsi (dB/m), dan x adalah jarak kedalaman (m). Atenuasi dipengaruhi oleh dua macam faktor yaitu hamburan dan penyerapan.

a) Hamburan

Bila suatu energi gelombang ultrasonik menabrak dimensi-dimensi permukaan yang lebih kecil dari panjang gelombang maka gelombang datang akan tersebar ke segala arah[5]. Hamburan ini tergantung pada perubahan impedansi akustik pada sasaran atau partikel, ukuran partikel dari medium dan panjang gelombang energi datang. Intensitas gelombang yang terhambur meningkat dengan cepat bersama frekuensi dan sebanding dengan kuadrat frekuensi, oleh karena itu frekuensi tinggi terhambur dengan lebih mudah dari pada frekuensi rendah.

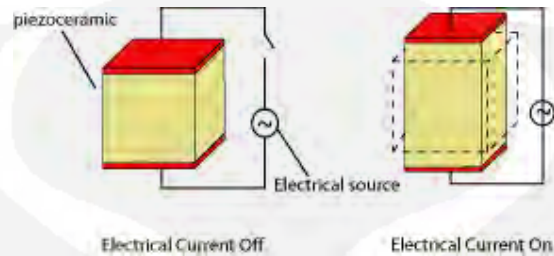
b) Penyerapan (Absorpsi)

Absorpsi ultrasonik dalam cairan merupakan hasil dari gaya gesekan yang berlawanan dengan gerakan partikel-partikel dalam media. Energi mekanik yang dipindah dari suara ultra menjadi panas. Selama mengalami absorpsi gelombang ultrasonik, intensitas dengan amplitudonya berkurang secara eksponensial.

2.3 Transduser Piezoelektrik

Konversi pulsa elektrik ke getaran mekanik dan konversi getaran mekanik yang dikembalikan menjadi energi listrik merupakan dasar dari pemakaian ultrasonik. Elemen aktif merupakan bagian penting dari transduser karena berfungsi sebagai pengubah energi listrik ke energi akustik, dan sebaliknya. Unsur aktif ini pada dasarnya merupakan bagian dari bahan terpolarisasi (yaitu beberapa bagian dari molekul bermuatan positif, sedangkan bagian lain dari molekul bermuatan negatif) dengan elektroda terpasang di arah yang berlawanan. Ketika medan listrik diberikan di seluruh materi, molekul terpolarisasi akan menyesuaikan diri dengan medan listrik, menghasilkan dipol terinduksi dalam struktur molekul atau kristal dari bahan tersebut. Perpindahan molekul ini akan

menyebabkan perubahan dimensi dari bahan piezoelektrik, sehingga pada akhirnya dihasilkan gerakan. Gambar 2.5 menunjukkan bagaimana efek piezoelektrik terjadi.



Gambar 2.5 Efek Piezoelektrik[3].

Beberapa Kristal, seperti material quartz (SiO_2) atau barium titanate (BaTiO_3), akan terpolarisasi secara elektrik bila diberi tekanan (*stress*) dan sebaliknya akan menjadi regangan (*strain*) bila terpolarisasi (ditempatkan pada suatu medan listrik). Fenomena ini yang diebut sebagai efek piezoelektrik.

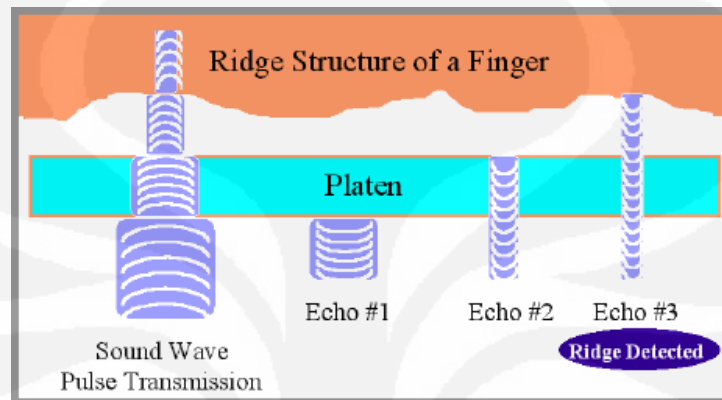
Pada saat memancarkan gelombang ultrasonik, transduser berfungsi seperti *speaker* yang merubah gelombang listrik berfrekuensi ultrasonik menjadi gelombang ultrasonik. Transduser bekerja atas dasar perubahan tegangan listrik yang masuk menggetarkan kristal pembentuk piezoelektrik. Getaran kristal akan menekan diafragma kristal yang menyebabkan udara bergetar yang menyebabkan terjadinya gelombang suara. Untuk mendapatkan gelombang ultrasonik maka frekuensi perubahan tegangan listrik harus disesuaikan dengan frekuensi gelombang ultrasonik yang diharapkan.

Pada saat menerima gelombang ultrasonik, transduser berfungsi seperti *microphone* yang merubah gelombang ultrasonik menjadi gelombang listrik. Transduser bekerja atas dasar perubahan tekanan udara. Tekanan tersebut akan menyebabkan terjadinya perubahan struktur Kristal. Perubahan struktur akan menghasilkan gelombang listrik.

2.4 Sensor Ultrasonik Sebagai Pembaca Sidik Jari

Kemampuan menghasilkan gambar sidik jari menggunakan ultrasonik adalah berdasarkan perbedaan impedansi akustik antara jaringan tubuh (*ridge*) dan

udara (*valley*). Perbedaan akustik ini cukup mempengaruhi jumlah energi akustik yang kembali ke *receiver*, sehingga memungkinkan gambar grayscale dari sidik jari dibuat. Gambar 2.6 menunjukkan bagaimana sinyal ultrasonik dipantulkan untuk setiap bahan yang berbeda.



Gambar 2.6 Ilustrasi Ultrasonik[6].

Kemampuan menghasilkan gambar menggunakan ultrasonik didasarkan pada koefisien refleksi dan transmisi ultrasonik yang menyebar melalui berbagai impedansi akustik media. Impedansi akustik didefinisikan sebagai produk dari kerapatan material (ρ_0) dan kecepatan fasa (c_0).

Gelombang ultrasonik dalam medium 1 dengan impedansi akustik Z_1 beralih ke medium 2 dengan impedansi akustik Z_2 , maka jumlah energi akustik terrefleksi yang kembali ke transduser dapat ditulis dengan Persamaan 2.4.

$$R = (Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1) \quad (2.4)$$

Jumlah energi akustik yang ditransmisikan lewat *interface* dan masuk ke medium 2 dapat ditulis dengan Persamaan 2.5.

$$T = 1 - R \quad (2.5)$$

Dengan pemetaan besarnya refleksi atau gelombang ultrasonik yang di transmisikan berdasarkan *interface* tertentu, gambar *grayscale* dari *interface* tersebut dapat di peroleh.

Refleksi gelombang ultrasonik pada sebuah *interface* yang terlihat oleh transduser pada waktu (t) sesuai dengan jarak (D) media yang merefleksikannya

dari transduser dan kecepatan propagasi (c_0) dari ultrasonik pada media dapat ditulis dengan Persamaan 2.6.

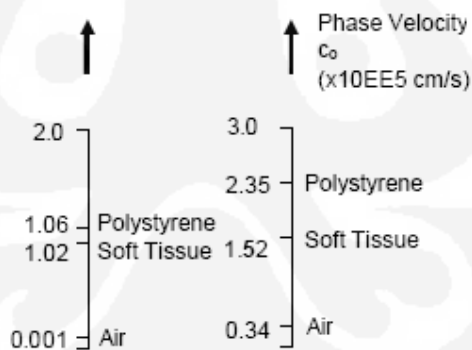
$$t = 2D / c_0 \quad (2.6)$$

Karena kecepatan propagasi dari ultrasonik yang bervariasi untuk setiap bahan (termasuk tubuh manusia) relatif lambat, waktu *echo* sebagaimana diberikan Persamaan 2.6 relatif cukup besar terhadap standar waktu respon alat digital. Hal ini memungkinkan suatu benda yang akan di pindai dan sebuah rentang gerbang elektronik yang digunakan hanya meloloskan sinyal yang terjadi pada kedalaman tertentu suatu benda.

Koefisien pantul 'R' seperti diberikan dalam Persamaan 2.4 adalah fungsi dari impedansi relatif akustik dari setiap media yang dibentuk *interface*. Produk dari kerapatan material (ρ_0) dan kecepatan fasa (c_0) ini disebut impedansi akustik (Z) dan diberikan sebagaimana Persamaan 2.7.

$$Z = \rho_0 \cdot c_0 \quad (2.7)$$

Gambar 2.7 menunjukkan besaran relatif dari kerapatan (ρ_0) dan kecepatan fasa (c_0) untuk jaringan lunak, udara, dan *polystyrene*.



Gambar 2.7 *Density dan Phase Velocity*[7].

Dari Gambar 2.7, impedansi akustik dari bahan tertentu dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (2.7).

Untuk mendapatkan kontras maksimum koefisien pantul, impedansi akustik relatif sepanjang bidang dari objek yang dicitrakan (dalam hal ini jari) harus bervariasi secara signifikan dari *ridge* ke *valley*. Koefisien pantul yang

diperhatikan adalah yang terjadi antara plat pembaca dan *ridge* serta *valley* dari sidik jari. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan *echo* pantul yang disebabkan *valley* sidik jari (udara) dengan membuat koefisien pantul yang tinggi pada saat bersamaan meminimalkan sinyal pantul pada *ridge* dengan membuat koefisien pantul yang rendah, sehingga memungkinkan sebagian besar energi akustik untuk masuk ke jari.

2.5 Arsitektur Scanner

Secara umum ada dua jenis arsitektur *scanner* dalam membaca sidik jari menggunakan aplikasi gelombang suara yaitu arsitektur *scanner* yang memanfaatkan *solid state* dan arsitektur *scanner* yang menggunakan metode *electro-mechanical*.

2.5.1 Solid State

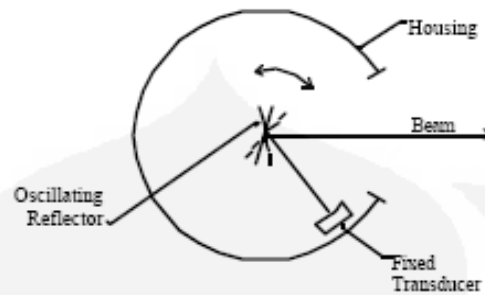
Arsitektur *scanner* yang memanfaatkan *solid state* merupakan jenis arsitektur *scanner* yang menggunakan sistem *array* sensor ultrasonik yang tersusun sedemikian rupa sehingga tersusun rapat dengan dimensi sesuai kebutuhan dimana setiap sensor ultrasonik yang terpasang berfungsi untuk membaca satu titik dalam area sidik jari yang di pindai.

2.5.2 Electro-Mechanical

Berikut tiga jenis arsitektur *scanner* yang tergolong arsitektur *scanner electro-mechanical*.

a) Oscillatory Mirror

Konsep dasar dibalik penggunaan cermin akustik ini dapat diterangkan melalui Gambar 2.8.

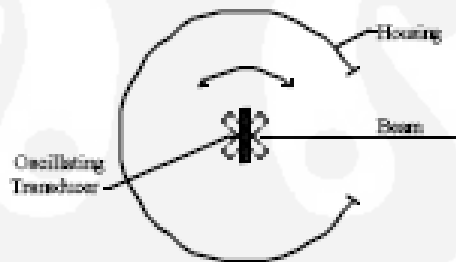


Gambar 2.8 *Oscillatory Mirror*[8].

Pada arsitektur *scanner oscillatory mirror*, pemindaian dilakukan dengan memanfaatkan cermin akustik yang bergerak sedangkan transduser ultrasonik dalam posisi yang tetap.

b) *Wobbling Transducer*

Arsitektur *scanner wobbling transducer* dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.9.

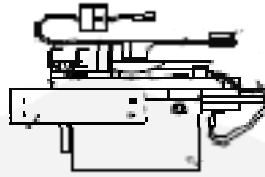


Gambar 2.9 *Wobbling Transducer*[8].

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.8, pada *wobbling transducer* yang berputar adalah transdusernya itu sendiri tanpa menggunakan cermin akustik dalam melakukan proses *scanning*.

c) *Scanning Transducer*

Pada *scanning transducer* proses pemindaian dilakukan dengan cara menggerakkan transduser keseluruhan bagian bidang yang akan di pindai. Gambar 2.10 merupakan salah satu model *scanner* sidik jari yang menggunakan prinsip *scanning transducer*.



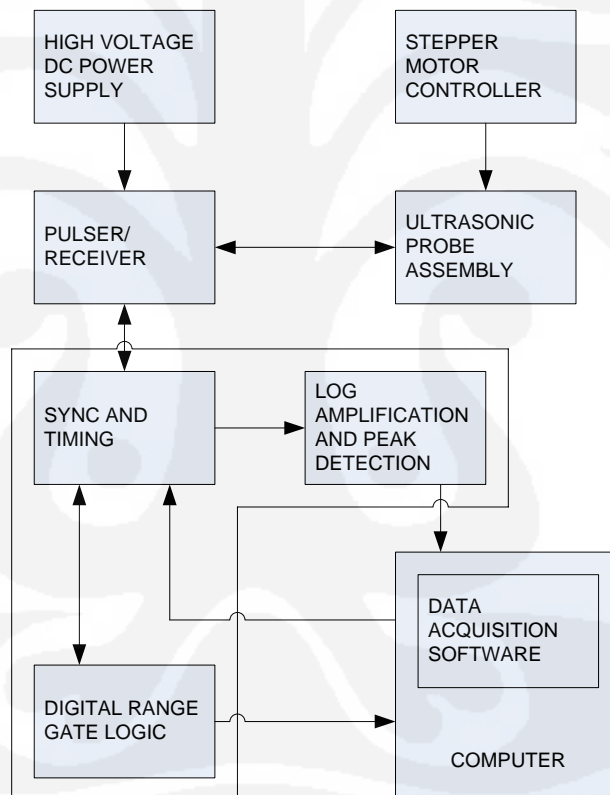
Gambar 2.10 Model *scanning transducer*[8].

Dari beberapa tipe arsitektur *scanner* yang telah di sebutkan sebelumnya, *scanner* sidik jari menggunakan cermin akustik yang penulis bahas dalam skripsi ini termasuk kedalam jenis arsitektur *scanner oscillatory mirror*.

BAB 3
RANCANGAN SCANNER SIDIK JARI ULTRASONIK
DENGAN MENGGUNAKAN CERMIN AKUSTIK

3.1 Diagram Blok Elektronik

Secara umum *scanner* pembaca sidik jari menggunakan sensor ultrasonik dengan cermin akustik ini memiliki diagram blok elektronik, seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Elektronik *Scanner* Sidik Jari Ultrasonik.

Gambar 3.1 bersumber dari [9] dengan beberapa perubahan. Pada sistem diagram elektronik *scanner* sidik jari sesuai Gambar 3.1, sistem ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

- a) sumber tegangan DC,

- b) pengontrol motor *stepper*,
- c) rangkaian *probe* ultrasonik,
- d) *pulser/receiver*,
- e) pengolah sinyal elektronik,
- f) komputer.

Sumber tegangan DC dipakai untuk memberikan daya bagi seluruh subsistem juga untuk mengosilasi transduser piezoelektrik. Pengontrol motor *stepper* diatur oleh *software* pengontrol yang berfungsi untuk mengontrol gerakan/putaran dari cermin akustik. Rangkaian *probe* ultrasonik terdiri dari transduser ultrasonik, motor *stepper*, cermin akustik, *collimating lens*, dan *linear* aktuator. Penjelasan lebih lanjut mengenai *probe* ultrasonik ini akan dibahas dalam sub Bab 3 berikutnya.

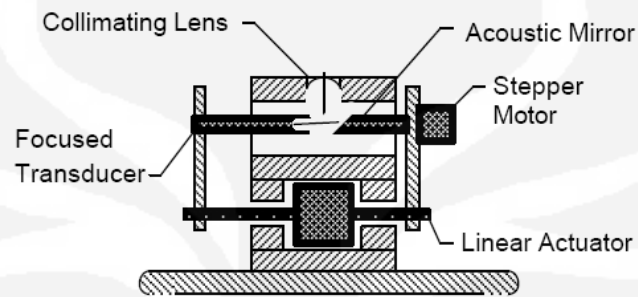
Pulser/receiver terhubung ke *probe*. Data yang dikembalikan oleh transduser ultrasonik diterima oleh *pulser/receiver* dan diteruskan ke pemrosesan sinyal kecepatan tinggi. Pengolah sinyal elektronik terdiri dari *log amplification and peak detection* untuk memperkuat sinyal dan membaca nilai puncak, *synchronizing and timing* sebagai pensinkron dan pengendali waktu pengiriman sinyal, dan *digital range gate logic*.

Keluaran dari pemrosesan sinyal kecepatan tinggi dikirim dan disimpan kedalam komputer untuk dapat ditampilkan dalam bentuk gambar *grayscale*. Komputer tidak hanya bertanggungjawab sebagai tempat penyimpanan dan menampilkan gambar tetapi juga mengontrol seluruh proses melalui perangkat lunak. Perangkat lunak ini bertanggungjawab untuk menginisialisasi/mengontrol hardware, mengatur langkah motor *stepper* yang terhubung ke *probe*, dan menyediakan *user interface* yang diperlukan untuk seluruh proses.

3.2 Arsitektur *Probe*

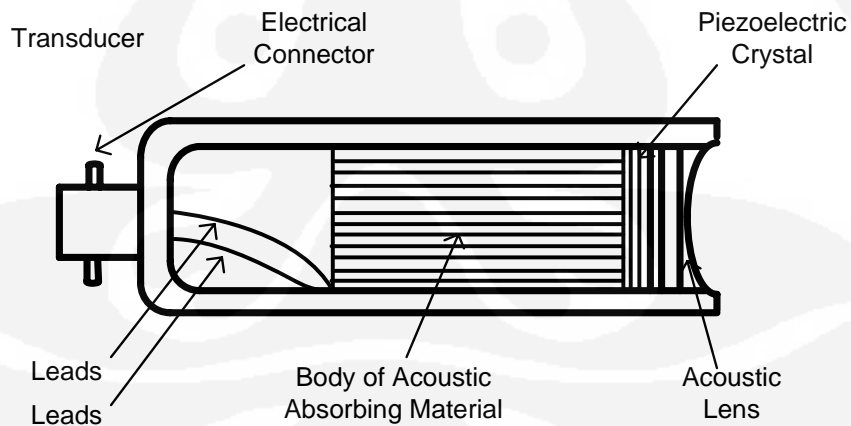
Probe pada sistem ini memakai transduser 30MHz dengan fokus tetap untuk membuat ukuran *spot* dengan diameter sekitar 0.006” yang mendefinisikan batas resolusi lateral. *Spot* ini tercermin melalui cermin akustik pada *probe* yang menghadap kearah objek yang akan digambar. Cermin akustik terpasang pada

motor berputar dengan kecepatan *scan* konstan. Setelah memindai keseluruhan garis, transduser dan cermin melangkah dengan jarak 0,006" menggunakan *linear aktuator* untuk mempersiapkan baris *scan* berikutnya. Seluruh proses ini berulang sampai daerah sekitar 0.500" x 0.750" ter-*scan*[9]. Gambar 3.2 merupakan rangkaian *probe scanner* ultrasonik.



Gambar 3.2. Rangkaian Probe Scanner Ultrasonik[3].

Transduser yang dipakai dalam sistem terancang ini beroperasi dalam mode *pulse-echo*. Transduser ultrasonik dan cermin akustik terendam dalam cairan konduktif akustik. Susunan komponen transduser ultrasonik yang dipakai dapat dilihat seperti pada Gambar 3.3.

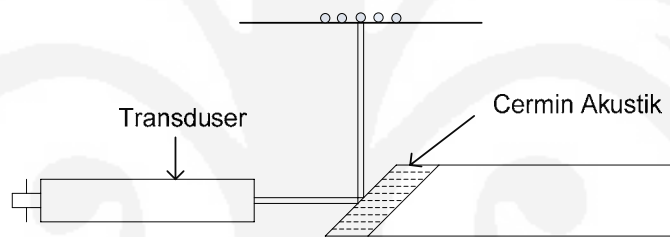


Gambar 3.3 Transduser Ultrasonik[9].

Probe menggunakan elemen tunggal kristal piezoelektrik untuk mendorong dan menerima energi akustik sebagaimana di tunjukkan Gambar 3.3.

Secara umum, transduser ini terdiri dari rumah silinder yang di tutup pada salah satu ujungnya dan memiliki lensa akustik yang dipasang pada ujung *casing*. Sebuah Kristal piezoelektrik diletakkan bersebelahan dengan permukaan datar lensa dan bahan penyerap akustik diletakkan menempel dengan Kristal. Kristal terhubung dengan bagian luar *pulser/receiver* melalui kawat, dan sebuah konektor listrik diletakkan diluar *casing*.

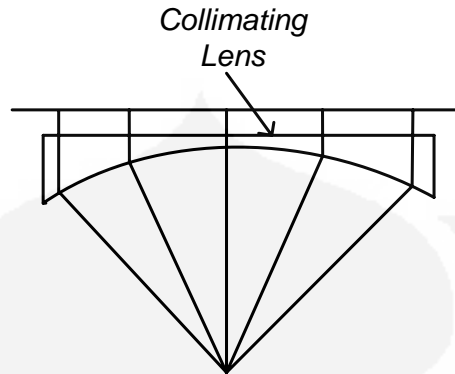
Cermin akustik yang berputar digunakan untuk menyapu satu *scan* garis di sumbu-x. Data yang dikembalikan, kemudian disimpan sebagai garis *scan* tunggal dalam gambar keseluruhan. Gambar 3.4 bersumber pada [9] dengan beberapa perubahan, mengilustrasikan bagaimana sinyal dibelokkan kearah *ridge* atau *valley*.



Gambar 3.4. Cermin Akustik.

Dalam sistem yang diilustrasikan, plat kaca diatur pada sudut 45° sebagai cermin akustik. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dan berpengaruh diantaranya pilihan bahan cermin, ketebalan, dan sudut di mana akan ditempatkan. Piringan kaca biasa memiliki sudut kritis ketika ditempatkan di dalam air. Sebagai aturan umum, ketebalan bahan refleksi dibuat lebih dari 2-3 panjang gelombang untuk memastikan bahwa bahan tersebut tidak bergetar tetapi dapat memantulkan *beam* sinyal.

Collimating lens diletakkan diantara cermin akustik dan objek yang akan di *scan*. Lensa ini didisain berbentuk *plano-concave*. Fungsinya adalah untuk menyejajarkan *beam* dari sinyal. Gambar 3.5 menunjukkan ilustrasi dari *collimating lens*.



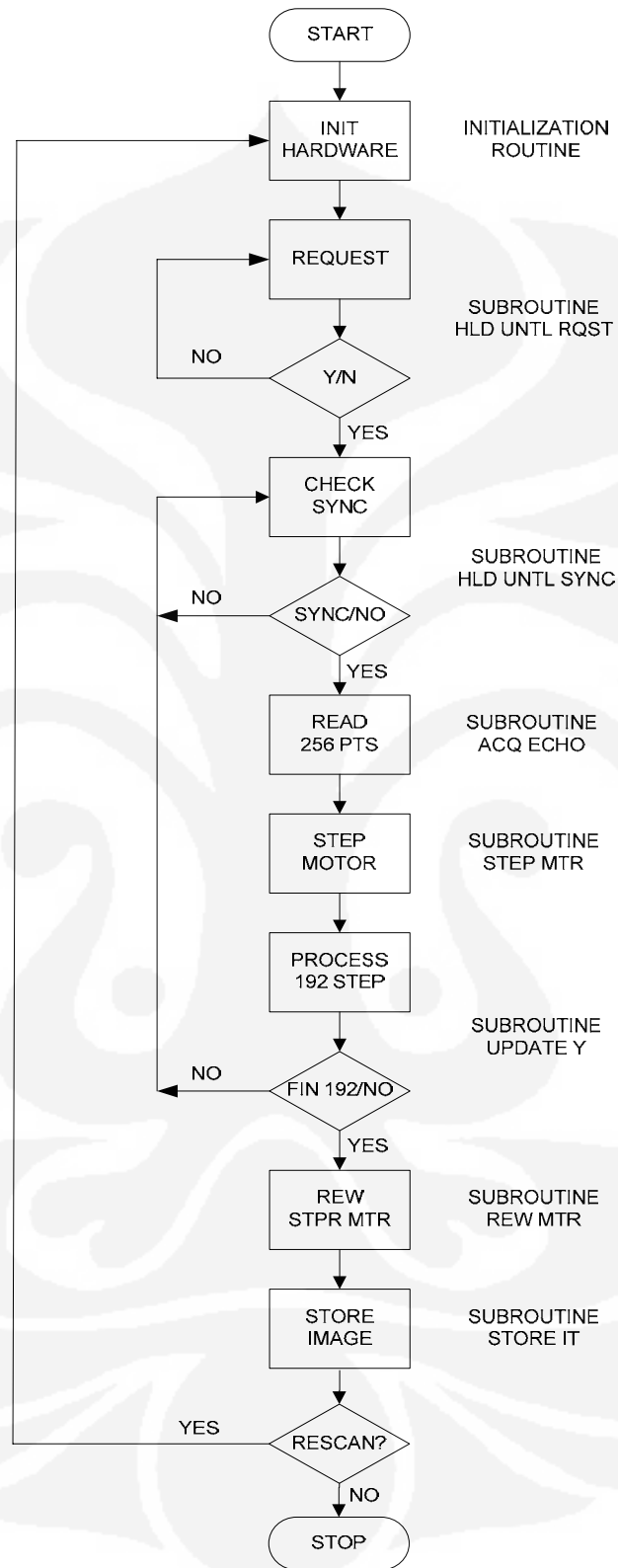
Gambar 3.5. *Collimating Lens*[9].

Sejumlah bahan dapat digunakan sebagai bahan untuk lensa ini. Namun, untuk memaksimalkan kualitas gambar, bahan harus memiliki impedansi akustik yang mendekati impedansi akustik kulit. *Polystyrene* dipilih karena impedansi akustik dan kecepatan fasanya tidak hanya mendekati kulit tetapi juga banyak tersedia, mudah di kerjakan, dan harganya tidak begitu mahal. Motor *stepper* terhubung ke cermin akustik dan digunakan untuk memutar cermin akustik tersebut, sedangkan *linear* aktuator dipasang ke penyangga transduser dan penyangga cermin akustik, dipakai untuk menggerakkan *probe* ke baris *scan* berikutnya.

3.3 Disain *Flowchart*

Perangkat lunak ini bertugas untuk mengontrol proses pengambilan data yang terinstall pada komputer. Perangkat lunak ini bertanggung jawab sebagai *interface* dan pengontrol *parallel digital I/O ports* yang berada pada komputer. Berikut *flowchart* perangkat lunak yang dimaksud seperti terlihat pada Gambar 3.6 agar dapat lebih memahami tentang cara kerja *scanner* ultrasonik yang penulis jelaskan.

Flowchart ini terdiri atas 8 *subroutine* utama. Delapan *subroutine* tersebut adalah *initialization subroutine*, *hold until request subroutine*, *hold until syncrone subroutine*, *acquisition echo subroutine*, *step motor subroutine*, *update y subroutine*, *rew motor soubroutine*, dan *store soubroutine*.



Gambar 3.6 Diagram Flowchart.

Gambar 3.6 bersumber pada [9] dengan beberapa perubahan. Inisialisasi *hardware* dilakukan untuk menginisialisasi semua variabel program dan parameter *hardware* dari proses pengambilan data di komputer. Setelah seluruh variabel program dan parameter *hardware* terinisialisasi proses selanjutnya adalah program menanyakan ke user apakah akan melakukan *scan* atau tidak. Jika jawabannya melakukan *scan*, proses selanjutnya adalah menentukan ada tidaknya pulsa sinkronisasi dari *hardware*. Setelah pulsa sinkronisasi dari *hardware* di terima, *software* akan memulai proses pengambilan data dan memonitor jalannya proses.

Proses pengambilan data di mulai dari membaca *echo* yang diterima. Hal ini dilakukan sampai 256 *echo* dari 256 titik sepanjang sumbu-x selesai di *scan*. Setelah satu baris sumbu-x selesai di *scan*, selanjutnya *linear* aktuator akan bergerak satu langkah ke arah sumbu-y dan memulai kembali proses *scan* sumbu-x seperti telah dilakukan sebelumnya. *Linear* aktuator bergerak sepanjang sumbu-y sebanyak 192 titik. Setelah selesai melakukan keseluruhan scan, maka gambar 256x192 titik dapat diperoleh.

3.4 Perencanaan Pembuatan Animasi

Pembuatan simulasi pada *scanner* sidik jari ultrasonik ini menggunakan beberapa tahap dan beberapa cara sebagaimana diuraikan di bawah ini.

1. *Software*/ Perangkat Lunak

Penggunaan *software* pada pembuatan simulasi ini yaitu dengan menggunakan program *3DS Max*. *Software* ini dapat mengolah animasi 3 dimensi dan merupakan salah satu *software* yang populer dan paling banyak digunakan saat ini. Hal itu didukung dengan fasilitas-fasilitas dan peranti-peranti lengkap yang telah disediakan *3D Studio Max*.

2. Penggunaan *Software*/ Perangkat Lunak

Berberapa tahap penggunaan *software* agar dapat membuat suatu animasi *scanner* sidik jari ultrasonik menggunakan cermin akustik diuraikan di bawah ini.

- a. Mengetahui lingkungan kerja *3ds Max*
Untuk memulai membuat suatu animasi, terlebih dahulu mengetahui lingkungan kerja *3ds Max* agar dapat menggunakan peranti-peranti dengan baik dan mempermudah untuk membuat suatu animasi.
- b. Membuat objek geometri
Membuat suatu animasi dibutuhkan terlebih dahulu objek-objek yang akan dibuat, seperti transduser, cermin akustik, *collimating lens*, *linear* aktuator, dan bentuk sinyal berjalan agar terlihat lebih nyata.
- c. Memilih dan mentransformasi objek
Setiap objek yang telah di buat ditransformasi dan di modifikasi agar terlihat lebih nyata. Warna objek, memutar objek, mengatur ukuran objek, menggandakan objek, dan pengelompokkan objek yang mana yang akan dikelompokkan dan yang tidak di kelompokkan.
- d. Menggunakan *modifier*
Setelah membuat objek, diterapkan *modifier list* pada objek. *Modifier list* digunakan untuk mengubah atau memodifikasi sebuah objek. Pemotongan pada objek-objek transduser dan cermin akustik digunakan *modifier shape*.
- e. Membuat animasi *scanner*
Animasi *scanner* di buat dalam *software* ini dengan cara animasi transformasi *Auto key* dan *Set key*, dimana setiap objek di geser *Time slider* ke *frame* berikutnya dengan tombol *Select and Move*. Setelah animasi selesai dibuat, animasi di simpan dengan cara mengatur penyimpanan pada *Render setup* dengan format MPEG. Animasi akan dapat dilihat dalam bentuk video.

3. Hasil Animasi

Hasil animasi untuk simulasi *scanner* sidik jari ultrasonik ini ada beberapa tahapan dimana setiap tahap dibuat agar dapat dipahami.

a. Pergerakan Cermin Akustik

Pada animasi ini dibuat bagaimana sinyal ultrasonik dari transduser mengenai cermin akustik sampai *echo* diterima dan cermin akustik bergerak men-*scan* sumbu-x. Animasi digambarkan dari arah samping dan depan.

b. Pergerakan *Linear* Aktuator

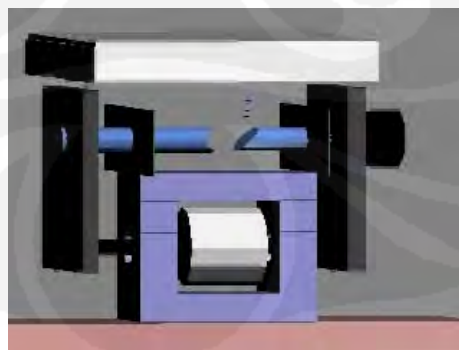
Selain pergerakan cermin akustik, dibuat juga animasi pergerakan *linear* aktuator yang bergerak sepanjang sumbu-y. Pada animasi ini disertakan juga seluruh proses pergerakan cermin akustik sampai seluruh bagian sidik jari selesai ter-*scan*.

c. Proses Terbentuknya Sidik Jari

Pada bagian ini animasi dibuat untuk memahami proses terbentuknya sidik jari. Animasi ini berhubungan dengan pergerakan cermin akustik dan pergerakan *linear* aktuator.

3.5 Gambar Pemodelan *Scanner* Sidik Jari Ultrasonik

Gambar 3.7 menunjukkan model *scanner* sidik jari yang sudah dalam bentuk animasi.



Gambar 3.7 Model Animasi *Scanner* Ultrasonik

BAB 4

SIMULASI DAN ANALISIS

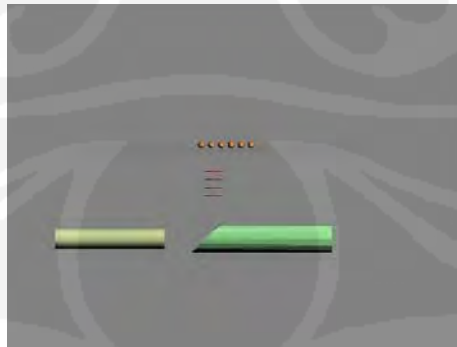
Simulasi terhadap *scanner* sidik jari menggunakan sensor ultrasonik yang memanfaatkan cermin akustik ini di disain menggunakan *software*/perangkat lunak 3DS Max Studio agar dapat lebih dipahami proses kerjanya. Proses sinyal saat dipancarkan dari transduser sampai mengenai objek (*ridge* atau *valley*) digambarkan dari arah samping dan dari arah depan. Selain itu, proses kerja keseluruhan *scanner* ultrasonik ini ditampilkan dari awal sampai terbentuknya gambar sidik jari.

4.1 Simulasi dan Analisa Pergerakan Sinyal

Simulasi proses pembacaan sidik jari menggunakan ultrasonik ini dimulai dari proses terpancarnya sinyal ultrasonik dari transduser yang kemudian dipantulkan oleh cermin akustik. Disini *scanner* belum digambarkan secara utuh dan hanya terdiri dari:

- a) transduser ultrasonik sebagai sumber sinyal,
- b) cermin akustik,
- c) model *ridge* dan *valley* yang digambarkan bulatan berwarna coklat sebagai *ridge* dan ruang diantara *ridge* sebagai *valley*.

Proses pergerakan sinyal ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Proses pergerakan sinyal.

Sinyal ultrasonik dipancarkan oleh transduser dengan frekuensi 30 MHz. Frekuensi ini timbul akibat dari Kristal piezoelektrik yang di *drive* oleh pulser/receiver. Sinyal yang dipancarkan selanjutnya mengenai material kaca dengan lebar minimum 2-3 panjang gelombang, yang dipakai sebagai cermin akustik. Sinyal yang terpantul dari cermin akustik ini diteruskan ke arah sidik jari yang terdiri dari *ridge* dan *valley*. Selanjutnya sinyal akan terpantul dari *ridge* atau *valley* yang disebut sebagai *echo*. *Echo* ini dikembalikan ke arah transduser melalui jalur yang sama dengan saat sinyal dipancarkan. Dari *echo* inilah dapat direkonstruksi gambar *ridge* dan *valley* dengan range gate tertentu yang selanjutnya akan diproses oleh perangkat lunak dan ditampilkan sebagai gambar sidik jari. Sinyal pancar digambarkan dengan warna merah, sedangkan *echo* digambarkan dengan warna biru.

Dengan menggunakan Persamaan (2.7) dan Gambar 2.7, adalah mungkin untuk menghitung impedansi akustik untuk *ridge* (jaringan lunak) dan *valley* (udara)[7], yaitu:

$$\begin{aligned} Z_{\text{ridge}} &= (\rho_{\text{tissue}})(c_{\text{tissue}}) & (4.1) \\ &= 1,02 \text{ (g/cm}^3\text{)} 1,52 \times 10^5 \text{ cm/s} \\ &= 155 \times 10^3 \text{ (g/cm}^2\text{ - sec)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{val}} &= (\rho_{\text{air}})(c_{\text{air}}) & (4.2) \\ &= 0,001 \text{ (g/cm}^3\text{)} 0,34 \times 10^5 \text{ (cm/s)} \\ &= 34 \text{ (g/cm}^2\text{ - sec)} \end{aligned}$$

Untuk tujuan perhitungan, pelat harus diasumsikan terbuat dari *polystyrene*. *Polystyrene* dipilih karena impedansi akustik mendekati kecocokan dengan tubuh manusia, sehingga memungkinkan *high coupling* (koefisien refleksi rendah) ke *ridge* dari jari. Impedansi akustik untuk *polystyrene* kemudian dapat dihitung sebagai[7]:

$$\begin{aligned} Z_{\text{poly}} &= (\rho_{\text{poly}})(c_{\text{poly}}) & (4.3) \\ &= 1,06 \text{ (g/cm}^3\text{)} 2,35 \times 10^5 \text{ (cm/s)} \\ &= 249 \times 10^3 \text{ (g/cm}^2\text{ - sec)} \end{aligned}$$

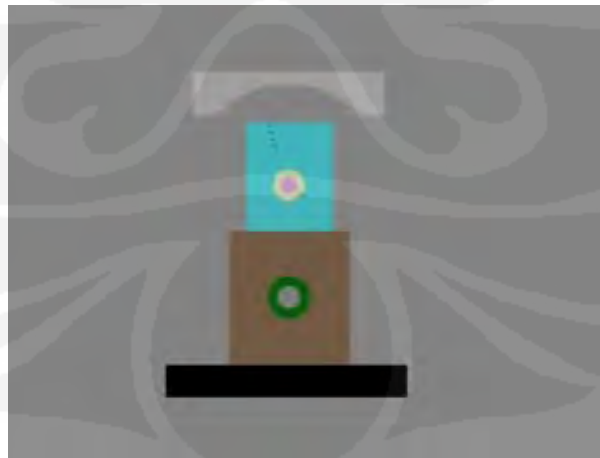
Menggunakan Persamaan (4.1), (4.2), dan (4.3) serta mensubstitusikan hasilnya ke Persamaan (2.4), koefisien pantul untuk interface plat ke *valley* (PV) dan plat ke *ridge* (PR) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R(PV) &= (Z_{val} - Z_{poly}) / (Z_{val} + Z_{poly}) & (4.4) \\ &= (34 - 249 \times 10^3) / (34 + 249 \times 10^3) \\ &= -999,7 \times 10^{-3} \\ &= 99,97\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R(PR) &= (Z_{ridge} - Z_{poly}) / (Z_{ridge} + Z_{poly}) & (4.5) \\ &= (155 \times 10^3 - 249 \times 10^3) / (155 \times 10^3 + 249 \times 10^3) \\ &= -232 \times 10^3 \\ &= 23,2\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan menggunakan Persamaan (4.4) dan (4.5), mengindikasikan bahwa lebih dari 99% gelombang ultrasonik terrefleksi pada *interface plate-valley* dibandingkan 23,2% pada *ridge*, menghasilkan perbedaan yang signifikan dan kontras yang kuat[7].

Simulasi selanjutnya adalah proses sinyal dari arah samping yang menggambarkan pada saat sinyal terpantul dari cermin akustik dan mengenai *collimating lens*. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pergerakan sinyal ultrasonik dari samping.

Sinyal yang dipantulkan oleh cermin akustik dan diarahkan ke sidik jari sebelumnya melewati *collimating lens* yang berbentuk *plano concave* untuk mensejajarkan arah sinyal dan supaya *echo* terfokus kembali ke arah cermin akustik dan diteruskan ke arah transduser.

4.2 Simulasi dan Analisa Proses *Scanner* Ultrasonik

Simulasi keseluruhan *scanner* ultrasonik terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

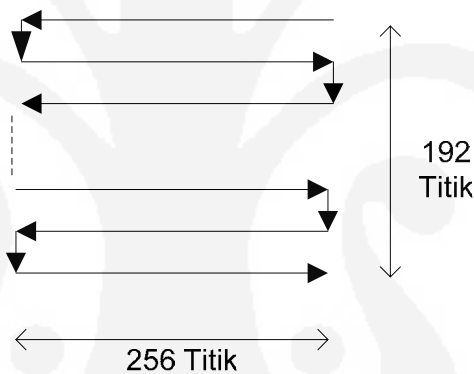
- a) transduser
- b) cermin akustik
- c) *collimating lens*
- d) motor *stepper*, sebagai penggerak cermin akustik
- e) *linear actuator*, untuk menggerakkan transduser beserta cermin akustik ke baris *scan* berikutnya
- f) gambar sidik jari sebagai hasil *scanning*.

Proses simulasi ultrasonik memanfaatkan cermin akustik ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Simulasi alat *scanner* ultrasonik.

Proses *scanning* dimulai pada saat pengguna menekan tombol start untuk melakukan *scanning*. *Scanning* ini dimulai dengan men-*scan* sumbu-x terlebih dahulu. Cermin akustik akan memposisikan diri kearah kanan, setelah itu transduser akan memancarkan sinyal ultrasonik dengan mode *pulse-echo*. Sinyal dipancarkan disetiap titik dari sidik jari dari titik paling kanan bergerak ke titik paling kiri. Titik ini berjumlah 256 titik. Setelah berada di posisi paling kiri, *linear actuator* akan menggerakkan transduser dan cermin akustik satu langkah ke belakang (sumbu-y) dan memulai proses *scanning* dari titik paling kiri bergerak kearah paling kanan. Selanjutnya *linear actuator* kembali mundur satu langkah untuk kembali melakukan *scanning*, kali ini dimulai dari titik paling kanan kearah titik paling kiri. Proses ini berulang sampai jumlah titik sumbu-y berjumlah 192 titik. Gambar 4.4 menampilkan jalur *scanner* agar lebih dipahami.



Gambar 4.4 Jalur *Scanner*.

Echo dari setiap titik yang diperoleh selanjutnya akan dibaca oleh perangkat lunak dan ditafsirkan sebagai *ridge* atau sebagai *valley*.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan teori dasar pada BAB 2, sistem terancang pada BAB 3, serta simulasi dan analisa pada BAB 4, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Rancangan scanner sidik jari ultrasonik dengan arsitektur *scanner* yang memanfaatkan cermin akustik dan *fix transducer* dapat disesuaikan dengan *software 3DS Max*.
2. Suatu gambar sidik jari dapat diperoleh dengan memanfaatkan sinyal ultrasonik melalui setiap *echo* (gema) yang diterima transduser dengan membaca nilai koefisien pantulnya.
3. Hampir seluruh sinyal terpantulkan saat mengenai *valley* (udara) yaitu sekitar 99,97%, sedangkan saat mengenai *ridge* (jaringan tubuh) terpantul sekitar 23,2%. Hal ini disebabkan karena pada saat mengenai *ridge* sinyal dari arah *plate polystirene* terserap lebih sempurna.
4. Semakin kecil perbedaan nilai impedansi akustik dari bahan dimana sinyal ultrasonik berawal (*plate*) dengan bahan berikutnya yang akan dilalui (*ridge/valley*), maka semakin kecil nilai koefisien pantul yang dihasilkan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Suparno., “Sistem Keamanan Database Menggunakan Teknologi Biometrik Dengan Metode Sidik Jari”.
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>
- [3] http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/cc_ut_index.htm
- [4] Syafrudin, Agus., Suryono., Suseno, Jatmiko Endro., “Rancang Bangun Generator Pulsa Gelombang Ultrasonik dan Implementasinya untuk Pengukuran Jarak Antara Dua Obyek”, Berkala Fisika, April 2008.
- [5] Heagen, 1978, Text Book of Diagnostic Ultrasonography, The CV.Mosby Company, St Louis, Miosari.
- [6] Schneider, John K., Price, James H., “Positive Outcomes Implementing Biometrics in Multiple HealthCare Applications”, TEPR Conference and Exhibition, 2001.
- [7] Schneider, John K., Wobschall, Darold C.,”Live Scan Fingerprint Imagery Using High Resolution C Scan Ultrasonography”, Niagara Technology Laboratories, New York.
- [8] Schneider, J.K., Gojevic, S.M., “Ultrasonic Imaging System for Personal Identification”, Ultra-Scan Corporation, Amherst, N.Y.
- [9] Schneider, John K., Glenn, William E., “Surface Feature Mapping Using High Resolution C-Scan Ultrasonography”, Ultra-Scan Corporation, Amherst, N.Y., 21 July 1994.