

PENGEMBANGAN SISTEM PENGUKURAN GELOMBANG ULTRASONIK UNTUK PENENTUAN KUALITAS BUAH MANGGIS (*Gracinia mangostana* L)

*Development of Ultrasonic Measurement System for Determination of
Mangosteen Quality (*Gracinia mangostana* L)*

Jajang Juansah¹, I Wayan Budiastara², Suroso³

ABSTRACT

The research has been conducted to develop a measurement system of mangosteen quality by using an ultrasonic wave. The pulse signal circuit has been used as a generating circuit of the measurement system. The pulse signal circuit consisted of timer circuit NE 555, monostabil, and amplifier base on IC 741 with frequency of 50 kHz. The circuit of the ultrasonic wave receiver was developed based on the transistor and the IC 741. The interface and communications of data between the measurement system and the personal computer were carried out using a digital oscilloscope. The measurement system has been examined to determine the ultrasonic wave parameters including attenuation coefficient and impedance at the air medium and the mangosteen.

Keywords: *attenuation coefficient, impedance, ultrasonic, mangosteen*

LATAR BELAKANG

Buah manggis merupakan komoditas hortikultura yang memiliki rasa, kesegaran dan aroma yang khas sehingga sangat digemari oleh masyarakat banyak, bahkan buah manggis terkenal dengan berbagai juluk seperti "queen of Fruit" karena rasanya yang exotic yaitu manis, asam berpadu dengan sedikit sepat, "sweet Black from Tropic". Buah manggis merupakan komoditas ekspor unggulan Indonesia setelah pisang. Volume ekspor manggis Indonesia tiap tahunnya cukup besar namun masih relatif kecil bila dibandingkan dengan volume ekspor dari

negara-negara tetangga seperti Thailand dan Malaysia. Salah satu sebab yang penting adalah manggis yang diekspor dari Indonesia memiliki mutu yang kurang terjamin.

Mutu yang kurang terjamin tidak hanya disebabkan oleh media tumbuh, pengemasan, umur petik atau cara tumbuh, tetapi cara dan alat penentuan mutu yang belum baik dan akurat. Sortasi dan penentuan kualitas manggis masih banyak dilakukan secara manual berdasarkan sifat fisik dan ukuran sehingga kualitasnya bersifat subjektif, tidak merata, dan tidak bisa menentukan mutu bagian dalam buah. Beberapa alat

¹ Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor

² Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Darmaga-Bogor.

³ Departemen Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor, suroso@ipb.ac.id

penentuan kualitas buah yang sudah dibuat di Indonesia seperti pemutuan mangga masih berdasarkan pada berat dan ukuran.

Penentuan mutu bagian dalam buah manggis bisa dilakukan secara kimiawi atau destruksi lainnya. Namun penentuan tersebut memiliki banyak kelemahan. Manggis yang sudah diuji tidak bisa dikemas untuk penjualan, bahkan banyak yang tidak bisa dikonsumsi. Selain itu pengujiannya hanya bisa dilakukan dengan menggunakan teknik pengambilan contoh dari populasi yang ada, sehingga tidak dapat menentukan mutu secara keseluruhan dari populasi tersebut. Sejumlah total populasi dari buah tidak bisa diuji keseluruhannya, sehingga buah yang dikemas masih dipertanyakan mutunya. Selain itu, penentuan secara kimiawi sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama.

Salah satu metode non destruktif yang bisa menentukan mutu buah manggis adalah dengan pemanfaatan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik bisa merambat pada medium padat rapat maupun cair karena termasuk jenis gelombang mekanik. Gelombang ultrasonik bisa menembus bagian dalam buah manggis sehingga bisa menentukan parameter-parameter sifat fisika kimia dari daging buah. Alat uji ultrasonik di Indonesia yang telah dikembangkan masih terbatas pada bahan-bahan bangunan atau logam. Untuk dapat digunakan pada buah-buahan, alat tersebut masih banyak dibutuhkan perbaikan, penganalisaan, dan pengembangannya. Aplikasi teknologi gelombang ultrasonik pada komoditas buah telah berhasil dilakukan oleh Garret dan Furry (1992) pada buah yang berbiji dan tidak berbiji. Pada buah apel, yang tidak memiliki biji, kecepatan gelombang ultrasonik memiliki korelasi dengan sifat buahnya. Sedangkan pada buah berbiji seperti mangga, biasanya tidak ada hubungan yang jelas antara keadaan

buah dengan kecepatannya sehingga perlu dilakukan pengukuran atenuasinya.

Gallili *et al* (1993) menggunakan amplitudo dan transmisi gelombang 50 kHz pada buah alpokat dan mendapatkan hubungan kuadratik antara amplitudo dan kekerasan alpokat. Sedangkan Mizrach *et al* (1997) menggunakan atenuasi dan transmisi gelombang ultrasonik 50 kHz pada mangga dan memperoleh hubungan linier antara atenuasi dan kekerasan. Budiastira *et al* (1999) melakukan pengukuran gelombang ultrasonik pada sejumlah buah-buahan tropik (manggis utuh dan durian utuh) dengan menggunakan tiga transduser dengan frekuensi 1 Mhz, 500 kHz, dan 50 kHz. Penelitian menunjukkan bahwa pada frekuensi lebih besar dari 50 kHz, atenuasi gelombang ultrasonik pada buah-buahan tersebut sangat besar sehingga gelombang ultrasonik tidak dapat menembus buah. Sedangkan frekuensi 50 kHz dapat digunakan untuk menentukan sifat gelombang ultrasonik buah manggis. Secara umum sifat gelombang ultrasonik sangat banyak, akan tetapi sifat akustik yang dapat menentukan sifat fisiko-kimia bahan pertanian adalah kecepatan dan atenuasi (Rejo, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengukuran kualitas buah manggis secara non destruktif dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengukuran, menguji sistem pengukuran gelombang ultrasonik pada buah manggis.

TINJAUAN PUSTAKA

Gelombang Akustik

Gelombang adalah suatu gejala terjadinya penjaralan suatu gangguan melalui suatu medium, dimana setelah gangguan ini lewat medium akan kembali

ke keadaan semula atau setimbangnya (Trisnobudi, 1986). Medium yang dilewati gelombang memiliki elastisitas dan kerapatan tertentu sehingga fenomena gangguan yang sedikit akan mengembalikan medium itu ke keadaan semula. Teknik yang mengganggu medium tertentu untuk mengetahui suatu fenomena fisika dikenal dengan teknik perturbasi.

Sifat sebuah gelombang sangat berbeda dengan sifat sebuah benda. Benda dapat bersifat terlokalisir, tidak bisa absorpsi, refleksi dan refraksi tidak bisa secara bersamaan akan tetapi gelombang bisa memiliki sifat-sifat tersebut. Namun gelombang bisa berinteraksi dengan sebuah benda. Begitu pula pada gelombang akustik dapat berinteraksi dengan benda. Jika gelombang datang pada sebuah benda maka gelombang tersebut bisa diabsorpsi, direfleksikan, ditransmisikan, atau direfraksikan. Fenomena tersebut dapat ditinjau dari sifat benda yang berinteraksi dengan gelombang tersebut.

Gelombang suara dapat merambat dalam berbagai kondisi sehingga sering disebut sebagai gelombang longitudinal, gelombang shear, gelombang surface, dan dalam material tipis sebagai gelombang plate. Gelombang longitudinal banyak terjadi pada material cair atau gas. Gelombang ini memiliki arah pergerakan mediumnya yang longitudinal terhadap arah perambatan gelombang atau sejajar. Sementara gelombang shear yang dikenal juga dengan gelombang transversal memiliki arah yang tegak lurus antara arah pergerakan medium terhadap arah perambatan gelombang. Kedua tipe ini terjadi pada gelombang suara, namun yang dominan terjadi adalah gelombang longitudinal. Gelombang transversal hanya sebagian kecil saja dari pergerakan gelombang suara.

Berdasarkan frekuensinya gelombang akustik terbagi atas tiga jenis yaitu infrasonik, audiosonik, dan ultrasonik.

Gelombang infrasonik memiliki frekuensi di bawah 20 Hz. Gelombang audiosonik memiliki batasan frekuensi antara 20 hz sampai 20 khz. Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi di atas 20 kHz. Batas atas frekuensi gelombang ini masih belum dapat ditentukan.

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik sehingga dalam perambatannya membutuhkan medium perantara. Gelombang ultrasonik tidak bisa merambat pada ruang hampa sehingga proses transmisi pada ruang hampa tidak pernah terjadi. Medium perantara gelombang ultrasonik bisa berupa padatan, cairan, gas atau semi padat cair. Perambatan gelombang ultrasonik merupakan penjalaran dari gelombang tekanan (Dally,1993). Proses perambatannya dapat dituliskan dalam bentuk persamaan :

$$p = p_0 e^{-\alpha x} \cos(\beta x - \omega t) \quad (1)$$

Persamaan tersebut merupakan ekspresi gelombang sinusoidal yang menjalar pada posisi tertentu (x) dan waktu tertentu (t). P adalah tekanan (Pa), β merupakan konstanta fasa, ω adalah frekuensi radian dan α adalah koefisien atenuasi.

Pada prinsipnya gelombang ultrasonik sama dengan gelombang mekanik lainnya. Proses pembiasan, pemantulan, polarisasi atau sifat yang mencirikan gelombang selalu terjadi. Gelombang ultrasonik bisa dipantulkan dan dibiaskan jika melewati medium yang berbeda indek biasnya. Pada proses pemantulan dan pembiasan ini akan terjadi pengurangan intensitas gelombang. Pengurangan intensitas gelombang menandakan terjadinya pengurangan energi dari gelombang tersebut. Kalau ditinjau dari sudutnya, pembiasan memiliki sudut bias antara 0° sampai 90° , sementara pemantulan memiliki sudut bias antara 90° sampai 180° atau sudut pantul antara 0° sampai 90° . Ilustrasi proses pembiasan

dan pemantulan dapat dilihat pada Gambar 1.

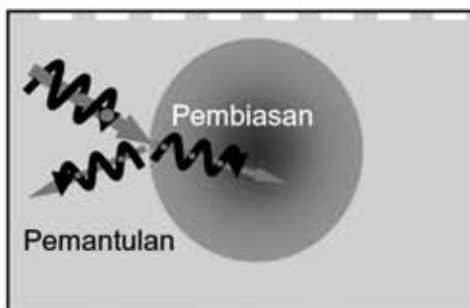
Selain proses pembiasan dan pemantulan ada lagi proses yang sangat penting lainnya, yaitu penyerapan atau absorpsi. Proses penyerapan gelombang sering terjadi pada medium padat yang ditandai dengan adanya penurunan amplitudo gelombang. Proses penyerapan ini sangat ditentukan oleh sifat material yang dilaluinya. Material yang memiliki karakteristik fisik tertentu akan memiliki sifat penyerapan tertentu pula. Besaran yang menyatakan konstanta absorpsi dikenal dengan koefisien absorpsi. Koefisien absorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi medium yang dilalui oleh gelombang tersebut.

Blitz (1971) dalam Haryanto (2002) menyatakan bahwa selama penjalaran dalam medium, intensitas gelombang ultrasonik berkurang terhadap jarak yang ditempuh. Penurunan intensitas ini karena adanya penyerapan energi terhadap medium. Parameter yang digunakan untuk menyatakan penyerapan energi ini dikenal juga sebagai koefisien absorpsi atau koefisien atenuasi.

Penurunan intensitas dinyatakan dengan

$$I_x = I_0 e^{-\alpha x} \quad (2)$$

dengan I_0 adalah intensitas mula-mula



Gambar 1. proses pemantulan dan pembiasan pada bidang batas medium padat

(Watt/m²), I_x adalah intensitas setelah menempuh jarak x (Watt/m²), α adalah koefisien atenuasi (-/m)

Parameter Ultrasonik

Dalam bidang instrumentasi gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur besaran-besaran proses seperti suhu, kecepatan aliran, viskositas cairan, tekanan gas dan sebagainya. Penerapan ultrasonik pada dasarnya sama yaitu dengan mengamati sifat akustik gelombang ultrasonik yang dirambatkan melalui suatu medium. Sifat sifat yang biasanya diukur adalah kecepatan gelombang dan koefisien atenuasi. Kedua parameter ini sangat dipengaruhi oleh medium yang dilaluinya. Gelombang yang digunakan biasanya memiliki intensitas rendah supaya tidak mengganggu sifat dasar atau merusak medium yang dilewatinya.

1. Kecepatan

Penggunaan kecepatan gelombang ultrasonik untuk menentukan mutu hasil pertanian seperti cacat bagian dalam pada kentang dan kematangan buah telah dilakukan. Haryanto (2002) telah melakukan evaluasi kualitas buah durian berdasarkan kecepatan gelombang ultrasoniknya. Kecepatan gelombang pada medium padat merupakan fungsi massa jenis, modulus young dan perbandingan poisson. Garret et al (1972) mengukur kecepatan gelombang dalam apel dengan menurunkan persamaan berikut:

$$V_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (3)$$

dengan V_b adalah kecepatan gelombang (m/s), E adalah modulus young (Pa), dan ρ adalah massa jenis (kg/m³)

Menurut Gooberman dalam Haryanto (2002), Besarnya kecepatan longitudinal tergantung pada massa jenis, modulus

young, dan perbandingan poisson seperti berikut:

$$V = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (4)$$

dimana V adalah kecepatan (m/s) dan ν adalah perbandingan poisson (-).

2. Atenuasi

Koefisien atenuasi merupakan besaran yang menggambarkan kehilangan suatu energi karena gelombang ultrasonik melewati medium tertentu. Besarnya energi yang hilang atau diserap oleh suatu medium tergantung pada jenis mediumnya. Pada buah-buahan berbiji seperti mangga penggunaan kecepatan gelombang dengan keadaan buah memiliki hubungan yang tidak begitu jelas, sehingga digunakan prinsip koefisien atenuasi (Mizrach *et al*, 1997).

Koefisien atenuasi bisa diketahui dengan menggunakan pengkonversi tegangan sinyal yang dikirim dan yang diterima setelah menempuh jarak tertentu. Nilai tegangan dari sinyal ini memperlihatkan besarnya energi gelombang ultrasonik. Energi yang dimiliki gelombang ultrasonik berbanding lurus dengan amplitudo tegangan sinyal listrik yang dideteksi. Koefisien atenuasi ini bisa juga ditentukan dengan mengetahui terlebih dahulu *Moment Spectral Density* (M_o).

$$\alpha = \frac{1}{X} \left[\ln \frac{M_{o_0}}{M_{o_x}} \right] \quad (5)$$

dimana M_{o_0} adalah *moment spectral density* mula-mula dan M_{o_x} pada jarak x

Selain itu bisa juga ditentukan dari kecepatannya sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{0.1151}{v} U_t \quad (6)$$

dimana v adalah kecepatan gelombang (m/s) dan U_t adalah kecepatan perbandingan tenaga (dB/s).

3. Impedansi Akustik

Dalam gelombang akustik dikenal pula impedansi akustik yang merupakan perbandingan antara tekanan akustik dengan kecepatan partikel. Tetapi impedansi ini dapat dilihat dari karakteristik benda yang berinteraksi dengan gelombang yang dikenal dengan Impedansi akustik spesifik .

$$z = \rho c \quad (7)$$

dimana z adalah impedansi ($\text{kg/m}^2\text{s}$), ρ adalah massa jenis (kg/m^3), dan c adalah kecepatan (m/s)

Impedansi akustik sangat penting peranannya dalam penentuan refleksi dan transmisi pada medium batas antara dua material yang berbeda, desain transduser dan absorpsi pada suatu medium. Pada dua medium batas yang memiliki nilai impedansi yang berbeda akan memiliki koefisien energi refleksi sebagai berikut :

$$R = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 \quad (8)$$

dimana R adalah koefisien refleksi, Z_1 dan Z_2 adalah impedansi pada medium 1 dan medium 2, berturut-turut.

Kecepatan gelombang dalam benda sangat dipengaruhi oleh sifat benda itu, sehingga Impedansi akustik spesifik ini juga akan sangat terkait dengan sifat benda yang dilaluinya.

BAHAN DAN METODE

Perancangan Sistem Pengukuran Gelombang Ultrasonik

Tahap ini terdiri dari perancangan rangkaian pembangkit dan receiver

ultrasonik dengan menggunakan program *electronics workbench* dan *spice*. Pada tahap ini dibuat analisis rangkaian osilator, *timer*, *amplifier* pada bagian pembangkit gelombang ultrasonik dan rangkaian *receiver*. Hasil analisis ini diperiksa kesesuaiannya dengan eksperimen melalui pengukuran pada rangkaian dalam protoboard. Setelah itu dilakukan perakitan sistem pengukuran gelombang ultrasonik berdasarkan rancangan yang telah dilakukan. Pada pengukuran ini digunakan sinyal listrik dengan frekuensi 50 kHz yang termasuk daerah frekuensi ultrasonik.

Rangkaian pembangkit dan receiver gelombang ultrasonik

Ultrasonik tester terdiri dari rangkaian penerima dan pembentuk gelombang ultrasonik. Rangkaian tersebut dilengkapi dengan amplifier berbasis transistor, timer berbasis IC NE555 (Gambar 2). Analisa dan pengujian yang dilakukan adalah :

1. Pembangkit pulsa

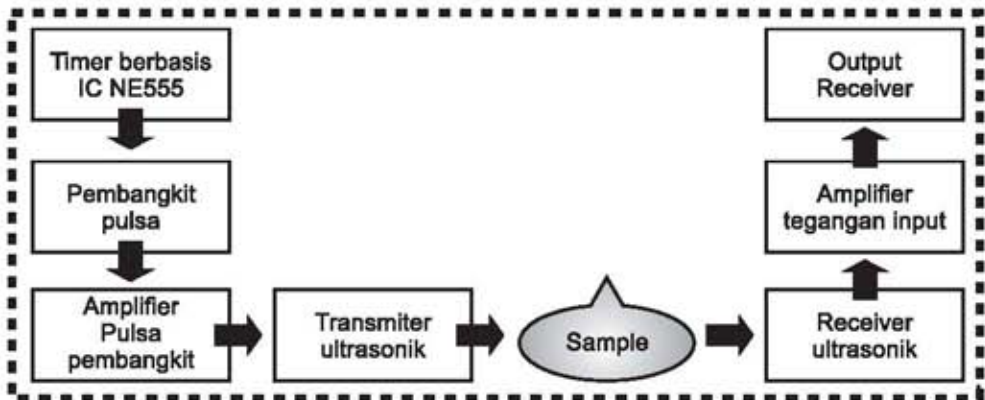
Pada pembuatan timer dan pembangkit pulsa digunakan IC NE 555 dan LS74123. Pada prosesnya dilakukan analisis pulsa output pembangkit pulsa itu sendiri. Selain itu juga dilakukan variasi lebar pulsa dan konstanta pewaktu dan dilihat output yang terjadi.

2. Amplifier tegangan pada pembangkit pulsa dan tegangan receiver
 Pada tahap ini akan dibangun rangkaian amplifier tegangan untuk pembangkit dan receiver. Nilai hambatan merupakan faktor pengontrol penguatan yang akan sangat menentukan mutu amplifier. Sehingga perlu dibangun pengaturan hambatan yang stabil dan sesuai dengan batasan penguatan yang bisa dicapai. Sehingga didapat nilai penguatan yang stabil.
3. Simulasi output ultrasonik transduser
 Dari perakitan rangkaian sebelumnya maka diperiksa output secara total dari ultrasonik transduser. Output dari ultrasonik transduser ini adalah bentuk sinyal gelombang ultrasonik yang stabil. Kondisi jarak tempuh yang sangat kecil sekali akan menghasilkan bentuk gelombang yang sama antara transmitter dan receiver.

Penggabungan blok-blok sistem pengukuran gelombang ultrasonik

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka dilakukan penggabungan atau pengintegrasian dalam suatu kesatuan alat ukur dengan bantuan osiloskop digital dan komputer.

Pada proses ini dilakukan pengukuran parameter-parameter akustik dan



Gambar 2. Blok diagram alat ultrasonik tester

pengujian kecocokan alat maupun kestabilan alat ukur ultrasonik. Pada tahap ini dilakukan pengukuran kecepatan dan atenuasi (1) pada kondisi tidak ada buah manggis dan (2) pada buah utuh manggis. Pada pengujian tanpa buah manggis, mediumnya adalah udara. Pada pengukuran dalam medium udara ditinjau penjalaran dan profil amplitudo gelombang ultrasonik sebagai fungsi jarak. Nilai kecepatan dan atenuasi udara diukur sebagai bahan pertimbangan dalam pengukuran. Sedangkan pada pengujian dengan buah manggis, transduser langsung menyentuh pada buah manggis. Pengukuran sifat fisik dan kimia dilakukan untuk membuat hubungan dengan parameter-parameter ultrasoniknya. Sifat fisik buah manggis yang diukur adalah kekerasan, sedangkan sifat kimianya adalah total padatan terlarut. Pengukuran kekerasan dilakukan dengan Sun Rheometer model CR-300. Pengukuran total padatan

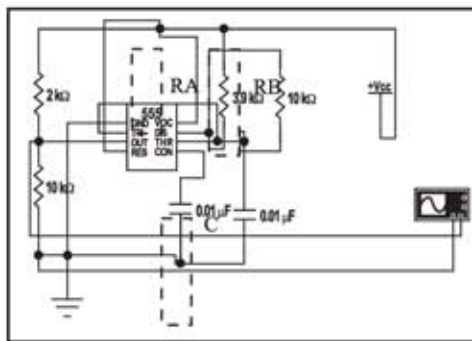
terlarut dilakukan dengan refraktometer Atago PR-201.

HASIL DAN PEMBAHASAN

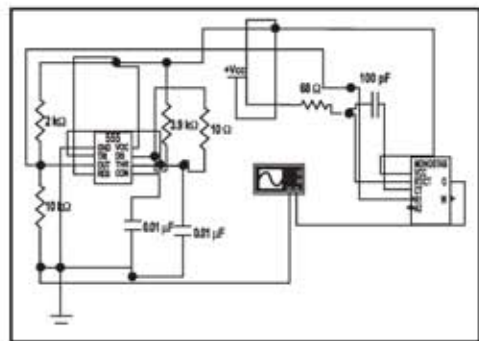
Rancangan Sistem Pengukuran Gelombang Ultrasonik

Pembangkit pulsa

Sinyal yang dipakai dalam perancangan ini adalah sinyal kotak yang berupa pulsa-pulsa pada selang waktu tertentu. Dengan pemberian sinyal ini maka akan terpancar gelombang ultrasonik yang memiliki selang waktu pemancaran yang sama. Namun sinyal kotak ini memiliki sinyal positif dan negatif. Sementara penerapan dalam pembangkit gelombang ultrasonik hanya salah satu daur pulsa yang digunakan. Sinyal tersebut bisa diatur selang pulsanya atau frekuensinya. Dalam pembangkitan sinyal kotak yang hanya menggunakan salah

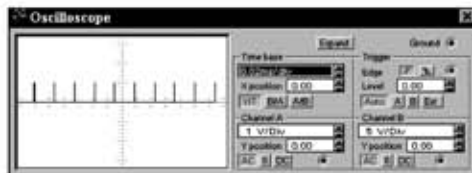


(a)



(b)

Gambar 3. Rangkaian timer NE555 (a) dan monostabil (b)



(a)



(b)

Gambar 4. Sinyal keluaran pada timer NE555 (a) dan monostabil (b)

satu daur positif atau negatif saja serta pewartuan, maka hal ini bisa dibangkitkan dengan menggunakan timer berbasis rangkaian terpadu IC NE 555 dan monostabil LS 74123.

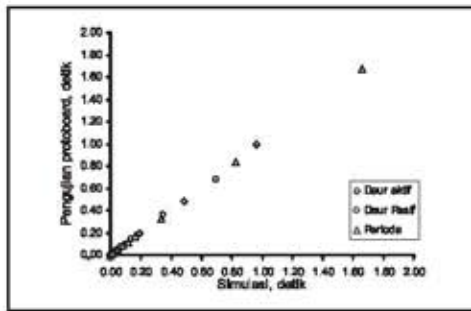
Gambar 3 dan 4 menunjukkan bentuk rangkaian elektronik dan sinyal keluaran dari hasil simulasi. Sementara pengujian kecocokannya diperlihatkan pada Gambar 5. Hasil pengujian pada monostabil menghasilkan koefisien determinasi yang lebih dari 0.9. Hal ini menandakan kecocokan perancangan dengan pengujian protoboard.

Amplifier tegangan pada pembangkit pulsa dan receiver

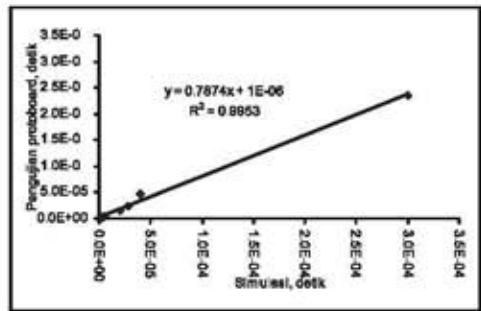
Penguatan yang diuji merupakan penguatan berbasis IC. Hasil pengujian menunjukkan nilai penguatan simulasi mendekati dengan nilai penguatan dari protoboard dengan koefisien determinasi adalah 0.98.

Simulasi output ultrasonik transduser

Dari rangkaian sebelumnya dan digabung ke transduser maka sinyal kotaknya akan berubah menjadi sinyal burst. Hal ini terjadi sebagai efek sifat kapasitansi dari transduser. Ilustrasi rangkaian diperlihatkan pada Gambar 7.

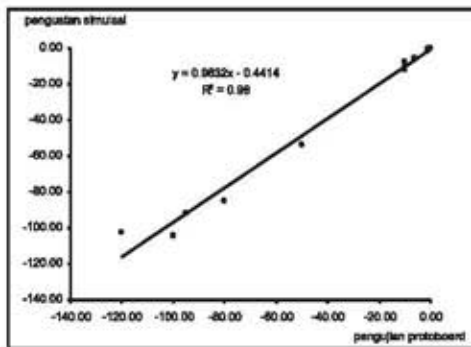


(a)

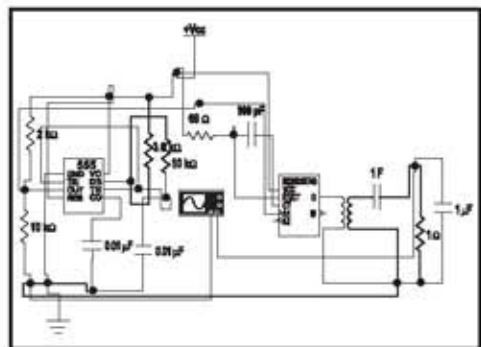


(b)

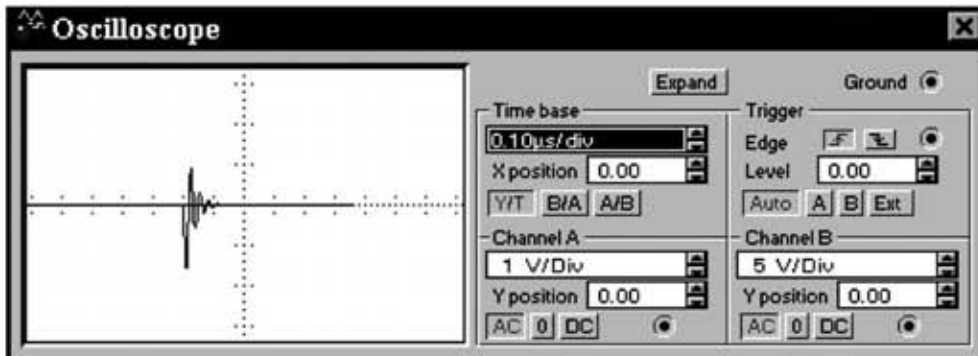
Gambar 5. Kurva hubungan nilai pewartuan dalam pengujian rangkaian pada protoboard dan simulasi dengan variabel kapasitor pewartu. Pada (a) timer dan waktu aktif pada (b) monostabil



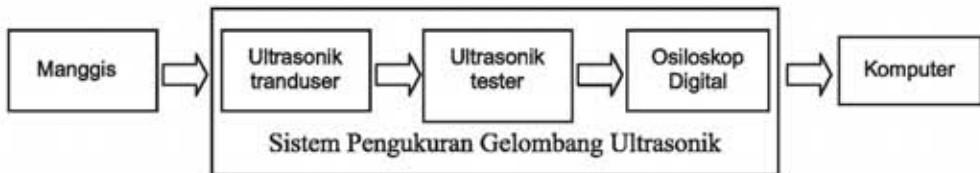
Gambar 6. Kurva hubungan nilai penguatan dalam pengujian rangkaian pada protoboard dan simulasi dengan variabel resistor penguatan



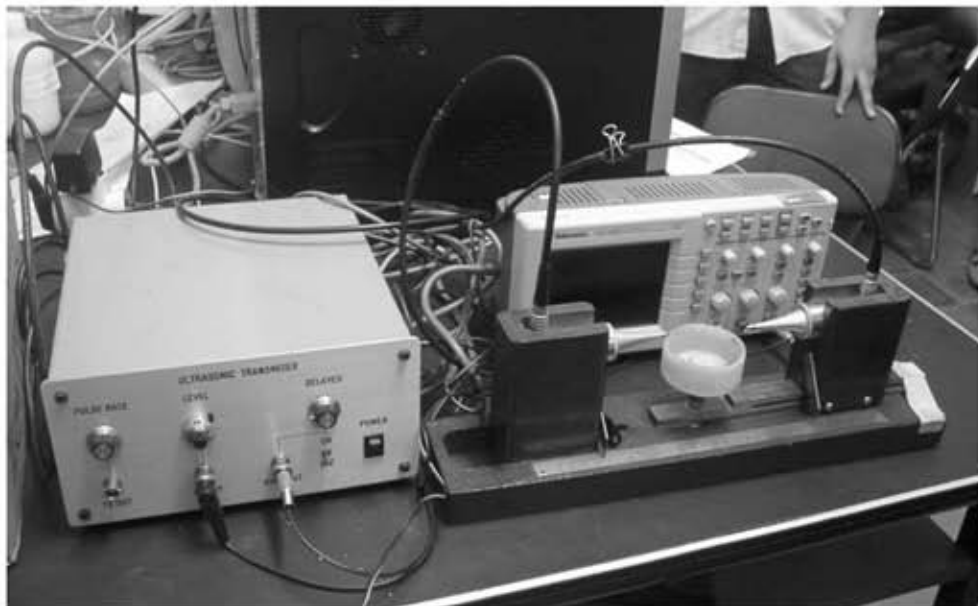
Gambar 7. Rangkaian gabungan timer NE555 dengan rangkaian monostabil pada pembangkit sinyal dan rangkaian kapasitif dari transduser



Gambar 8. Profil sinyal hasil simulasi rangkaian kapasitif dari transduser



Gambar 9. Skema alir komunikasi informasi pada pengukuran gelombang ultrasonik manggis



Gambar 10. Sistem pengukuran gelombang ultrasonik pada manggis

Sistem pengukuran Gelombang Ultrasonik

Sistem pengukuran dibuat dengan mengintegrasikan komponen sistem yang telah dirancang menjadi satu kesatuan sistem. Komunikasi data dari manggis ke system pengukuran diilustrasikan pada Gambar 9. Sedangkan sistem pengukur ultrasonik yang terdiri dari ultrasonik tester, ultrasonik transduser,udukan manggis, osiloskop digital dan komputer ditunjukkan pada Gambar 10. Sistem pengukuran ini telah berhasil digunakan untuk pengukuran gelombang ultrasonik dengan frekuensi 50 kHz pada medium penjalaran udara dan buah manggis. Komunikasi data dilakukan dengan menggunakan software osiloskop. Data yang didapatkan dapat disimpan dalam bentuk file excel atau file text. Data dapat juga disimpan dalam bentuk grafik pulsanya.

Pengujian sistem pengukuran gelombang ultrasonik

Pengukuran Gelombang Ultrasonik

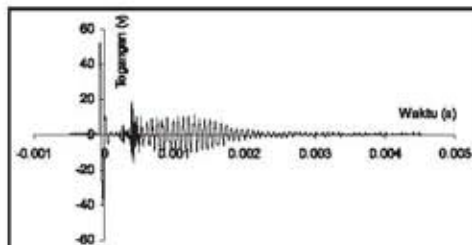
Hasil sinyal tegangan (Gambar 11) ditransformasikan dengan metode *fast fourier transform* (FFT). Spektrum untuk udara lebih besar dan tinggi bila dibandingkan dengan manggis. Hal ini menandakan medium udara tidak banyak kehilangan energi jika dibandingkan dalam medium manggis.

Atenuasi pada buah manggis

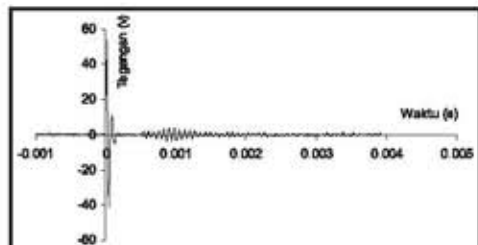
Dengan melihat grafik hubungan antara atenuasi buah manggis dengan kekerasan, atenuasi meningkat sejalan dengan meningkatnya kekerasan buah manggis. Jika dilihat dari kondisi kematangan, buah manggis semakin matang jika kekerasannya menurun. Hal ini bisa berkorelasi dengan atenuasi. Semakin besar atenuasi maka semakin keras dan semakin kurang matang. Atau semakin matang buah manggis maka atenuasinya semakin kecil. Hal itu sejalan dengan total padatan terlarut dari manggis. Semakin matang buah manggis, maka total padatan terlarut (TPT) buah tersebut semakin tinggi. Sementara korelasi dari kekerasan dengan kematangan memiliki hubungan yang negatif. Jadi jelas dari data tersebut bahwa buah yang lebih matang memiliki kekerasan yang lebih rendah dan TPT yang lebih tinggi, serta atenuasi yang lebih rendah. Walaupun nilai atenuasi buah ini masih lebih tinggi daripada atenuasi udara.

Kecepatan pada buah manggis

Semakin matang buah manggis, semakin tinggi pula nilai TPT-nya. Sementara jika ditinjau dari kecepatan gelombang pada buah manggis, semakin tinggi nilai TPT-nya maka kecepatannya akan semakin tinggi. Pada kondisi buah yang matang maka buah akan semakin lembek dan rongganya semakin



(a)



(b)

Gambar 11. Hasil sinyal ultrasonik pada penjalaran (a) udara dan (b) manggis.

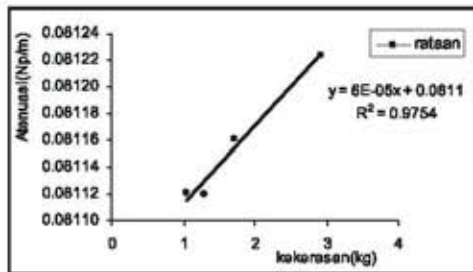
berkurang karena tertutup oleh banyaknya cairan. Kondisi ini bisa membuat penjalaran gelombang ultrasonik yang semakin cepat jika dibandingkan dengan kondisi ada rongga udara.

Kekerasan buah manggis berbanding terbalik dengan kecepatan gelombang ultrasoniknya. Semakin tinggi nilai kekerasan buah manggis, semakin rendah kecepatan perambatan gelombang ultrasoniknya. Kondisi ini terkait dengan struktur rongga pada buah terutama dalam daging. Kondisi buah yang matang memiliki kekerasan yang rendah dan kondisi daging buah yang sedikit rongga udaranya.

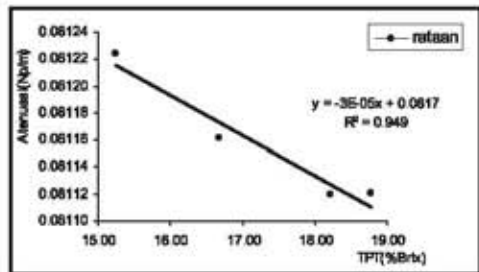
KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dikaji tentang sistem pengukuran gelombang ultrasonik baik dengan simulasi maupun eksperimental. Frekuensi gelombang ultrasonik yang digunakan adalah 50 kHz. Sistem tersebut terdiri dari bagian transmitter, receiver, transducer, osiloskop, komputer, dan dudukan. Sistem pengukuran ini bisa diaplikasikan pada buah manggis dengan pengujian medium udara sebagai medium standar.

Pada kajian sifat akustik dengan sifat fisika kimia buah yaitu kekerasan dan total padatan terlarut, didapat bahwa dengan semakin meningkatnya kekerasan buah maka semakin rendah kecepatannya tetapi peningkatan TPT

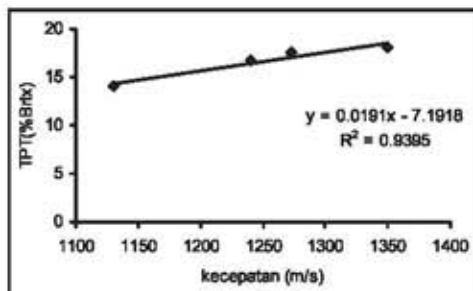


(a)

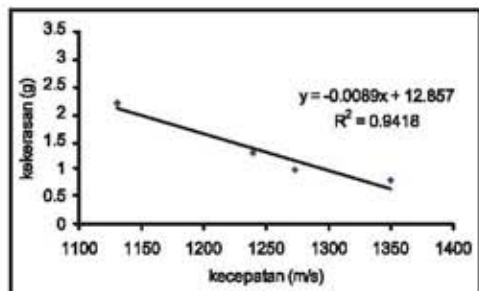


(b)

Gambar 12. Hubungan atenuasi buah manggis pada berbagai (a) tingkat kekerasan dan (b) TPT



(a)



(b)

Gambar 13. Hubungan Kecepatan gelombang ultrasonik dengan (a) TPT dan (b) kekerasan pada buah manggis.

sejalan dengan peningkatan kecepatan. Buah yang lebih matang memiliki kekerasan yang lebih rendah dan TPT yang lebih tinggi, serta atenuasi yang lebih rendah.

ketuaan dan kematangan buah durian dengan metode destruktif dan non-destruktif. Desertasi. Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, IPB. Trisnobudi, A. 1986. Teori Dasar Ultrasonik. Laboratorium Uji Konstruksi, BPPT, Jakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Program Penelitian Hibah Pascasarjana Angkatan II yang telah memberikan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiastra, I W., A. Trisnobudi dan H. K. Purwadaria, 1999. Ultrasonic system for automation of internal quality evaluation of durian. Proceedings IFAC'99. Beijing, 15-19 juli 1999
- Dally, J.W., W.F. Riley dan Mcconnell, K.G. 1993. Instrumentation for engineering measurements. John Wiley & SONS, INC. New York
- Galili, N. Mizrach, A. dan Rosenhouse, G. 1993. Ultrasonic testing of whole fruit for nondestructive quality evaluation. ASAE/CSAE meeting presentation. No 936026.
- Garret R.E. dan R.B. Furry. 1972. Velocity of sonic pulses in apples. Trans ASAE 15(4): 770-774.
- Haryanto, B. 2002. Pengembangan model empiris untuk penentuan tingkat ketuaan dan kematangan durian unggul secara non destruktif dengan gelombang ultrasonik. Desertasi. Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian, Program Pascasarjana, IPB.
- Mizrac, A., U. Flitsmon dan Y. Fuchs. 1997. An ultrasonic non destructive method for Measuring maturity of mango fruit. Trans. ASAE 40(4): 1107-1111
- Rejo, A. 2002. Aplikasi jaringan syaraf tiruan untuk menentukan tingkat