

# Rancang Bangun Alat Karakterisasi Buah Nanas berdasarkan Parameter Akustik

Johan Ambarita, I Gde Eka Dirgayussa, Guntur Purba Siboro

*Program Studi Sarjana Teknik Elektro*

*Institut Teknologi Del*

*Jl. Sisingamangaraja, Sitoluama, Laguboti, Kabupaten Toba Samosir, Sumatera Utara 22381*

*ambaritajohan10@gmail.com, eka.dirgayussa@del.ac.id, guntur.siboro@del.ac.id*

**Abstract** — Masyarakat pada umumnya mengetuk kulit luarnya sebelum membeli buah nanas untuk menentukan kualitas buah semangka. Tetapi metode ini masih terbilang subyektif dan metode ini belum dapat dibuktikan secara kuantitatif. Oleh karena itu alat ini dirancang, untuk melihat apakah ditemukan karakteristik buah nanas berdasarkan suara ketukan yang dihasilkan. Alat ini bekerja dengan mendeteksi nilai frekuensi dan amplitudo suara, yang dihasilkan dari proses pengetukan buah nanas. Pengujian ini dilakukan dalam 5 hari terhadap 5 sampel yang sama. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terlihat bahwa nilai frekuensi dan amplitudo menunjukkan adanya perubahan yang menurun terhadap waktu. Pada hasil pengujian yang dilakukan, laju perubahan amplitudo dan frekuensi setiap sampel berbeda – beda. Hal ini dibuktikan dengan persamaan regresi linear yang didapatkan berbeda – beda pada 5 sampel yang diuji.

**Keywords** — frekuensi, amplitudo, suara

## I. PENDAHULUAN

Menurut data BPS pada 2018, provinsi Sumatera Utara berkontribusi sebanyak 8 persen dari produksi buah nanas di Indonesia<sup>[1]</sup>. Kabupaten Tapanuli Utara adalah kabupaten penghasil nanas terbesar dari produksi nanas di Provinsi Sumatera Utara. Sentral produksi nanas di kabupaten Tapanuli Utara berada di Kecamatan Sipahuta. Buah nanas asal Sipahutar (Tapanuli Utara) terkenal dengan rasa manisnya, tidak terlalu berair, berukuran besar, serta warna kulit kuning dengan ujung warna kehijauan. Buah ini menjadi salah satu komoditi unggulan tanaman hortikultura di Kabupaten Tapanuli Utara.

Dengan jumlah produksi yang besar, pengendalian kualitas dari buah nanas tersebut juga akan menjadi perhatian khusus. Salah satu faktor dari penentuan kualitas buah nanas adalah kematangan. Kematangan buah nanas menjadi standar yang sangat mempengaruhi kelayakan nanas untuk dapat dikonsumsi, dimana tingkat kematangan buah nanas dapat mempengaruhi rasa, aroma dan kandungan air<sup>[2]</sup>. Saat ini upaya yang dilakukan oleh masyarakat untuk mengetahui kematangan buah nanas ialah dengan menggunakan pengamatan secara langsung (tradisional), yang pada umumnya dilakukan oleh masyarakat di Toba dan Tapanuli Utara. Pengamatan ini dilakukan melalui mata dengan melihat warna kulit buah nanas atau dapat juga diberi gangguan dengan memberikan ketukan pada buah nanas untuk mendengar bunyinya. Proses tersebut belum dapat memberikan hasil yang pasti mengenai kematangan buah nanas. Hal ini dikarenakan manusia memiliki perbedaan daya serap pendengaran sehingga cara tersebut kurang akurat.

Sudah dilakukan beberapa penelitian dalam menentukan tingkat kematangan buah nanas dengan

melakukan beberapa kajian perbandingan yang mempengaruhi hasil dari kematangan buah nanas seperti kekerasan daging buah, kadar air, warna dan lain-lain. Tetapi metode yang dilakukan masih bersifat destruktif karena dilakukan dengan mengupas kulit buah nanas untuk selanjutnya isi daging buah nanas diteliti dengan melakukan pengamatan baik secara langsung ataupun dengan menambahkan beberapa senyawa kimia untuk memperoleh hasil yang diharapkan<sup>[3][4]</sup>. Percobaan secara non-destruktif juga sudah dilakukan oleh Budiastira et al (2006) dalam menentukan kematangan buah berdasarkan energi absorpsi yang dipancarkan dari gelombang ultrasonik<sup>[5]</sup>, tetapi belum ada dilakukan pengembangan teknologi ini untuk dijadikan suatu alat yang dapat digunakan oleh para petani untuk memudahkan pekerjaan para petani dalam menentukan kematangan buah nanas. Pada penelitian ini dikembangkan metode pengukuran gelombang suara dengan menggunakan bandul sehingga menghasilkan gelombang suara atau dengan respon impuls akustik.

## II. LANDASAN TEORI DAN METODE

### A. Sampel

Buah nanas yang akan diteliti adalah nanas varietas Cayyene yang berasal dari kebun petani di Desa Sipahutar, Kecamatan Sipoholon, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Buah nanas sudah diperiksa secara menyeluruh pada permukaannya untuk memastikan buah tidak rusak dan tidak terinfeksi dengan serangga. Sampel yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 5 buah yang akan diuji selama 5 hari. Pengujian respons impuls akustik yang dilakukan di Laboratorium Sistem Kendali Institut Teknologi Del.

### B. Suara

Bunyi merupakan suatu gelombang mekanik longitudinal, yang dimaksud dengan gelombang mekanik yaitu gelombang yang membutuhkan medium untuk merambat. Bunyi membutuhkan medium untuk merambat melalui zat cair, padat dan gas. Pada proses propagasi gelombang suara, kecepatan perambatan tersebut dipengaruhi oleh jenis medium perambatan bunyi tersebut. Makin keras mediumnya makin besar cepat rambat bunyi dalam medium tersebut. Hal ini disebabkan makin kuat gaya kohesi antar partikel di medium. Akibatnya, pengaruh suatu bagian medium kepada bagian lainnya sangat besar. Jika suatu bagian medium bergetar, bagian yang lain akan mengikuti getaran tersebut dengan segera. Akibatnya, getaran berpindah dari bagian

yang lain ke medium dengan lebih cepat. Hal ini berlaku sebaliknya pada medium yang lunak <sup>[6]</sup>.

Bunyi sendiri tidak terlepas dari sebuah istilah amplitudo dan frekuensi, hal ini dikarenakan kedua istilah ini dapat mempengaruhi variasi bunyi yang dihasilkan. Amplitudo merupakan simpangan terjauh yang diukur dari titik keseimbangan pada suatu getaran. Setiap getaran memiliki amplitudo yang berbeda, maka itu amplitudo akan berpengaruh pada kuat dan lemahnya bunyi yang dihasilkan. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar amplitudo, maka semakin kuatlah bunyi yang terdengar. Begitu juga sebaliknya semakin kecil amplitudo yang dihasilkan maka semakin lemah bunyi yang terdengar<sup>[7]</sup>.

Frekuensi merupakan banyaknya getaran yang terjadi dalam satu detik. Frekuensi dinotasikan dalam satuan Hz (*Hertz*), misalnya frekuensi 20 Hz didefinisikan bahwa terjadi getaran sebanyak 20 kali dalam satu detik. Setiap getaran juga memiliki frekuensi yang berbeda juga, dalam hal ini frekuensi akan mempengaruhi tinggi dan rendahnya bunyi yang dihasilkan. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi frekuensi, semakin tinggi bunyi yang dihasilkan. Begitu juga sebaliknya semakin rendah frekuensi yang dihasilkan maka semakin rendah bunyi yang dihasilkan <sup>[7]</sup>.

### C. Metode Respons Impuls

Metode respons impuls akustik adalah metode menganalisa suara yang dihasilkan oleh pengetukan medium. Karakteristik akustik yang dihasilkan pengetukan pada medium yang berbeda akan menghasilkan karakteristik akustik yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh tingkat kekerasan medium yang berdampak pada kecepatan perambatan gelombang suara. Perbedaan kecepatan perambatan tersebut juga akan berpengaruh pada karakteristik akustik yang dihasilkan seperti amplitudo, frekuensi dan lain-lain.

Produk buah – buahan memiliki kandungan air yang berbeda – beda tergantung pada jenis dan kematangannya. Perbedaan kandungan air tersebut membuat medium dari buah memiliki karakteristik akustik yang berbeda. Hal ini didasarkan karena sifat air yang dapat merambatkan gelombang suara, tetapi memperlambat kecepatan gelombang suara yang melaluinya.

Sejumlah peneliti telah mencoba untuk memverifikasi metode yang mempelajari tanggapan dari buah-buahan yang mengalami impuls akustik. Pada penelitian yang dilakukan Mizrach menyatakan bahwa kecepatan suara dapat digunakan untuk klasifikasi kematangan beberapa buah dan sayuran. Buah-buahan banyak mengandung air, dan air memiliki sifat merambatkan suara. Jumlah air yang dilalui gelombang suara akan memengaruhi waktu dan bunyi yang dihasilkan <sup>[8]</sup>.

Pada penelitian yang dilakukan Mizrach *et al.* mengevaluasi sifat fisikokimia buah melon, seperti: kekerasan, berat kering, dan total padatan terlarut (TPT) berdasarkan karakter akustik buah melon tersebut <sup>[9]</sup>. Pada penelitian yang dilakukan Hayashi *et al.* menemukan bahwa bentuk

impuls gelombang akustik dapat digunakan untuk menduga tingkat kematangan buah melon dengan nilai korelasi (*r*) antara kecepatan transmisi gelombang terhadap kekerasan buah sebesar 0.83 <sup>[10]</sup>. Pada penelitian yang dilakukan Schotte *et al* , metode respon impuls akustik digunakan untuk

menganalisis kekerasan dan perubahan kekerasan buah tomat selama penyimpanan. Data yang dihasilkan melalui analisis tersebut lebih objektif dibandingkan kemampuan orang yang ahli dalam pengukuran fisik berdasarkan hubungan logaritmik. Metode ini memungkinkan untuk mengetahui tingkat kematangan tomat saat penyimpanan dan pengemasan serta untuk mengetahui terjadinya kerusakan pada tomat selama kegiatan produksi <sup>[11]</sup>.

Pada penelitian yang dilakukan, implementasi perangkat keras menggunakan komponen seperti LCD, sensor suara ADMP401 dan arduino uno. LCD dan sensor suara dihubungkan dengan arduino uno melalui pin yang tersedia, lalu arduino uno akan dihubungkan dengan power bank melalui port USB agar arduino dapat bekerja. Program pada Arduino uno akan menginisialisasi pin *input* yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pemanggilan hasil keluaran sensor suara berupa data dengan tipe analog dan digital. Proses pemanggilan ini akan dilakukan secara terpisah dimana untuk mengukur nilai amplitudo, digunakan fungsi `analogRead()` pada program ini arduino yang akan menghasilkan nilai dari proses ADC antara sensor dan arduino uno yang dihubungkan melalui pin analog. Untuk mengukur nilai frekuensi menggunakan timer dengan mode *input capture* yang dapat menghitung waktu gelombang suara saat dideteksi. Setelah output sensor sudah dipanggil, maka output dari sensor suara akan ditampilkan dengan menggunakan LCD. Untuk melakukan pengukuran frekuensi dan amplitudo pada buah selanjutnya, tekan tombol reset yang disediakan.



Gambar 1. Gambar Keseluruhan Alat

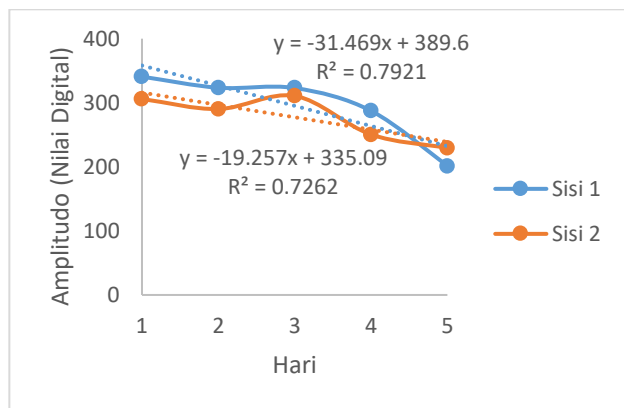
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Korelasi Amplitudo Respon Impuls Akustik terhadap Waktu

Hasil pengukuran amplitudo dari ketukan buah nanas merupakan salah satu parameter akustik dalam melihat karakteristik buah nanas. Pengujian terhadap nanas menggunakan alat yang telah dirancang dilakukan untuk mengetahui berapa besar amplitudo suara ketukan yang dihasilkan. Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dengan jarak nanas, pemukul dan sensor diseragamkan pada saat pengujian agar hal tersebut tidak mempengaruhi hasil yang

didapat. Pengambilan data selama 5 hari bertujuan untuk mengetahui hubungan antara amplitudo terhadap waktu.

Data yang diperoleh terlihat bahwa pada sampel 1 – 5 hasil pengukuran amplitudo pada kedua sisi, memiliki nilai yang berbeda. Pada hasil pengujian ini, belum dapat diketahui secara jelas kondisi fisik atau penyusun kimiawi apa yang berpengaruh pada tiap sisi medium nanas.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Respon Ketukan (Amplitudo) Terhadap Waktu Pada Sampel 1

Pada gambar grafik 2 terlihat bahwa pada sisi 1, nilai amplitudo pada buah nanas berada pada rentang 340.71 – 201.4 dimulai pada hari ke-1 sampai hari ke-5. Pada sisi 2 nilai amplitudo sebesar 305.8 – 229.4 dimulai pada hari ke-1 sampai hari ke-5. Perubahan amplitudo ini menunjukkan nilai yang terus menurun secara seiring berjalannya waktu untuk setiap sisi. Dengan menggunakan analisis regresi linear sederhana, hal ini dapat dibuktikan dengan besarnya nilai  $R^2$  pada setiap sisi untuk setiap sampel pada 5 hari pengujian yang disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 1. Nilai  $R^2$  dan Gradien Garis Antara Respon Ketukan (Amplitudo) untuk hari pengukuran berbeda

Sampel	$R^2$		Gradien	
	Sisi 1	Sisi 2	Sisi 1	Sisi 2
1	0.79	0.76	-31.46	-19.25
2	0.87	0.85	-31.75	-59.48
3	0.77	0.86	-27.4	-49.98
4	0.96	0.94	-77.99	-75.24
5	0.9	0.91	-19.72	-49.54

Pada tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai  $R^2 > 0.5$ . Hal ini menunjukkan bahwa perubahan nilai amplitudo menurun secara linear terhadap waktu. Hasil nilai gradien yang diperoleh pada setiap sampel memiliki nilai yang berbeda. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa laju kematangan nanas untuk setiap sampel, memiliki karakteristik yang berbeda.

Dari hasil grafik pada setiap sampel, terlihat bahwa grafik mengalami *trend* nilai amplitudo yang menurun seiring berjalannya waktu. Hal ini terjadi karena kondisi tekstur objek yang semakin lunak yang memungkinkan intensitas bunyi semakin diredam, sehingga intensitas bunyi yang dihasilkan semakin kecil [12].

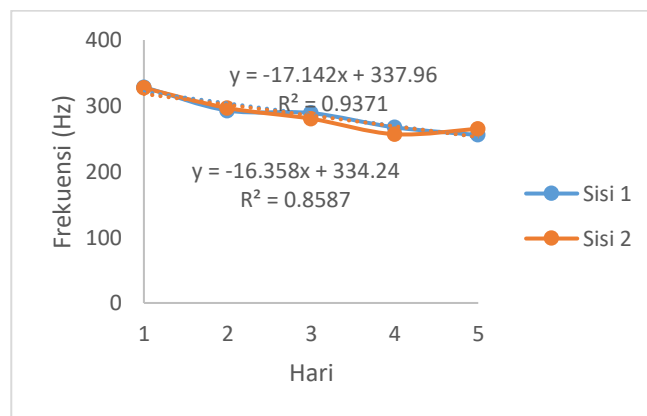
Amplitudo gelombang terkait dengan jumlah energi yang dibawanya. Gelombang amplitudo tinggi membawa sejumlah besar energi, gelombang amplitudo rendah membawa sejumlah kecil energi. Jumlah rata-rata energi

yang melewati area satuan per unit waktu dalam arah tertentu disebut intensitas gelombang. Ketika amplitudo gelombang suara meningkat, intensitas suara meningkat. Suara dengan intensitas yang lebih tinggi dianggap lebih keras. Intensitas suara relatif sering diberikan dalam satuan bernama desibel (dB) [13].

## B. Korelasi Frekuensi Respon Impuls Akustik terhadap Waktu

Hasil pengukuran frekuensi yang dari ketukan buah nanas, menjadi salah satu parameter pengukuran untuk melihat karakteristik buah nanas. Pengujian terhadap buah nanas dengan menggunakan alat yang dirancang dilakukan untuk mengetahui berapa besar frekuensi yang dihasilkan. Pengambilan data dilakukan di Laboratium Sistem Kendali Institut Teknologi Del. Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dan jarak nanas dan pemukul diseragamkan agar hal tersebut tidak mempengaruhi hasil yang didapat. Pengambilan data selama 5 hari bertujuan untuk mengetahui hubungan antara frekuensi dan waktu.

Dari hasil data yang diperoleh terlihat juga bahwa nilai pengukuran untuk kedua sisi memiliki nilai yang berbeda. Pada hasil pengujian ini juga, belum dapat diketahui secara jelas kondisi fisik atau penyusun kimiawi apa yang berpengaruh pada tiap sisi medium nanas. Hasil grafik sampel ditampilkan untuk melihat perubahan nilai frekuensi yang terjadi pada setiap sampel.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Respon Ketukan (Frekuensi) Terhadap Waktu Pada Sampel 1

Pada gambar grafik 3, terlihat bahwa pada sisi 1 nilai frekuensi sebesar 328.3 Hz – 255.4 Hz pada hari ke-1 sampai hari ke-5. Pada sisi 2 nilai frekuensi sebesar 326.9 Hz – 265.19 Hz pada hari ke-1 sampai hari ke-5. Sama seperti perubahan nilai amplitudo, perubahan nilai frekuensi juga menunjukkan nilai yang terus menurun seiring berjalannya waktu untuk setiap sisi. Dengan menggunakan persamaan analisis regresi linear sederhana, dapat dilihat juga besarnya nilai  $R^2$  pada setiap sisi untuk setiap sampel pada pengujian 5 hari yang disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Nilai  $R^2$  dan Gradien Garis Antara Respon Ketukan (Frekuensi) untuk hari pengukuran berbeda

Sampel	$R^2$		Gradien	
	Sisi 1	Sisi 2	Sisi 1	Sisi 2
1	0.93	0.85	-17.14	-16.35

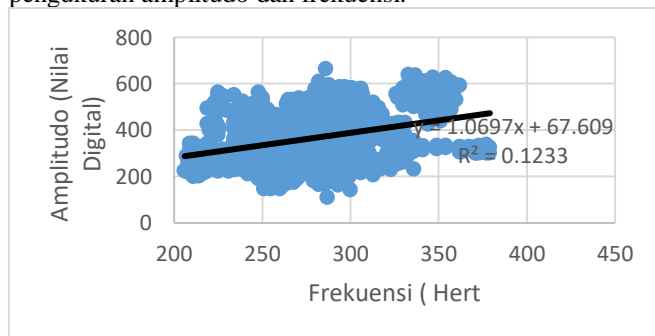
Sampel	R <sup>2</sup>		Gradien	
	Sisi 1	Sisi 2	Sisi 1	Sisi 2
2	0.99	0.94	-20	-16.65
3	0.95	0.97	-19.29	-19.03
4	0.93	0.87	-16.51	-13.26
5	0.96	0.89	-15.33	-12.74

Pada tabel 2, terlihat bahwa perubahan nilai frekuensi menurun secara linear terhadap waktu dengan dihasilkan nilai  $R^2 > 0.5$ . hasil gradien yang diperoleh juga memiliki nilai yang berbeda untuk setiap sampel. Sehingga disimpulkan bahwa setiap sampel memiliki karakteristik laju kematangan yang berbeda – beda.

Dari hasil grafik pada setiap sampel, terlihat bahwa frekuensi mengalami *trend* yang menurun seiring berjalannya waktu. Hal ini menjelaskan adanya penurunan frekuensi seiring dengan bertambahnya umur buah. Pada grafik juga dapat dilihat hal ini terjadi pada kedua sisi yang diuji <sup>[14][15]</sup>.

### C. Korelasi Amplitudo dan Frekuensi dari pengetukan buah

Pada bagian ini, hasil dari semua pengukuran yang diperoleh pada dua parameter pengukuran yaitu amplitudo dan frekuensi akan dilihat hubungannya. Hal ini bertujuan untuk melihat apakah dengan terjadinya perubahan nilai frekuensi dapat mempengaruhi nilai pengukuran amplitudo juga. Dengan menggunakan analisis regresi linear sederhana akan dilihat seberapa besar atau kecil hubungan yang terjadi pada dua parameter pengukuran yang sudah dilakukan. Berikut adalah grafik yang menunjukkan hubungan antara pengukuran amplitudo dan frekuensi.



Gambar 4. Grafik Hubungan Amplitudo dan Frekuensi

Pada gambar grafik 4, data diperoleh dari hasil pengukuran akustik yang dilakukan secara bersamaan selama 5 hari . Dengan *plot* data frekuensi pada sumbu x dan amplitudo pada sumbu y dari pengujian yang telah dilakukan, terlihat bahwa grafik yang diperoleh tidak menunjukkan hubungan yang terjadi antara kedua pengukuran. Hal ini ditunjukkan dengan nilai  $R^2 = 0.1233$ . Dari hasil data ini dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya nilai pengukuran amplitudo tidak mempengaruhi besar kecilnya nilai pengukuran frekuensi.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penulis mengambil kesimpulan bahwa alat telah berhasil menghasilkan sifat akustik dari buah nanas dengan menghasilkan nilai pengukuran amplitudo dan frekuensi dari pengetukan buah

nanas. Alat yang dirancang juga telah berhasil mengukur dengan standar deviasi yang kecil yaitu 1.66. Pada pengujian yang dilakukan selama 5 hari terlihat bahwa nilai amplitudo dan frekuensi memiliki hubungan terhadap waktu, dimana nilai amplitudo dan frekuensi menurun seiring berjalannya waktu. Pada pengujian buah nanas yang dilakukan selama 5 hari, terlihat bahwa nilai amplitudo dan frekuensi tidak memiliki hubungan.

## REFERENCES

1. Badan Pusat Statistik. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/subject/55/hortikultura.html>. [Accessed 25 Juli 2019].
2. P. W. Luketsi, "Penentuan Tingkat Kematangan Buah Nanas Segar Secara NonDestruktif Dengan Metode Ultrasonik," *Institut Pertanian Bogor*, 2016.
3. Suyanti dan Sunarmani, "Tingkat kematangan panen buah nenas sampit untuk dikonsumsi segar dan selai,," *Jurnal Holtikultura*, vol. III, no. 16, pp. 258 - 265, 2006.
4. Y. Y. Sutarni dan L. I, "Pengendalian mutu (quality control) buah nanas pada proses pasca panen di PT PQR," 2017.
5. J. j, W. B. I dan Suroso, "Pengembangan sistem pengukuran gelombang ultrasonik untuk penentuan kualitas buah manggis ( *Gracinia mangostana* L ),," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 20, no. 2, pp. 167 - 178, 2006.
6. M. Handayani, "Sumber Bunyi dan Perambatannya," Universitas Negeri Yogyakarta, 2015.
7. K. A. Waluyo, D. Noviandini dan D. N. Sudjito, "Pembelajaran Fisika Dengan Mengintegrasikan Seni Musik Menggunakan Gitar Akustik, Zelscope, dan Lagu Fisika pada Materi Bunyi," *Unnes Physics Education Journal*, vol. 5, no. 1, 2016.
8. A. Mizrach, N. Galili dan G. Rosenhouse, "Determination of fruit and vegetable properties by ultrasonic excitation," *ASAE*, vol. 32, pp. 178 - 189.
9. A. Mizrach , N. Galili , D. Teitel dan G. Rosenhouse, "Ultrasonic evaluation of some ripening parameters of autumn and winter-grown "Galia" melons," *Scientia Horticulturae*, vol. 56, no. 4, pp. 291 - 297.
10. S. Hayashi, J. Sugiyama, K. Otake, Y. Kikuchi dan S. Usui, "Nondestructive measurement for maturity of muskmelons by analysis of acoustic-signals,," *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, vol. 39, no. 6, pp. 465 - 470.
11. S. Schotte , B. N. De dan B. J. De, "Acoustic impulse response technique for evaluation and modelling of tomato fruit," *J Postharvbio and Technol*, vol. 17, pp. 105 - 115.
12. A. Wafiq dan A. Usman, "Mempelajari Tingkat Kematangan Buah Melon Golden Apollo Menggunakan Parameter Sinyal Suara," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 4, pp. 195 - 202, 2016.
13. Halliday, Resnick dan J. Walker, *Fundamentals of Physics*, John Wiley & Sons, Inc, 2011.
14. T. M dan m. T, "Determination of optimum ripeness foredibility of postharvest melons using nondestructive vibration," *Food Research International*, vol. 42, no. 1, pp. 137 - 141, 2009.
15. T. M dan N. S, "Measurement of ripening speed and determination of optimum ripeness of melons by a nondestructive acoustic vibration method," *Postharvert Biology and Technology*, vol. 56, pp. 101 - 103, 2010.