

ANALISIS SPEKTRUM FREKUENSI BUNYI DARI BERAGAM DAGING BUAH DENGAN BERBAGAI TINGKAT KEMATANGAN BERBASIS KOMPUTER

Sri Wahyu Suciya^{1,*}, Arif Surtono¹ dan M. Fahmi Hafidz²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

²Alumni Jurusan Fisika FMIPA Lampung

Diterima 28 Agustus 2007, perbaikan 10 Desember 2007, disetujui untuk diterbitkan 27 Desember 2007

ABSTRACT

An experimental system was built to detect signal frequency of fruit pulp with different fruit ripeness. The system setup consisted of a simple pendulum, PVC pipe with fruit pulp inside it, dynamic microphone and soundcard (computer). The frequency of fruit pulp gets from the sound wave that recorded by soundcard PC when the ball pendulum hits PVC pipe and then it processed by fast Fourier transform. After that, the dominant frequency of fruit pulp was applied to compute firmness index and Young's modulus. As a result of research, it was shown that fruit pulp of a watermelon, a banana and a papaya with different ripeness have different range dominant frequency, different firmness index and different Young's modulus. Dominant frequency decreased with increasing fruit ripeness, firmness index decreased with increasing fruit ripeness, and Young's modulus decreased with increasing fruit ripeness.

Keywords: signal frequency, fruit pulp, ripeness, fast Fourier transform, firmness index, Young's modulus

1. PENDAHULUAN

Pemilihan buah-buahan yang paling baik tidaklah mudah karena penampakan luar buah bukan satu-satunya patokan. Kualitas buah dapat ditentukan oleh faktor eksternal dan internalnya. Faktor eksternal pada buah seperti bentuk, massa, penampakan, dan warna, dapat ditentukan dengan mudah dengan berbagai metode. Tetapi, faktor internal buah seperti kekerasan (*firmness*), kandungan gula dan asam, dan ada tidaknya cacat internal lebih sulit untuk diketahui. Salah satu cara klasik dalam menentukan kualitas buah adalah dengan cara mengetuk buah tersebut dengan telapak tangan atau suatu benda^{1, 2}. Tujuannya adalah agar terdengar bunyi khas buah yang menandakan matang atau tidaknya buah tersebut. Pada buah mentah dan matang, bunyi pukulan / ketukan yang dihasilkan akan berbeda-beda. Perbedaan bunyi ketukan tersebut secara fisika ditentukan oleh frekuensinya. Amplitudo suatu bunyi dapat berubah-ubah tetapi frekuensi bunyinya tidak akan berubah³. Frekuensi bunyi yang khas pada buah juga tidak akan berubah. Ketukan atau pukulan yang lebih keras atau kuat hanya akan mengubah amplitudo bunyi yang terdengar. Buah yang matang mempunyai frekuensi tertentu dan berbeda dengan frekuensi buah yang mentah walaupun jenis buahnya sama^{1, 4}.

Selain frekuensi bunyi, faktor internal lainnya adalah kekerasan (*firmness*) dan modulus Young pada buah. Kekerasan (*firmness*) dan modulus Young pada buah dapat berubah. Semakin matang suatu buah, maka nilai kekerasannya dan modulus Youngnya semakin turun⁴.

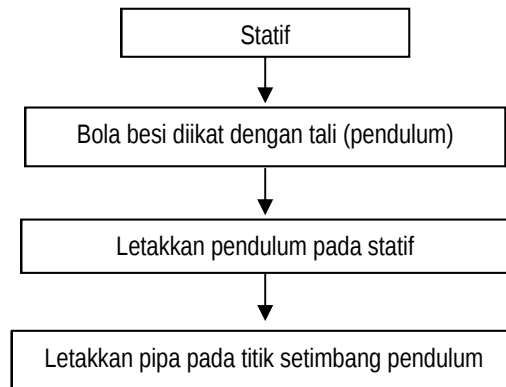
Berdasarkan hal diatas penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan frekuensi bunyi, indeks kekerasan (*firmness* index) dan modulus Young pada buah dengan tingkat kematangan yang berbeda-beda, sehingga diperoleh referensi data untuk buah yang bersangkutan. Buah yang diteliti adalah buah yang memiliki daging buah cukup tebal seperti pepaya, semangka dan pisang. Disini penelitiannya dilakukan dengan cara memasukkan daging buah ke dalam selongsong pipa yang salah satu ujungnya akan memberi impuls bunyi dan sensor bunyi (mikrofon) diinstalasikan pada ujung yang lainnya sehingga dapat merekam impuls bunyi tersebut. Dengan demikian, buah yang diuji tidak dalam keadaan utuh tetapi mengalami pengrusakan sehingga pengujiannya dapat dikategorikan sebagai uji merusak (*destructive test*)^{2, 9}.

2. METODE PENELITIAN

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

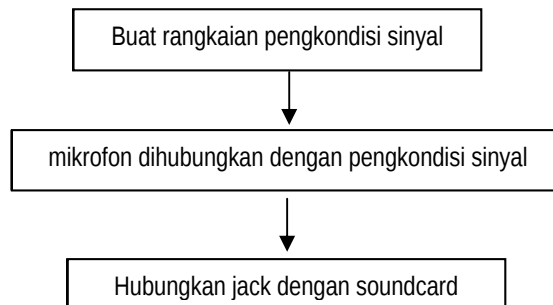
1. Pembuatan Perangkat Keras Mekanik (bagian yang menjadi sumber bunyi). Perangkat ini dibuat menggunakan peralatan sebagai berikut: pipa PVC berukuran 10 cm dengan diameter 1 inci dan penutup pipa berdiameter 1

inchi, Bola besi ($r = 0,9 \text{ cm}$; $m = 32 \text{ gr}$), tali yang ringan tapi tidak mulur (secukupnya), lem perekat, penggaris lurus (30 cm) dan penggaris sudut ($0 - 180^\circ$). Diagram blok pembuatannya seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan perangkat keras mekanik

2. Pembuatan Perangkat Keras Elektrik (bagian antarmuka sistem). Disini alat yang dipakai adalah mikrofon dinamik, jack 3,5 mm, rangkaian pengkondisi sinyal, dan speaker. Diagram blok pembuatan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan *electric hardware*

3. Pembuatan Program Pendeteksi Frekuensi Bunyi (aplikasi FFT). Disini digunakan seperangkat komputer pribadi (PC) yang dilengkapi dengan *software* Matlab 6.1, *software* Cool Edit Pro 2.0, dan *soundcard* yang memiliki port mic in dan port speaker.
4. Kalibrasi *Electric Hardware* dan Program Pendeteksi Frekuensi Bunyi. Tujuannya untuk mengetahui tingkat keakuratan frekuensi gelombang bunyi yang telah diakuisisi. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan frekuensi yang dihasilkan program tersebut dengan frekuensi yang dihasilkan *software* Cool Edit Pro 2.0.
5. Pengambilan Data

Akuisisi data pada penelitian ini diawali dengan memasukkan daging buah pada tingkat kematangan tertentu ke dalam pipa pada perangkat keras mekanik. Salah satu ujung pipa ditutup dengan mikrofon dinamik sedangkan ujung lainnya dibiarkan terbuka menghadap bola pendulum. Untuk mencegah terekamnya noise oleh mikrofon dinamik, mikrofon dinamik direkatkan dengan penutup pipa. Kemudian Pendulum disimpangkan sejauh 45° . Pendulum dilepaskan setelah itu program dieksekusi. Program akan merekam gelombang bunyi. Data gelombang bunyi (domain waktu) kemudian diubah menjadi data berdomain frekuensi sehingga nilai frekuensi dominannya dapat diketahui (FFT)⁵⁻⁷.

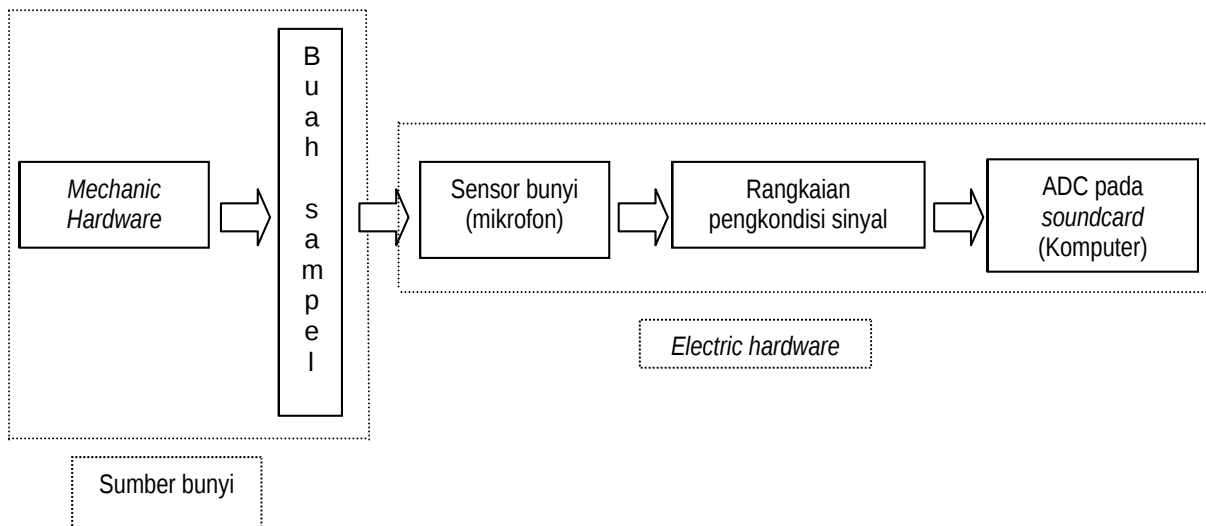
6. Analisa Data.
Frekuensi bunyi pada buah menentukan indeks kekerasan atau *firmness index* yang dirumuskan oleh Persamaan (1)⁴, yaitu :

$$S = f^2 m^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

Setelah nilai frekuensi dominan diketahui, maka nilai ini disubstitusikan ke persamaan (1). Nilai-nilai ini dapat dikelompokkan sehingga dapat dibuat database range nilai indeks kekerasan untuk buah dengan tingkat kematangan tertentu. Selain *firmness index*, modulus Young pada buah juga dapat ditentukan dengan mensubstitusikan nilai frekuensi dominan ke Persamaan (2)^{2,4}, yaitu :

$$E = f^2 m^{\frac{2}{3}} \rho^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

Nilai-nilai modulus Young ini dikelompokkan sehingga dapat dibuat database modulus Young untuk buah tersebut. Diagram blok alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Diagram Blok alat Penelitian

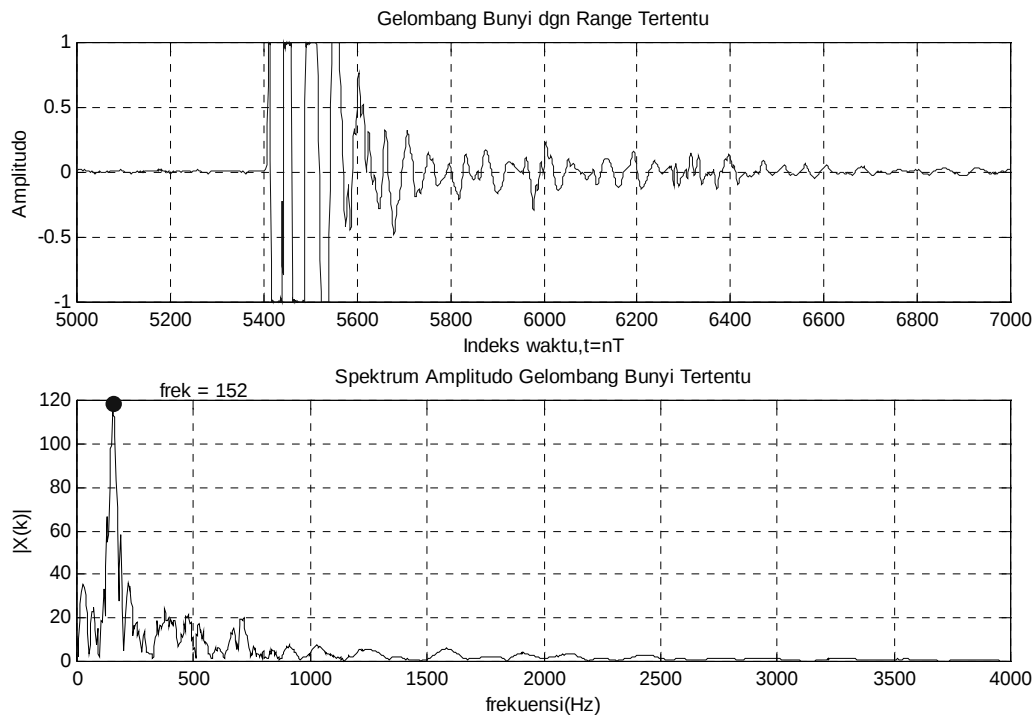
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan bantuan *Software Cool Edit Pro 2.0*. *Software* ini dapat menghasilkan sinyal dengan frekuensi yang bervariasi sehingga *software* ini dapat dikategorikan sebagai *signal generator* digital. Speaker dihubungkan dengan port speaker pada *soundcard* komputer⁸. Suara yang keluar melalui speaker diakuisisi menggunakan *electric hardware* dan program pendeteksi frekuensi bunyi. Bila *Software Cool Edit Pro* menghasilkan sinyal 500 Hz dan frekuensi dominan pada program sebesar 500 Hz atau mendekati, berarti program pendeteksi frekuensi bunyi pada buah dan *electric hardware* telah siap digunakan. Hasil pengujian pada penelitian ini, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian *electric hardware* dan program pendeteksi frekuensi bunyi pada buah

No.	Frekuensi bunyi (Cool Edit Pro 2.0) (Hz)	Frekuensi Terekam (Matlab 6.1) (Hz)	Ralat
1	75	74,667	0,44 %
2	80	80	0 %
3	100	99,56	0,44 %
4	200	199,07	0,47 %
5	300	299,54	0,15 %
6	400	400	0 %
7	500	499,5122	0,1 %
8	600	600	0 %
9	700	700,9524	0,14 %

Pada penelitian ini, frekuensi samplingnya 8000 sehingga terdapat 8000 data dalam 1 detik. Gelombang bunyi yang diakuisisi pada penelitian ini adalah gelombang bunyi selama 2 detik sehingga jumlah data gelombang bunyi menjadi 16.000 data (akuisisi data dilakukan dengan cara merekam gelombang bunyi). Gambar 4 adalah contoh hasil akuisisi data frekuensi bunyi buah semangka mentah.



Gambar 4. Contoh akuisisi data spektrum frekuensi dominan semangka mentah

Akuisisi data frekuensi bunyi dicobakan pada tiga jenis buah dengan tingkat kematangan berbeda. Ternyata diperoleh hasil bervariasi pada spektrum frekuensi bunyi pada daging buah semangka, pisang dan pepaya dengan beragam tingkat kematangan. Spektrum ini disajikan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Spektrum frekuensi dominan pada daging buah semangka

Kematangan/Pengulangan	1	2	3	4	5	Range Frekuensi
Semangka Mentah	152	156	152	156	152	152 – 156
Semangka ½ Matang	128	132	116	128	132	116 – 132
Semangka Matang	48	56	68	48	68	48 - 68

Tabel 3. Spektrum frekuensi dominan pada daging buah pisang

Kematangan/Pengulangan	1	2	3	4	5	Range Frekuensi
Pisang Mentah	256	256	256	256	256	256
Pisang ½ Matang	244	240	236	240	236	236 – 244
Pisang Matang	84	80	82,7	84	84	80 - 84

Tabel 4. Spektrum frekuensi dominan pada daging buah pepaya

Kematangan/Pengulangan	1	2	3	4	5	Range Frekuensi
Pepaya Mentah	256	252	256	256	256	252 - 256
Pepaya ½ Matang	204	208	192	204	192	192 - 208
Pepaya Matang	120	132	120	120	120	120 – 132

Dari data ketiga buah tersebut, diketahui bahwa buah yang matang, ½ matang, dan mentah masing-masing memiliki range frekuensi berbeda. Buah yang matang memiliki frekuensi dominan terkecil, sedangkan buah yang mentah memiliki frekuensi tertinggi.

Nilai frekuensi dominan ini selanjutnya digunakan untuk menghitung Indeks Kekerasan atau *Firmness Index* (S) pada daging buah tersebut dengan menggunakan Persamaan (1). Nilai masing-masing *Firmness Index* untuk semangka, pisang dan pepaya ditunjukkan pada Tabel 5, tabel 6, dan tabel 7.

Tabel 5. *Firmness Index* pada daging buah semangka

No	Tingkat Kematangan	frekuensi rata-rata (Hz)	m (kg)	S rata-rata
1	Mentah	153,60	0,0581	3539,157
2	½ Matang	127,20	0,0566	2385,165
3	Matang	57,60	0,0624	521,957

Tabel 6. *Firmness Index* pada daging buah pisang

No	Tingkat Kematangan	frekuensi rata-rata (Hz)	m (kg)	S rata-rata
1	Mentah	256	0,051	9012,807
2	½ Matang	239,20	0,0582	8592,859
3	Matang	82,93	0,0596	1049,452

Tabel 7. *Firmness Index* pada daging buah pepaya

No	Tingkat Kematangan	frekuensi rata-rata (Hz)	m (kg)	S
1	Mentah	255,20	0,0573	9679,756
2	½ Matang	200,00	0,0571	5931,311
3	Matang	122,40	0,0596	2285,916

Nilai *Firmness Index* pada daging buah mentah memiliki nilai tertinggi, sedangkan daging buah matang memiliki nilai *firmness index* terendah. Hal ini sesuai dengan teori pada dunia pertanian, bahwa nilai *firmness index* buah semakin lama semakin turun seiring dengan matangnya daging buah tersebut atau kekerasan daging buah mentah semakin menurun dengan semakin matangnya daging buah tersebut.

3.2. Modulus Young Pada Daging Buah

Modulus Young pada daging buah semangka, pisang, dan pepaya berturut-turut disajikan pada Tabel 8, 9, dan 10. Nilai-nilai modulus Young tersebut dihitung berdasarkan Persaman (2).

Tabel 8. Modulus Young pada daging buah semangka

No	Tingkat kematangan	Frekuensi rata-rata (Hz)	m(kg)	ρ (kg/m ³)	E (N/m ²)
1	Mentah	153,60	0,0581	1147,2	37049,260
2	½ matang	127,20	0,0566	1117,582	24752,076
3	matang	57,60	0,0624	1232,104	5595,650

Tabel 9. Modulus Young pada daging buah pisang

No	Tingkat Kematangan	frekuensi rata-rata (Hz)	m (kg)	ρ (kg/m ³)	E (N/m ²)
1	Mentah	256,00	0,051	1007,008	90338,126
2	½ Matang	239,20	0,0582	1149,174	90004,931
3	Matang	82,93	0,0596	1176,818	11079,814

Tabel 10. Modulus Young pada daging buah pepaya

No	Tingkat Kematangan	Frekuensi rata-rata	m(kg)	ρ (kg/m ³)	E (N/m ²)
1	Mentah	255,20	0,0573	1131,404	100864,173
2	½ Matang	200,00	0,0571	1127,454	61732,956
3	Matang	122,40	0,0596	1175,818	24134,042

Selain Persamaan (2), modulus Young dapat dinyatakan dengan Persamaan (3):

$$E = \frac{F \cdot L}{A \cdot \Delta L} \quad (3)$$

Menurut Persamaan (3), modulus Young berbanding terbalik dengan perubahan panjang (ΔL). Semakin besar perubahan panjang pada suatu materi, modulus Young akan semakin kecil. Semakin kecil perubahan panjang pada suatu materi, modulus Young akan semakin besar. Berarti, semakin besar nilai modulus Young suatu daging buah, semakin kecil perubahan panjang pada daging buah dan semakin besar indeks kekerasannya (terlihat pada buah yang mentah). Sebaliknya, semakin kecil modulus Young daging buah, perubahan panjangnya akan semakin besar dan semakin kecil indeks kekerasannya.

4. KESIMPULAN

Daging buah semangka, pisang, dan pepaya dengan tingkat kematangan berbeda memiliki range frekuensi yang berbeda-beda terlihat pada Tabel 2, 3, dan 4. Dengan range frekuensi yang berbeda untuk setiap buah, dihasilkan nilai indeks kekerasan (*firmness index*) dan modulus Young yang berbeda-beda sesuai dengan Persamaan (1) dan (2).

DAFTAR PUSTAKA

1. Sousa, L., Almeida, R., Rodrigues, P.B., and Oliveira, C.M., Journal : A Small Contribution to The Mechanical Assessment of Fruit Texture, rheo.pt.
2. Wang, J., Teng, B., and Yu, Y., 2004, *Pear Dynamic Characteristics and Firmness Detection*, www.paper.edu.cn, 15 Agustus 2006 Pukul 17.00 Wib.
3. Giancoli, D.C., 2001, *Fisika Edisi Kelima, Edisi Bahasa Indonesia*, Penerbit Erlangga, Jakarta, Hlm 408 – 438.
4. Gomez, A.H., Pereira, A.G., Yong, H., and Jun, W. 2005. *Journal : Acoustic Testing For Peach Fruit Ripeness Evaluation During Peach Storage Stage*, Revista Ciencias Tecnicas Agropecuarias, Vol 14, No. 2, 2005.
5. Suwondo, N. dan Ishafit, 2002, *Jurnal Fisika : Perancangan Sistem Pengukur Amplitudo dan Frekuensi Sinyal dengan Algoritma FFT Berbasis PC*, <http://hfi.fisika.net>, 15 Mei 2006. Pukul 17.00 Wib.
6. Proakis, J.G., dan Manolakis, D.G., 1997. *Pemrosesan Sinyal Digital : Prinsip, Algoritma, dan Aplikasi, Edisi Bahasa Indonesia Jilid I*, PT Prenhallindo, Jakarta.
7. Wiryana, I.M., 2006, *Pengolahan Sinyal Digital*, http://wiryana.pandu.org/artikel/dsp_02/, 3 Mei 2006 Pukul 17.00 Wib.
8. Guerra, L., 2006, *Interfacing Professional Microphones to Computer Sound Cards*, <http://www.shure.com/index.htm>, 3 Mei 2006 Pukul 17.00 Wib.
9. Shmulevich, I., Galili, N., and Benichou, N., 1995, *Development of A Nondestructive Method For Measuring The Shelf-Life of Mango Fruit*, Proceedings of The FPAC IV Conference, American Society of Agricultur Engineers (ASAE), Chicago USA, Page 275-287.
10. Prajnanta, F., 2004, *Agribisnis Semangka Non Biji*, Penebar Swadaya, Jakarta, Hlm 156.
11. Resmana dan Adipranata, R., 1999, *Pengenalan Suara Manusia Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan Back Propagation Berbasis PC*, <http://faculty.petra.ac.id/resmana/basiclab/publications/voicerecog.doc> 3 Juni 2006 17.00 Wib.
12. Anonymous, 2006, *Natural frequency*, <http://www.glenbrook.k12.il.us/GBSSCI/PHYS/CLASS/sound/u114a.html>, 3 Juni 2006 17.00 Wib.