

Mengetahui Tingkat Kematangan Buah Dengan Ultrasonik Menggunakan Logika Fuzzy

Singgih Adhimantoro¹

Abstract—In this research, has been done the next usage of ultrasonic and fuzzy logic to determine fruit maturity level. Reflection of ultrasonic with different frequency are used to measure water content and fruit texture in other side fuzzy logic are used to determine the fruit maturity level depend on water content and fruit texture. The research was limited to avocado, mango and papaya. Sample of data obtained by measure 30 fruit of each kind and test it with laboratories to calibrate and also test it with human perception to prove the fact of maturity. The result of this research is device that can transmit ultrasonic signal then read the reflection of it and MatLab application to fuzzy logic processing. Accuracy and precision analyzing give the result that the sistem have a good accuracy and precision with low condition of error rate. However, analyze give not good condition of precision for the percentage of maturity level. Analyze with statistic calculation give the result that there is a strong and linear correlation between water content and fruit texture with the level of fruit maturity. The research found that the fruit in mature condition is not always having sweet taste and also the opposite.

Intisari—Pada penelitian ini dilakukan pengembangan terhadap penggunaan sinyal ultrasonik dan logika fuzzy dalam menentukan tingkat kematangan buah. Pantulan sinyal ultrasonik dengan perbedaan frekuensi digunakan untuk mengukur kadar air dan tekstur dari buah dan logika fuzzy digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah berdasarkan kadar air dan tekstur. Penelitian dibatasi pada buah alpukat, mangga dan pepaya. Data sampel didapatkan dengan mengukur 30 buah untuk tiap jenisnya dan dilakukan uji laboratorium untuk kalibrasi dan uji dengan pengetahuan manusia untuk pembuktian secara kenyataan. Hasil dari penelitian berupa alat yang memancarkan sinyal ultrasonik dan membaca pantulannya serta aplikasi MatLab untuk melakukan pengolahan logika fuzzy. Dari analisa akurasi dan presisi dihasilkan akurasi dan presisi yang baik dengan tingkat kesalahan yang rendah. Tetapi, presisi kurang baik untuk persentasi tingkat kematangan. Analisa menggunakan perhitungan statistik menghasilkan bahwa ada hubungan yang kuat dan linear antara kadar air dan tekstur buah dengan tingkat kematangan dari buah. Dari penelitian diketahui bahwa buah yang matang belum tentu memiliki rasa manis dan begitu juga sebaliknya buah yang manis belum tentu sudah dalam kondisi matang.

Kata Kunci—Ultrasonic, logika fuzzy, kadar air, tekstur buah, kematangan.

I. PENDAHULUAN

Buah merupakan makanan yang sangat baik bagi tubuh manusia. Banyak vitamin yang terkandung dalam buah yang tidak dipungkiri lagi dibutuhkan oleh tubuh manusia.

Sementara tubuh manusia sendiri tidak dapat memproduksi vitamin secara sendirinya. Maka dari itu, mutlak sudah bagi tubuh untuk memerlukan buah. Kandungan vitamin dalam buah tidak selamanya dalam kondisi yang baik. Hal ini ditentukan dengan kondisi buah yang di konsumsi. Kondisi buah ketika matang memiliki kandungan vitamin yang sangat baik. Buah dalam kondisi tersebut yang sebaiknya dikonsumsi oleh tubuh manusia.

Permasalahan yang terjadi adalah kerap kali buah yang di konsumsi tidak dalam kondisi matang. Hal ini akan mempengaruhi vitamin yang terkandung di dalam buah tersebut. Dengan demikian, vitamin yang didapatkan tubuh pun menjadi tidak maksimal. Dari sisi yang berbeda, mengkonsumsi buah yang tidak matang pun akan mengakibatkan rasa buah yang kurang enak untuk dikonsumsi. Namun, banyak orang yang kurang memperhatikan akan kematangan buah yang di konsumsi.

Dari permasalahan tersebut maka penulis terpikir untuk membuat suatu metode penelitian yang digunakan untuk melihat hasil kematangan dari buah. Metode ini menggunakan sinyal ultrasonik yang dikembangkan dalam penggunaannya serta logika fuzzy yang dikembangkan untuk menganalisa hasil yang didapatkan. Hal ini berguna untuk mendapatkan buah dengan kualitas yang baik. Dengan demikian, vitamin yang didapatkan pun akan menjadi lebih baik.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui penggunaan sinyal ultrasonik dan logika fuzzy sebagai suatu metode yang dapat melakukan pengukuran terhadap kematangan buah. Penelitian ini hanya menggunakan 3 jenis buah, yakni alpukat, mangga dan pepaya. Ketiga jenis buah ini dipilih berdasarkan perubahan kadar air dan teksturnya ketika matang. Hasil akhir dari penelitian ini berupa sebuah alat yang mampu memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi yang berbeda dan aplikasi MatLab yang digunakan untuk melakukan perhitungan logika fuzzy.

II. METODE

Dalam mengukur tingkat kematangan dari buah, digunakan variabel kadar air dan variabel tekstur dari buah. Kedua variabel ini dapat mencerminkan tingkat kematangan dari buah. "Texture features are found to contain useful information for quality evaluation of fruit and vegetables, e.g., classification of grade of apples after dehydration with the accuracy of 95%, and prediction of sugar content of oranges with a correlation coefficient of 0.83"[1]. Dari kutipan tersebut dapat dilihat bahwa tekstur dari buah mencerminkan tingkat dehidrasi dari buah. Dari kutipan tersebut, dapat diketahui bahwa tekstur dari buah memiliki banyak informasi yang terkandung di dalamnya. Kutipan tersebut juga memberikan arti bahwa perubahan tekstur pada buah-buahan dapat menentukan kualitas dari buah tersebut. Seperti, dengan melihat tekstur buah dapat diketahui tingkat kandungan air

¹Mahasiswa Pascasarjana, Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bina Nusantara, Jln. K. H. Syahdan No. 9 Jakarta Barat 11480 INDONESIA (tlp: 021-5345830; fax: 021-5300244; e-mail: singgih.unlucky@gmail.com)

dalam buah tersebut. Buah yang memiliki kandungan air yang banyak berarti buah tersebut sudah dalam kondisi matangnya. Sehingga buah yang didapatkan memiliki kualitas yang baik dan vitamin yang terkandung sangat baik.

“The high frequency ultrasonic characterization provides a high spatial resolution for local measurements of speed and attenuation in the orange peel. The strong attenuation of ultrasounds in the peel has restricted our study only to the flavedo-layer instead of the whole peel-thickness. For this reason the obtained results differ to those previously published especially for the longitudinal speed. For the measurements of the attenuation coefficient, the results are in agreement compared to those already published. This method can be employed to study the differences of the water content in the peel with the age i.e. the analysis of the hydration state of the peel like a decisive criterion to detect the maturity degree of orange fruit”[2]. Kutipan tersebut menjelaskan bahwa dengan mengandalkan pantulan dari sinyal ultrasonik yang dipancarkan pada buah yang ingin diketahui tingkat kematangannya, dapat diketahui tingkat dari kandungan air buah tersebut. Sehingga dapat ditentukan tingkat kematangannya. Hal ini berarti buah yang memiliki kandungan air yang banyak ketika matang akan mengalami perubahan tekstur dari buah tersebut.



Gbr. 1 Skema pengukuran kematangan buah.

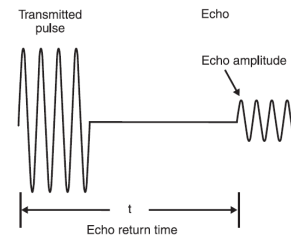
Dari kedua kutipan yang didapatkan, maka sangat memungkinkan untuk melihat tingkat kematangan buah dari kadar air dan tekstur dari buah. Untuk mengukur kedua variabel ini digunakan sinyal ultrasonik. Pemilihan sinyal ultrasonik dikarenakan sinyal ini tidak merusak ataupun mengkontaminasi media yang dirambatkan atau yang memantulkan. Namun, penentuan tersebut pun memerlukan bantuan logika fuzzy untuk melakukan perhitungan probabilitas tingkat kematangannya.

III. ULTRASONIK

Sinyal ultrasonik merupakan sebuah bentuk sinyal suara dengan frekuensi lebih dari frekuensi pendengaran manusia, yakni $> 20\text{KHz}$. Pada penelitian ini digunakan 2 frekuensi yang berbeda dalam menentukan kadar air dan tekstur dari buah. Dalam mengukur kadar air pada buah digunakan sinyal ultrasonik dengan frekuensi 45 KHz sedangkan untuk mengukur tekstur dari buah digunakan sinyal ultrasonik dengan frekuensi 35 KHz. Kedua frekuensi ini tidak dapat didengar oleh manusia. Frekuensi juga telah digunakan dalam paper yang membahas tingkat kematangan dari buah semangka[3]. Hanya saja frekuensi yang digunakan masih berada pada frekuensi pendengaran manusia.

Layaknya sinyal suara, sinyal ultrasonik dapat dirambatkan maupun dipantulkan pada suatu media. Amplitudo yang

dihasilkan akan selalu berbeda berdasarkan media yang dirambatkan atau yang memantulkan. “Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik ini di permukaan cairan hampir sama dengan permukaan padat, tapi pada tekstil dan busa jenis gelombang ini akan diserap”[4]. Hal ini membuktikan bahwa gelombang ultrasonik dapat dirambatkan pada media.



Gbr. 2 Gambaran pantulan sinyal ultrasonik.

“When a short pulse of transmitted ultrasound is scattered from a small sample volume of moving blood and an echo signal from that volume is detected by a transducer, two pieces of information are obtained: A very accurate measurement of the time taken for the echo to return to the transducer, The amplitude (size) of the echo signal i.e. the size of the pressure fluctuations in the echo”[5]. Dari kutipan dapat diketahui bahwa sinyal ultrasonik memiliki amplitudo saat dipantulkan. Amplitudo dapat diartikan sebagai seberapa kuat sinyal tersebut. Amplitudo inilah yang akan menjadi tolak ukur dalam menentukan tingkat kematangan buah.

IV. LOGIKA FUZZY

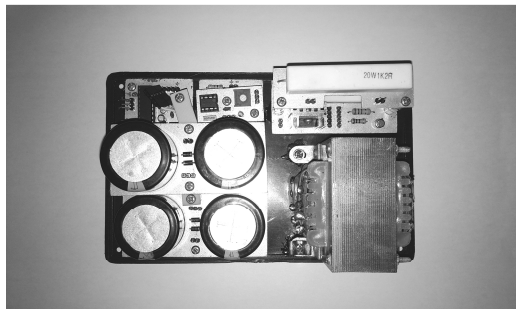
Logika fuzzy merupakan suatu bentuk perhitungan probabilitas pada dunia digital dimana hasil yang didapatkan tidak hanya berlogika benar atau salah, 1 atau 0, secara elektro dapat dikatakan 5V atau 0V. Logika fuzzy dapat memberikan hasil diantara logika benar atau salah dengan menggunakan aturan yang berlaku pada logika fuzzy. Hal ini berguna dalam menentukan kematangan dari buah, karena kematangan buah belum tentu linier walaupun memang ada beberapa bagian yang menggambarkan hubungan linier yang mencerminkan kematangan buah berdasarkan kadar air dan tekstur buah.

Logika fuzzy memiliki banyak jenis dalam penggunaannya. Dalam penelitian ini, digunakan logika fuzzy berjenis mamdani. Jenis ini dipilih karena logika fuzzy mamdani sangat baik dalam mencerminkan keadaan sesuai dengan kenyataan kehidupan sebenarnya. “Mamdani method is widely accepted for capturing expert knowledge”[6]. Pernyataan tersebut menjelaskan bahwa mamdani logika fuzzy memiliki tingkat kesesuaian yang luas terhadap data yang kompleks. Hal ini sesuai dengan hasil pembacaan yang didapatkan dari tingkat kematangan buah.

V. DESAIN ALAT DAN APLIKASI

Alat dibangun menggunakan mikrokontroler ATMEGA8 sebagai pusat pemrosesan dari alat tersebut. Mikrokontroler ATMEGA8 dipilih karena ukurannya yang kecil namun kemampuannya yang luas. mikrokontroler dikombinasikan

dengan antarmuka *usb to serial* untuk membuat alat dapat diakses menggunakan *port usb*. Hal ini dikarenakan sudah jarang komputer yang memiliki antarmuka *port serial*. Catu daya yang digunakan adalah 220V dengan menggunakan transformator sebagai penurun tegangan. Namun, pada alat juga dilengkapi dengan rangkaian *multiple voltage* yang berfungsi sebagai pengganti tegangan DC. Tegangan digandakan hingga kurang lebih 100VDC. Tegangan tinggi ini diperlukan karena pantulan sinyal ultrasonik terlalu kecil. Jika menguatkan penguatan pada bagian penerima sinyal, akan menyebabkan noise menjadi sangat besar.



Gbr. 3 Bagian dalam alat.

Hal ini akan mengganggu penerimaan dari sinyal. Mikrokontroler akan membangkitkan gelombang ultrasonik secara bergantian 35KHz kemudian 45KHz.

Gelombang ultrasonik kemudian dikuatkan menggunakan transistor BC108 sebagai *buffer* dengan tegangan VCE 12V yang kemudian dikuatkan kembali dengan transistor power IRF840 menggunakan tegangan *drain* kurang lebih 100V.

Gelombang ultrasonik dengan tinggi ini kemudian dipancarkan melalui *transducer* ultrasonik dan dipantulkan oleh buah yang selanjutnya akan dibaca seberapa besar amplitudo dari pantulan gelombang tersebut.

Hasil penerimaan dengan *transducer* kemudian dilakukan *filter* dengan menggunakan *band pass filter* yang selanjutnya dikuatkan menggunakan *non-inverting op-amp* dengan IC CA3130. Penguatan dilakukan sebesar 100x dari tegangan inputnya.

Pada tahap berikutnya, untuk menghilangkan *noise* yang dimiliki digunakan *comparator op-amp* sehingga akan menghilangkan tegangan *noise* yang muncul. Tahap terakhir adalah melakukan pengolahan sinyal menggunakan *analog to digital converting* (ADC) untuk merubah tegangan analog menjadi data digital. Fitur ADC sudah terdapat dalam mikrokontroler sehingga tidak memerlukan tambahan rangkaian.

Data digital hasil ADC kemudian dikirimkan melalui antarmuka *usb to serial* kedalam komputer yang selanjutnya akan digunakan oleh logika fuzzy untuk mengolah dan menentukan tingkat kematangan dari buah.



Gbr. 4 Alat pengolah sinyal ultrasonik.

Untuk aplikasi dibangun menggunakan program MatLab R2012b. Pada aplikasi MatLab ini sudah terdapat fitur untuk mengubah hasil pengolahan logika fuzzy menjadi sebuah aplikasi *standalone* sehingga dapat dijalankan pada setiap komputer dengan melakukan instalasi terlebih dahulu tanpa perlu memiliki program MatLab. Aplikasi dibuat dengan menggunakan sedikit bahasa pemrograman yang digabungkan dengan logika fuzzy. Dalam melakukan pengukuran kematangan, harus dilakukan pemilihan terlebih dahulu atas jenis buah yang ingin dilihat tingkat kematangannya. Hal ini dilakukan karena terdapat perbedaan dalam penentuan kematangan buah untuk buah alpukat, mangga dan pepaya. Berikut merupakan *rule* yang digunakan dalam logika fuzzy:

1. If (tekstur is Keras) and (kadar_air is Sedikit) then (kematangan is Mentah) (1)
2. If (tekstur is Keras) and (kadar_air is Sedang) then (kematangan is Mentah) (1)
3. If (tekstur is Keras) and (kadar_air is Banyak) then (kematangan is Mentah) (1)
4. If (tekstur is Empuk) and (kadar_air is Sedikit) then (kematangan is Matang) (1)
5. If (tekstur is Empuk) and (kadar_air is Sedang) then (kematangan is Matang) (1)
6. If (tekstur is Empuk) and (kadar_air is Banyak) then (kematangan is Matang) (1)
7. If (tekstur is Lembek) and (kadar_air is Sedikit) then (kematangan is Busuk) (1)
8. If (tekstur is Lembek) and (kadar_air is Sedang) then (kematangan is Busuk) (1)
9. If (tekstur is Lembek) and (kadar_air is Banyak) then (kematangan is Busuk) (1)

Gbr. 5 Rule pada logika fuzzy.

Batasan yang digunakan pada logika fuzzy didapatkan dari data kecerdasan yang dilakukan terlebih dahulu sebelum percobaan penelitian. Data kecerdasan masih memberikan hasil berupa data digital hasil ADC dari alat. Data ini yang digunakan sebagai input dari logika fuzzy.

Gbr. 6 Aplikasi MatLab *standalone*.

VI. PERCOBAAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran secara langsung pada 30 sampel untuk masing-masing buah menggunakan alat dan aplikasi. Kemudian, 5 sampel untuk masing-masing buah dilakukan uji laboratorium dengan bantuan lab Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT), IPB dan 25 sampel untuk masing-masing buah dilakukan uji menggunakan pengetahuan dari manusia. Pengukuran dengan alat dan aplikasi diulang sebanyak 10 kali untuk sampel yang sama untuk buah yang akan dilakukan uji laboratorium dan diulang sebanyak 3 kali untuk sampel buah yang akan dilakukan uji menggunakan pengetahuan manusia. Sehingga didapatkan 50 pengukuran untuk masing-masing jenis buah untuk uji laboratorium dan 75 pengukuran untuk masing-masing jenis buah untuk uji menggunakan pengetahuan manusia. Hasil pengukuran secara langsung menggunakan alat akan dibandingkan dengan hasil uji laboratorium dan hasil uji menggunakan pengetahuan manusia. Perbandingan data tersebut menghasilkan tingkat kesalahan alat, akurasi dan presisi. Untuk melihat hubungan antara kadar air dan tekstur buah digunakan program pengolahan data statistic SPSS.

A. Tingkat Kesalahan Pengukuran

TABEL I
PENGUKURAN TINGKAT KESALAHAN

| Tingkat Kesalahan Buah Alpukat | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------|----------------|----------------------|
| Bentuk Percobaan | Jumlah Pengukuran | Error Total | Error Rate (%) | Total Error Rate (%) |
| Hasil Lab IPB | 50 | 10 | 20 | 13.33 |
| Pengetahuan Manusia | 75 | 5 | 6.67 | |

| Tingkat Kesalahan Buah Mangga | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------|----------------|----------------------|
| Bentuk Percobaan | Jumlah Pengukuran | Error Total | Error Rate (%) | Total Error Rate (%) |
| Hasil Lab IPB | 50 | 6 | 12 | 10.00 |
| Pengetahuan Manusia | 75 | 6 | 8.00 | |

| Tingkat Kesalahan Buah Pepaya | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------|----------------|----------------------|
| Bentuk Percobaan | Jumlah Pengukuran | Error Total | Error Rate (%) | Total Error Rate (%) |
| Hasil Lab IPB | 50 | 8 | 16 | 12.00 |
| Pengetahuan Manusia | 75 | 6 | 8.00 | |

Tingkat kesalahan atau yang lebih dikenal dengan *error rate*, merupakan penilaian yang diberikan kepada sistem untuk mengetahui seberapa besar kesalahan dari pengukuran yang sistem tersebut sehingga dapat diketahui kualitas dari sistem. Perhitungan tingkat kesalahan terbagi atas jenis buah masing-masing. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kesalahan pengukuran untuk masing-masing jenis buah.

Dari table I, dapat diketahui bahwa sistem memiliki tingkat kesalahan yang rendah. Hal ini dapat dilihat dari persentase *error* yang terdapat pada table diatas.

$$\text{Error Rate} = \frac{\text{Jumlah Error}}{\text{Jumlah pengukuran}} \times 100\% \quad (1)$$

B. Akurasi Sistem

TABEL II
PENGUKURAN AKURASI

| Akurasi Kematangan Buah Alpukat | | | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------------|---------------|---------------------|
| Bentuk Percobaan | Jumlah Pengukuran | Pengukuran yg Sesuai | Ketepatan (%) | Total Ketepatan (%) |
| Hasil Lab IPB | 50 | 26 | 52 | 62.67 |
| Pengetahuan Manusia | 75 | 55 | 73.33 | |

| Akurasi Kematangan Buah Mangga | | | | |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|---------------|---------------------|
| Bentuk Percobaan | Jumlah Pengukuran | Pengukuran yg Sesuai | Ketepatan (%) | Total Ketepatan (%) |
| Hasil Lab IPB | 50 | 28 | 56 | 64.00 |
| Pengetahuan Manusia | 75 | 54 | 72.00 | |

| Akurasi Kematangan Buah Pepaya | | | | |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|---------------|---------------------|
| Bentuk Percobaan | Jumlah Pengukuran | Pengukuran yg Sesuai | Ketepatan (%) | Total Ketepatan (%) |
| Hasil Lab IPB | 50 | 25 | 50 | 65.00 |
| Pengetahuan Manusia | 75 | 60 | 80.00 | |

| Jenis Buah | Akurasi Kadar Air dan Tekstur | | | |
|------------|-------------------------------|----------|---------|----------|
| | Selisih dengan uji lab | | | |
| | Kadar Air | | Tekstur | |
| | Terjauh | Terdekat | Terjauh | Terdekat |
| Alpukat | 2,79 | 0,04 | 0,22 | 0,01 |
| Mangga | 3,19 | 0,04 | 0,19 | 0,01 |
| Pepaya | 2,64 | 0,03 | 0,18 | 0,00 |

Dalam membangun sebuah sistem, perlu diketahui seberapa besar Kesesuaian dari data yang dihasilkan dari sistem tersebut. Hal ini akan memberikan integritas bagi data dari sistem tersebut. Besar nilai akurat dalam pengukuran menjadi hal yang mutlak diperlukan sebagai kalibrasi dari kesesuaian data hasil dari sistem dengan nilai yang menjadi ukuran. Akurasi suatu sistem merupakan ketepatan dari data yang dihasilkan sistem ketika melakukan pengukuran. Seberapa dekat data hasil pengukuran dengan nilai yang menjadi acuan merupakan hal sangat penting. Dalam menentukan akurasi dari pengukuran sistem, digunakan hasil dari uji laboratorium untuk buah yang dijadikan sampel. Uji laboratorium memiliki tingkat akurasi yang sangat baik sehingga sangat berguna sebagai acuan dalam menentukan akurasi pengukuran sistem. Penghitungan akurasi dari sistem dipisahkan berdasarkan kandungan air, tekstur dan tingkat kematangan dari buah. Akurasi dari sistem dihitung berdasarkan jenis buah masing-masing sehingga akan lebih teliti dalam melihat akurasi sistem.

Dari tabel II, dapat dilihat bahwa selisih pengukuran dari kadar air dan tekstur tidak terlalu jauh tetapi untuk tingkat kematangan hasilnya tidak lebih dari 75%. Sehingga dapat diketahui bahwa akurasi untuk kadar air dan tekstur adalah baik sedangkan untuk tingkat kematangan cukup baik. Perbandingan akurasi hanya dilakukan untuk percobaan dengan uji laboratorium. Karena, untuk tingkat akurasi memerlukan suatu nilai sebagai acuan. Tingkat akurasi pada kematangan buah menjadi cukup baik dikarenakan adanya perbedaan pernyataan matang atau tidak terhadap buah melalui uji berdasarkan pengetahuan manusia. Karena ditemukan bahwa buah matang belum tentu manis, begitu pula sebaliknya. Manusia hanya mengetahui bahwa buah manis berarti matang.

C. Presisi Sistem

Presisi perlu dihitung dalam membangun sebuah sistem. Pengukuran presisi dari sistem diperlukan untuk melihat seberapa konsisten data yang dihasilkan dari sistem tersebut.

Presisi merupakan suatu bentuk perhitungan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan data yang dihasilkan sistem dalam setiap kali dilakukan pengukuran untuk sampel yang sama. Semakin jauh perbedaan data yang dihasilkan maka tingkat presisinya semakin rendah. Presisi dilakukan untuk setiap jenis buah agar dapat terlihat presisi masing-masing dari pengukuran jenis buah. Perhitungan presisi dari sistem menggunakan sampel dari uji laboratorium dan pengetahuan manusia. Hal ini disebabkan perhitungan presisi hanya melihat seberapa besar data dari sistem tersebar dalam setiap pengukuran sampel. Presisi dihitung berdasarkan pada kandungan air dan teksur dari buah seperti terlihat pada Tabel III.

TABEL III
PENGUKURAN PRESISI

| Jenis Buah | Presisi Buah | | | | | |
|------------|--------------------|----------|---------|----------|------------|----------|
| | Selisih Pengukuran | | | | | |
| | Kadar Air | | Tekstur | | Kematangan | |
| | Terjauh | Terdekat | Terjauh | Terdekat | Terjauh | Terdekat |
| Alpukat | 1,85 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 49,36 | 0,00 |
| Mangga | 2,50 | 0,02 | 0,15 | 0,00 | 33,18 | 0,03 |
| Pepaya | 1,55 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 24,05 | 0,00 |

Jika melihat selisih kadar air, dapat diketahui bahwa data tersebar dengan baik meskipun memiliki selisih dalam batas kurang dari 3 berdasarkan nilai rata-rata. Sehingga dapat dikatakan bahwa presisi dari pengukuran kandungan air pada buah adalah cukup baik.

Jika melihat selisih kekerasan, dapat diketahui bahwa data yang tersebar lebih baik daripada data kandungan air dengan selisih dalam batas kurang dari 1 berdasarkan nilai rata-rata. Sehingga dapat disebutkan bahwa presisi dari pengukuran kekerasan pada buah yaitu sangat baik.

Untuk tingkat kematangan buah, presisi tidak melihat penggolongan kematangan dari buah tetapi melihat seberapa besar persentase dari kematangan buah. Hal ini dikarenakan kematangan buah dengan persentasi 90% - 120% masih tergolong matang baik berdasarkan uji laboratorium maupun berdasarkan pengetahuan manusia. Jika melihat kolom selisih kematangan, dapat diketahui bahwa data yang tersebar kurang baik daripada data kandungan air dan teksur dengan selisih batas kurang dari 50 berdasarkan nilai rata-rata. Sehingga dapat disebutkan bahwa presisi dari pengukuran kematangan pada buah yaitu kurang baik.

D. Analisa Statistik

Program SPSS digunakan untuk melakukan pengolahan data secara statistik. Uji korelasi dan regresi dilakukan untuk melihat ada atau tidak hubungan kadar air dan teksur dengan kematangan dari buah.

Dari hasil analisa korelasi ganda pada Tabel IV, dapat dilihat bahwa nilai R adalah 0,761 mendekati 1. Hal ini berarti ada hubungan yang cukup kuat antara 2 variabel independent dengan 1 variabel dependent. Dengan melihat hasil analisa korelasi, maka dapat disimpulkan bahwa hipotesa dapat diterima, yakni memang ada hubungan yang cukup kuat

antara perubahan kandungan air dan teksur pada buah dengan tingkat kematangan dari buah.

TABEL IIIV
HASIL UJI KORELASI

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .761 ^a | .580 | .570 | 9.60277 |

a. Predictors: (Constant), Kekerasan, Kadar_Air

Untuk melihat seberapa besar hubungan antara 2 variabel independent dengan 1 variabel independent digunakan analisa regresi ganda. Hal ini diperlukan sebagai lanjutan dari analisa korelasi dan berguna untuk melihat seberapa besar kandungan air dan teksur pada buah dapat mempengaruhi kematangan buah.

TABEL V
HASIL UJI KORELASI

ANOVA^b

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | 11066.468 | 2 | 5533.234 | 60.005 | .000 ^a |
| | Residual | 8022.546 | 87 | 92.213 | | |
| | Total | 19089.014 | 89 | | | |

a. Predictors: (Constant), Kekerasan, Kadar_Air

b. Dependent Variable: Kematangan

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|------------|-----------------------------|------------|---------------------------|---------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -78.011 | 65.182 | | -1.197 | .235 |
| | Kadar_Air | 2.955 | .740 | .278 | 3.993 | .000 |
| | Kekerasan | -94.800 | 9.458 | -.697 | -10.023 | .000 |

a. Dependent Variable: Kematangan

Dari hasil analisa regresi ganda yang diperlihatkan oleh Tabel V, didapatkan bahwa nilai sig. < 0,05. Hal ini dapat diartikan bahwa persamaan garis regresi dapat digunakan dalam melakukan prediksi sehingga dapat diketahui bahwa kandungan air dan teksur buah dapat memprediksi

kematangan dari buah dengan menggunakan persamaan regresi.

$$Y = -78,011 + 2,955 \text{ Kadar Air} - 94,800 \text{ Kekerasan}$$

(2)

VII. KESIMPULAN

Sinyal ultrasonik dapat digunakan untuk mengetahui kandungan air dan tekstur buah dengan frekuensi yang berbeda untuk menentukan tingkat kematangan buah alpukat, mangga dan pepaya.

Logika fuzzy mamdani berguna dalam menentukan kematangan buah dengan melihat nilai kandungan air dan tekstur buah alpukat, mangga dan pepaya.

Ada hubungan yang kuat dan linear antara kandungan air dan tekstur pada buah dalam menentukan tingkat kematangan buah alpukat, mangga dan pepaya.

Dari hasil uji laboratorium dan pengetahuan manusia, ditemukan bahwa terdapat buah yang sudah dalam kondisi matang tetapi rasa dari buah tersebut tidak manis dan pengetahuan manusia menentukan hanya berdasarkan manis tidak buah tersebut.

VIII. SARAN

Adapun beberapa pengembangan yang baik dilakukan untuk lanjutan dari penelitian ini. Menggunakan sensor ultrasonik yang memiliki tingkat sensitifitas lebih baik, sehingga hasil pengukuran akan menjadi lebih detail.

Menambahkan variabel pengukuran seperti dengan menghitung kadar gula dalam buah sehingga tingkat manis dari buah dapat dilihat dan akan lebih baik dalam menentukan kematangan dari buah.

Membuat alat menjadi pintar sehingga tidak membutuhkan logika fuzzy dari matlab dalam menentukan tingkat kematangan buah. Hal ini dapat tercapai dengan menyimpan data hasil fuzzy pada alat, sehingga untuk pengukuran berikutnya dapat mengacu pada data tersebut. Tentunya diperlukan adanya latihan awal bagi alat agar memiliki pengetahuan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada Pusat Kajian Holtikultura Tropika (PKHT), Institut Pertanian Bogor, yang telah memberikan waktu dan perhatian dalam membantu penelitian.

REFERENSI

- [1] Arivazhagan, S., Newlin Shebiah, R., Selva Nidhyandhan, S., Ganesan, L. *Fruit Recognition using Color and Texture Features*. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences. 2010. pp. 90 – 94.
- [2] Aboudaoud, I., Faizl, B., Aassif, E., Moudden, A., Izbaim, D., Malainine, M., & Azergui, M. *The maturity characterization of orange fruit by using high frequency ultrasonic echo pulse method*. International Symposium on Ultrasound in the Control of Industrial Processes. 2012. pp. 1 – 4.
- [3] Pratama, G. E. D., Arifin, Budikarso A. *Alat Pendeteksi Kemasakan Buah Semangka dengan Metode Perbandingan Frekuensi*. Jurnal Kampus ITS. 2010. hal 1 – 6.
- [4] Kristianto, D. & Hendroprasetyo, W. *Studi Penentuan Panjang Dan Kedalaman Retak Sambungan Las Pada Konstruksi Kapal Menggunakan Pengujian Ultrasonik Dengan Variasi Frekuensi Dan Ukuran Kristal Dan Dengan Variasi Kondisi Permukaan Coating Dan Uncoating*. 2013. Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1, hal: 2337 – 3539.
- [5] McDicken, W. N. & Anderson, T. *The Difference Between Colour Doppler Velocity Imaging and Power Doppler Imaging*. Eur J Echocardiography. 2002. pp 240 – 244.
- [6] Kaur, Arshdeep & Kaur, Amrit. *Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Interference Systems for Air Conditioning System*. IJSC. 2012. Vol. 2, Issue 2, hal 2231 – 2307.
- [7] Krairiksh, M., Varith, J., Kanjanavapastit, A. *Wireless Sensor Network for Monitoring Maturity Stage of Friut*. Scientific Research. 2011. pp. 318 – 321.
- [8] Widodo, P. P., Handayanto, R. T. *Penerapan Soft Computing Dengan Matlab*. Bandung: Rekayasa Sains. 2009.