

DETEKSI KEMATANGAN BUAH MANGGA BERBASIS PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL MENGGUNAKAN SIVERSIMA RS3400X

MANGO RIPENESS DETECTION BASED ON DIGITAL SIGNAL PROCESSING USING SIVERSIMA RS3400X

Alvin Banjarsari Sudana¹, Raditiana Patmasari, S.T., M.T², Yussi Perdana S, S.T., M.T³
^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹alvin.sudana@gmail.com, ²raditiana@telkomuniversity.ac.id, ³yussips@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris dengan daerah perkebunan yang sangat luas. Selain Kelapa sawit, Singkong dan Pisang, Indonesia merupakan negara dengan komoditas buah Mangga yang besar. Pada tahun 2016 statistik FAO menyebutkan Indonesia merupakan negara dengan produksi Mangga terbesar ke-4 didunia. Hal ini tentunya dapat lebih ditingkatkan apabila banyak terobosan teknologi yang digunakan dalam produksi buah Mangga. Teknologi tersebut dapat diterapkan dalam proses penanaman, perawatan, maupun panen. Pada Tugas Akhir ini dibuat suatu sistem yang dapat mendeteksi kematangan buah Mangga berdasarkan pengolahan sinyal digital pada radar FMCW.

Sistem bekerja dengan mengklasifikasi tingkat kematangan mangga berdasarkan besar *magnitude* gelombang yang didapatkan dengan melakukan transformasi fourier diskrit pada *frekuensi beat* radar siversima RS3400X terhadap buah mangga. Pengklasifikasin dilakukan dengan memperhatikan jarak antara sistem dengan mangga pada kondisi *indoor/outdoor*.

Hasil penelitian ini merupakan hasil pengujian sistem terhadap klasifikasi kematangan sample mangga dan analisa tingkat kematangan mangga pada kondisi dalam ruangan dan luar ruangan pada jarak 90 cm, 100 cm, dan 110 cm terhadap besarnya *magnitude* gelombang. Pada penelitian menghasilkan suatu sistem mampu mengklasifikasi tingkat kematangan mangga dengan akurasi 42,77 %.

Kata kunci : Mangga, kematangan, FMCW, klasifikasi, gelombang, *magnitude*.

Abstract

Indonesia is an agricultural country with a vast plantation area. In addition to oil palm, cassava and banana, Indonesia is a country with large mangoes production. In 2016 FAO statistics said Indonesia was the fourth largest country of mango production in the world. This of course can be further improved if there are many technological breakthroughs used in the production of Mango. This technology can be applied in the process of planting, tencance, and harvesting. In this Final Project, a system can be detected that can detect the ripeness of Mango based on digital signal processing on FMCW radar.

The system works by classifying the mango ripeness level based on the magnitude of the wave obtained by performing discrete fourier transforms on the siversima RS3400X radar beat frequency on the mango. Classification is carried out by observing the distance between the system and the mango on indoor / outdoor conditions.

This study obtain the results of a system test on the calcification of sample manggo ripeness level and analysis the effect of the ripeness level of mangoes in conditions in indoor and outdoor at a distance of 90, 100, and 110 cm against the magnitude wave. In this study, a system was able to classify mango ripeness level with an accuracy of 42,77%.

Keywords: Mango, maturity, FMCW, classification, magnitude.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara produksi Mangga terbesar ke 4 terbesar di dunia [1]. Walau di Indonesia Mangga tidak termasuk dalam 5 besar komoditas produksi terbesar tetapi angka produksi Mangga di Indonesia cukup besar, pada tahun 2016 saja produksi Mangga di Indonesia mencapai 1,81 juta ton [1].Sayangnya walau jumlah produksi melimpah dan memiliki pasar yang besar, produksi buah Mangga masih dilakukan secara tradisional. Hal ini disebabkan oleh belum banyaknya terobosan teknologi yang diperuntukan petani buah Mangga dalam pembudidayaan buah Mangga. Padahal selain dapat mempercepat proses produksi, penggunaan teknologi tentunya dapat membantu petani Mangga dalam memaksimalkan jumlah produksi buah Mangga.

Radar adalah suatu sistem yang digunakan untuk mendeteksi objek dengan cara memantulkan gelombang elektromagnetik [2]. Radar FMCW (Frequency Modulated Continious Wave) adalah suatu sistem radar yang dapat

memancarkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang kontinu dan stabil dimodulasikan [2]. Radar FMCW dapat mendeteksi benda berdasarkan *frequency beat* antara gelombang yang dipancarkan dan gelombang yang dipantulkan target. *Frequency beat* tersebut nantinya diolah untuk mengetahui besar *magnitude* gelombang yang dipantulkan target.

Tingkat kematangan buah dapat diketahui berdasarkan kadar air dan tekstur buah [3]. Buah yang memiliki kandungan air yang banyak menandakan buah tersebut sudah dalam kondisi matang [3]. Dengan menggunakan pantulan dari gelombang elektromagnetik dapat diketahui tingkat kandungan air pada buah tersebut, sehingga dapat ditentukan tingkat kematangannya [4]. Kandungan air di pada buah, bersifat reflektif yang cukup tinggi dan memiliki permitivitas relatif sekitar 30 pada gelombang frekuensi super tinggi [5]. Dengan penggunaan radar FMCW dan pengolahan sinyal digital dapat direalisasikan sebuah sistem untuk deteksi kematangan buah Mangga.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Buah Mangga

Mangga (*Mangifera indica*) merupakan buah yang termasuk dalam marga *Mangifera* dan famili *Anacardiaceae* [6]. Buah Mangga tergolong dalam kelompok buah batu (*drupa*) yang berdaging, dimana memiliki panjang buah kurang lebih 2,5 – 30 cm. Buah Mangga terdiri dari 3 bagian utama yaitu : kulit buah, daging buah, dan biji. Kulit buah bertekstur agak tebal dan berwarna hijau, kekuningan, atau kemerahan. Daging buah berwarna jingga kemerahan, kuning, atau kuning pucat dengan tekstur yang berair dan berbau kuat sampai lemah. Biji buah berwarna putih dimana terdiri dari 2 keping yang menjadi satu dan tertutup endokarp yang tebal.

2.2 Kematangan Buah Mangga

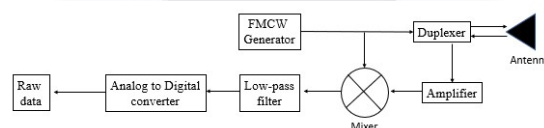
Mangga yang matang biasanya berukuran besar dan berbentuk bulat memanjang serta dipenuhi bintik pada permukaannya, mangga yang matang memiliki tekstur relatif lembek jika di tekan, tetapi tidak terlalu lembek karena berarti sudah busuk. Umumnya Mangga akan matang setelah 3-4 bulan berbuah. Selain dari umur buahnya ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui Mangga matang. Cara tersebut dapat berupa melihat tampilan buah, merasakan kepadatan buahnya, hingga mencium aromanya. Selain itu kematangan mangga dapat dilihat dari kandungan air didalamnya, tingkat kematangan mangga memiliki hubungan yang linier dengan kandungan air didalamnya [7].

2.3 Radar

Radar (*Radio Detection and Ranging*) merupakan suatu block sistem yang dipergunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak, serta mengukur kecepatan suatu objek [2]. Secara umum radar bekerja dengan cara memancarkan gelombang elektromagnetik ke arah tertentu, lalu gelombang tersebut akan dipantulkan oleh objek yang ada pada lintasannya [2]. Dari lamanya waktu gelombang tersebut dipantulkan dan besar daya terima dari pantulan gelombang tersebut dapat diketahui jarak, jenis, bahkan kecepatan dari objek yang dideteksi. Sinyal yang diterima dari pantulan tersebut relatif lemah karna adanya redaman, namun sinyal tersebut tetap dapat diterima dan diperkuat oleh amplifier yang terdapat pada radar [2].

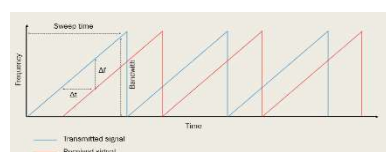
2.4 Radar FMCW

Radar FMCW (*Frequency Modulated ContinuousWave*) merupakan jenis radar yang dapat memancarkan gelombang elektromagnetik termodulasi secara terus menerus [2]. Pada radar ini, frekuensi gelombang akan dimodulasi oleh gelombang segitiga secara kontinu dan stabil sebelum dipancarkan . Gelombang yang telah dimodulasi akan ditransmisikan, kemudian gelombang pantul (*echo*) akan diterima lalu dikalikan dalam domain waktu [2].



Gambar 1. Sistem dasar pada FMCW.

Gambar 1. memperlihatkan bagaimana sistem yang bekerja pada FMCW. Gelombang yang dipancarkan akan diukur, gelombang yang diterimapun akan diukur, kemudian sinyal terima akan dicampur dengan sinyal yang dipancarkan (pengalihan dalam domain waktu), kemudian sinyal di filter untuk kemudian dilakukan pengolahan pada sinyal.



Gambar 2. Modulasi Pada FMCW.

Modulasi pada FMCW dapat dilihat pada Gambar 2. dimana frekuensi pada gelombang yang akan dipantulkan ditumpang oleh gelombang sawtooth (segitiga). Modulasi frekuensi dapat di definisikan [8]:

$$S_t = \cos \left(2\pi f_c t + \int_0^t f_{sig} d\tau \right). \quad (1)$$

f_c = Frekuensi pembawa (*carrier*)

f_{sig} = Frekuensi sinyal yang dimodulasi.

Lamanya gelombang diterima setelah dipancarkan di definisikan sebagai [9]:

$$\Delta t = 2 \frac{d}{c} \quad (2)$$

Perbedaan frekuensi antara gelombang yang dipancarkan dan gelombang yang diterima didefinisikan sebagai [9]:

$$\Delta f = \frac{\text{Bandwith}}{\text{Sweep time}} - \Delta t \quad (3)$$

d = jarak antara radar dan target

c = kecepatan cahaya diruang hampa = 3×10^8 .

2.5 SiversIMA RSS3400X

SiversIMA RS3400X merupakan sebuah radar FMCW yang terdiri 2 bagian utama yaitu radar sensor (RS3400X/00) dan mikrokontroler (CO100A/00). radar sensor bekerja pada rentang frekuensi 9250 – 10750 MHz yang dapat memancarkan gelombang yang dimodulasi oleh gelombang segitiga berbentuk *sawtooth* dan *triangular*. Mikrokontroler yang dilengkapi dengan ADC 16 bit untuk mengukur sinyal IF dari sensor dan menyimpannya secara lokal di MCU untuk diunduh melalui koneksi serial RS-232 [9].

2.6 Keluaran Data SiversIMA RS3400X

Sebelum mendapatkan data yang diterima perangkat SiversIMA RS3400X, perangkat tersebut harus dihubungkan terlebih dahulu ke perangkat komputer melalui komunikasi serial menggunakan kabel USB to serial RS-232. Untuk mendapatkan data yang dihasilkan, sebelumnya harus dilakukan mengintialisasi, mengkonfigurasi, dan mengunduh data yang dihasilkan perangkat ke komputer.

Data keluaran perangkat SiversIMA merupakan Array of floating point number atau kumpulan kode yang terdiri dari 5 angka. Angka tersebut merupakan amplitudo dari *frequency beat* hasil perkalian gelombang yang dipancarkan perangkat dan gelombang yang diterima perangkat berdasarkan pantulan objek yang berada pada lintasannya dalam domain waktu. Pada satu kali penyapuan gelombang data yang diterima bisa mencapai 1501.

2.7 Discrete Fourier Transform

Pada pengolahan sinyal digital, DFT dapat digunakan untuk mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Domain waktu diskrit merupakan waktu yang diperlukan sebuah gelombang untuk mencapai gelombang penuh (lembah dan bukit). Sedangkan domain frekuensi merupakan banyaknya gelombang yang terbentuk dalam waktu 1 detik, pada domain ini satuan detik diubah menjadi Hertz (1-per detik). Discrete fourier transform (DFT) yang memiliki persamaan [10]:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot W_N^{kn}. \quad (4)$$

Persamaan (4) digunakan dengan menggunakan notasi [6]:

$$W_N = e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)} \quad (5)$$

sehingga menjadi [6]:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-j(2\pi kn)/N} \quad (6)$$

dengan

X = koefisien pada domain frekuensi

k = indeks dalam domain frekuensi

x = koefien pada sinyal diskrit

n = indeks dalam domain

N = banyak data yang ditransformasi

W = koefisien pada matriks DFT.

Pada aplikasi analisis matematis, indeks yang diproses tidak dapat bernilai sama dengan atau kurang dari nol sehingga persamaan (6) diubah menjadi [10]:

$$X_k = \sum_{n=1}^N x[n]. e^{-j(2\pi(k-1)(n-1))/N} \tag{7}$$

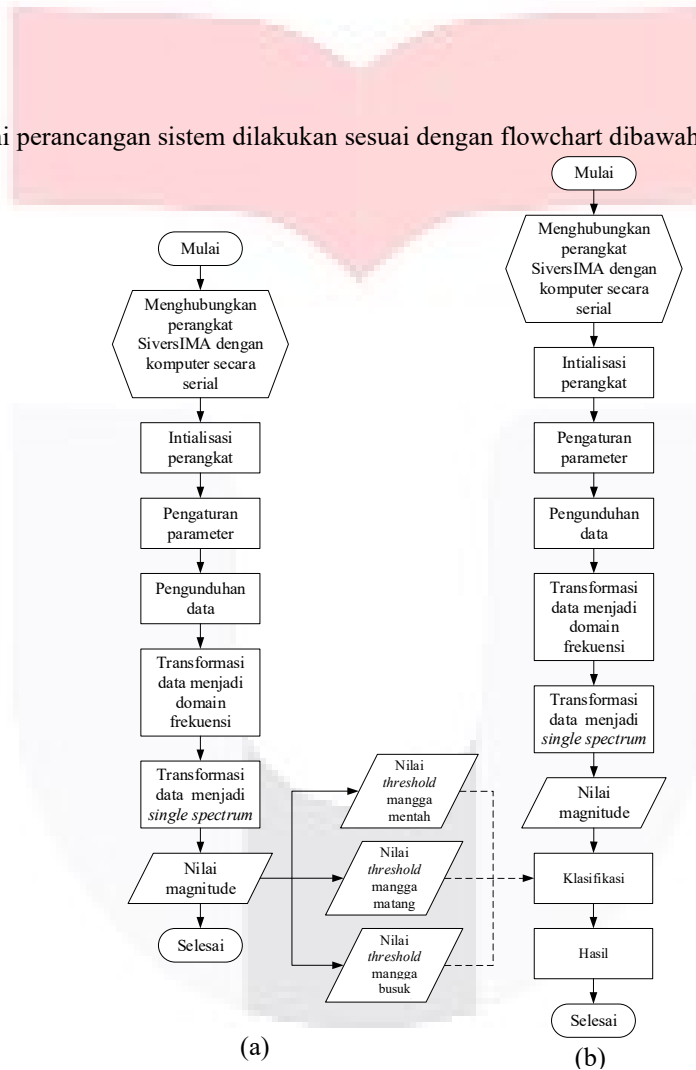
2.8 Fast Fourier Transform

Fast fourier transform (FFT) merupakan sebuah algoritma yang digunakan untuk mentransformasikan Discrete Fourier Transform (DFT) secara cepat. Jika banyak data N pada DFT dilakukan transformasi sebanyak N², FFT dapat mengurangi dilakukannya transformasi menjadi sebanyak N × log₂ N [10]. Banyak data N akan dilakukan tranformasi (DFT) sebanyak N × log₂ N, data akan di transformasi dengan data reverse bit nya, kemudian akan di transformasi dengan hasil transformasi urutan selanjutnya.

3. Desain Sistem

3.1 Blok Diagram

Pada penelitian ini perancangan sistem dilakukan sesuai dengan flowchart dibawah ini .



Gambar 3. Flowchart sistem deteksi kematangan mangga. (a) proses pencarian level *threshold*. (b) proses klasifikasi tingkat kematangan.

Gambar 3. menunjukkan proses perancangan sistem pendeteksi kematangan buah mangga. Diagram tersebut terbagi menjadi 2 proses, proses pertama (a) merupakan proses pencarian nilai *magnitude* untuk mendapatkan nilai *threshold* pada tiap tingkat kematangan yang digunakan dalam proses klasifikasi. Lalu proses kedua (b) merupakan pencarian nilai *magnitude* mangga yang diklasifikasi tingkat kematangannya menggunakan level *threshold* yang telah didapatkan sebelumnya. Nilai *magnitude* diawali dengan proses initalisasi perangkat siversima. Pada proses ini komputer mendeklarasikan nilai awal pada kontroller. Selanjutnya dilakukan proses pengaturan parameter

pengukuran yaitu mengatur penggunaan tipe modulasi, frekuensi awal pengukuran, frekuensi pengukuran, dan banyaknya sapuan gelombang yang digunakan saat pengukuran dilakukan. Setelah pengukuran dilakukan barulah data hasil pengukuran dapat diunduh. Data tersebut merupakan representasi dari frekuensi beat antara gelombang yang dipancarkan gelombang dan gelombang yang diterima hasil pantulan gelombang terhadap objek pada lintasannya pada domain waktu. Selanjutnya dilakukan DFT untuk mengubah gelombang dari domain waktu ke domain frekuensi.

3.2 Cara Kerja Sistem

3.2.1 Proses Pengambilan Raw Data

Proses pengambilan data dengan diawali dengan menghubungkan perangkat siversima dengan komputer secara serial menggunakan kabel USB to serial RS232. Setelah perangkat siversima dan komputer terhubung selanjutnya dilakukan tahapan : inialisasi perangkat, Inialisasi perangkat dilakukan untuk mendeklarasikan nilai awal pada controller board. Pada perangkat siversima inialisasi perangkat dilakukan dengan mengirimkan sintaks 'INIT' dan dilanjutkan dengan 'HARDWARE:SYSTEM RS3400X' untuk menginisialisasi controller bahwa sensor radar yang digunakan adalah RS3400X. Selanjutnya diperlukan sintaks 'SWEEP:MEASURE ON' untuk mengaktifkan parameter pemancaran gelombang.

Selanjutnya dilakukan pengaturan parameter yaitu tipe modulasi dan frekuensi pengukuran menjadi sebagai berikut :

- *Sweep Number* : 1
- *Sweep Type* : Sawtooth
- *Frequency Span* : 1500 MHz
- *Frequency Start* : 9250 MHz
- *Frequency Stop* : 10750 MHz.

Setelah dilakukannya penginisialisasi dan pengaturan tipe modulasi serta besar frekuensi kerja pada perangkat, perlu dilakukan pemicuan terhadap radar sensor yang digunakan dengan mengirimkan sintaks 'TRIG: ARM', dan selanjutnya raw data dapat diunduh dengan mengirim sintaks 'TRACE DATA?'

3.2.2 Pengolahan Sinyal Digital pada Raw Data

Pada proses ini digunakan transformasi fourier diskrit pada vektor karna sinyal yang diproses adalah sinyal digital. Proses ini bertujuan untuk mengubah sinyal diskrit keluaran siversima pada domain waktu menjadi domain frekuensi. Sebelum proses FFT dilakukan, pada raw data dilakukan pengurangan sebesar rata – rata nilai amplitudo pertama pada raw data yaitu angka 49224. Tujuan dari pengurangan ini adalah agar data memiliki nilai amplitudo pertama dari angka nol. Setelah itu, akan dilakukan Discrete Fourier Transform (DFT) menggunakan algoritma (FFT). Hasil dari proses ini merupakan bilangan kompleks, dimana nilai absolute dari bilangan tersebut mempresentasikan *magnitude* gelombang spektrum dua sisi apabila dibagi dengan banyak data.

3.2.3 Pencarian Nilai Threshold Tingkat Kematangan

Pada sistem ini nilai threshold tiap tingkat kematangan dicari menggunakan 30 sample mangga dengan komposisi : 10 mangga mentah, 10 mangga matang, dan 10 mangga busuk. Pengukuran dilakukan pada kondisi dalam ruangan (*indoor*) dan diluar ruangan (*outdoor*), pada masing – masing kondisi pengukuran dilakukan pada jarak : 90, 100, dan 110 cm. Pada saat pengukuran radar dan mangga diletakan 1,5 meter dari tanah untuk menghindari pengaruh pantulan gelombang terhadap tanah. Tiang yang digunakan merupakan tiang berbahan plastik yang dibungkus dengan sterofoam untuk mengurangi pengaruh pantulan gelombang terhadap tiang.

Tabel 1. Tabel rata – rata *magnitude* sample mangga.

Nama Mangga	<i>Magnitude</i> (dBm)						Σ
	<i>indoor</i>			<i>outdoor</i>			
	90 cm	100 cm	110 cm	90 cm	100 cm	110 cm	
Mentah	-9,627	-9,910	-11,058	-9,899	-10,031	-10,816	-10,223
Matang	-8,469	-9,009	-10,897	-9,715	-9,830	-10,420	-9,7233
Busuk	-8,972	-9,897	-10,840	-9,382	-9,486	-10,346	-9,8206

Nilai *magnitude* mangga merupakan besar lonjakan amplitudo pada frekuensi yang sesuai dengan jarak pengukuran. Berdasarkan nilai rata – rata *magnitude* tiap tingkat kematangan tersebut dicarilah level threshold tingkat kematangan yang merupakan nilai tengah antara nilai rata – rata *magnitude* mangga tiap tingkat kematangan.

A. Level threshold tanpa memperhatikan kondisi dan jarak

Level threshold ini didapatkan dengan mencari nilai tengah dari nilai rata – rata *magnitude* total setiap tingkat kematangan. Nilai threshold tersebut diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Level threshold tanpa memperhatikan kondisi dan jarak.

Tingkat kematangan	Level <i>threshold magnitude</i> (dBm)
Matang - Busuk	-9,772
Busuk - Mentah	-10,022

B. Level *threshold* memperhatikan kondisi dan jarak

Level *threshold* ini didapatkan dengan mencari nilai tengah dari nilai rata – rata *magnitude* total pada setiap kondisi dan jarak. Nilai threshold tersebut diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Level threshold dengan memperhatikan kondisi dan jarak.

Kondisi	Jarak (cm)	Tingkat kematangan	Level <i>threshold magnitude</i> (dBm)
Indoor	90	Matang - Bsuk	-8,721
		Busuk - Mentah	-9,300
	100	Matang - Busuk	-9,453
		Busuk - Mentah	-9,904
	110	Busuk - Matang	-10,869
		Matang - Mentah	-10,977
Outdoor	90	Busuk - Matang	-9,548
		Matang - Mentah	-9,807
	100	Busuk - Matang	-9,658
		Matang - Mentah	-9,930
	110	Busuk - Matang	-10,383
		Matang - Mentah	-10,618

3.3 Performasi Sistem

Parameter yang digunakan dalam pengujian sistem adalah akurasi kelas yaitu ukuran ketepatan sistem dalam menghasilkan keluaran yang tepat. Keluaran sistem dikatakan tepat ketika sistem mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan yang tepat sesuai dengan tingkat kematangan sample mangga yang digunakan.

$$\text{Tingkat akurasi} = \frac{\text{Banyak data benar}}{\text{banyak seluruh data}} \times 100\% \quad (8)$$

Hasil dari pengujian sistem merupakan besar tingkat akurasi pada setiap tingkat kematangan, dimana tingkat akurasi dapat dihitung dengan persamaan (8).

4. Hasil dan Analisis Sistem

4.1 Pengujian Sistem

Pada proses ini nilai *magnitude* mangga akan diklasifikasikan berdasarkan level *threshold* yang telah didapatkan. Klasifikasi dikatakan akurat apabila tingkat kematangan klasifikasi sama dengan tingkat kematangan sample mangga yang sebenarnya. Berikut adalah hasil pengujian sistem dengan rumus akurasi kelas pada persamaan (8):

A. Pengujian dengan Level *threshold* tanpa memperhatikan kondisi dan jarak

Berdasarkan Tabel 4. dapat diketahui tanpa memperhatikan kondisi dan jarak, sistem paling baik bekerja pada kondisi dalam ruangan (*indoor*) pada jarak 100 cm dan paling baik mendeteksi tingkat kematangan mentah. Tanpa memperhatikan kondisi dan jarak sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 37,22 %.

Tabel 4. Tingkat akurasi pengujian sistem tanpa memperhatikan jarak dan kondisi.

Tingkat kematangan	Tingkat Akurasi (%)						Total
	indoor			outdoor			
	90 cm	100 cm	110 cm	90 cm	100 cm	110 cm	
Mentah	20%	50%	100%	30%	50%	90%	56,67%
Matang	100%	80%	10%	50%	50%	10%	50%
Busuk	0%	10%	0%	0%	10%	10%	5%
total	40%	46,67%	36,67%	26,67%	36,67%	36,67%	37,22%

B. Pengujian dengan Level *threshold* dengan memperhatikan kondisi dan jarak

Tabel 5. Tingkat akurasi pengujian sistem dengan memperhatikan jarak dan kondisi.

Tingkat kematangan	Tingkat Akurasi (%)						Total
	indoor			outdoor			
	90 cm	100 cm	110 cm	90 cm	100 cm	110 cm	
Mentah	60%	60%	60%	50%	60%	70%	60%
Matang	50%	50%	0%	10%	20%	20%	25%
Busuk	40%	10%	50%	60%	50%	50%	43%
total	50%	40%	36,67%	40%	43,33%	46,67%	42,77%

Berdasarkan Tabel 5. dapat diketahui dengan memperhatikan kondisi dan jarak, sistem paling baik bekerja pada kondisi dalam ruangan (*indoor*) pada jarak 90 cm dan paling baik mendeteksi tingkat kematangan mentah. Dengan memperhatikan kondisi dan jarak sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 42,77 %.

4.2 Analisa Hasil Pengukuran

4.2.1 Pengaruh Tingkat Kematangan, Jarak Sistem dengan Mangga, dan Kondisi Pengukuran Terhadap Tingkat Refleksi Buah pada Gelombang

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai *magnitude* berubah sesuai dengan perbedaan tingkat kematangan, jarak penguran serta kondisi dilakukannya pengukuran. Pada tingkat kematangan mentah nilai *magnitude* bernilai rendah dengan rata – rata nilai *magnitude* -10,223 dBm, hal ini disebabkan mangga mentah memiliki kadar air yang rendah sehingga tingkat refleksinya terhadap gelombang rendah. Tingkat kematangan busuk dan matang memiliki nilai rata - rata *magnitude* yang cukup tinggi dengan nilai rata – rata -9,7233 dan 9,8206 dBm. Hal ini diakibatkan mangga dengan tingkat kematangan busuk dan matang miliki kadar air yang tinggi sehingga cukup reflektif terhadap gelombang.

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat pula bahwa jarak dan kondisi pengukuran berpengaruh terhadap tingkat refleksi mangga terhadap gelombang. Semakin jauh jarak pengukuran, akan semakin kecil nilai *magnitude* mangga terhadap gelombang. Hal serupa pun terjadi terhadap kondisi pengukuran, dimana kondisi pengukuran *indoor* memiliki rata- rata nilai *magnitude* yang lebih besar dibandingkan dengan pengukuran *outdoor*

4.2.2 Pengaruh Berat Mangga Terhadap Tingkat Refleksi Terhadap Gelombang

Pada Tahap ini besar *magnitude* mangga terhadap gelombang dianalisa berdasarkan berat mangga. Berat mangga diurutkan dari yang terberat hingga teringan berbanding dengan nilai *magnitude* masing, masing mangga.

Tabel 6. Tabel garis polinomial menunjukkan tren yang menurun pada analisa pengaruh besar *magnitude* terhadap berat mangga

Kondisi	Tingkat kematangan	Jarak (cm)	Garis polinomial menunjukkan tren yang menurun
<i>Outdoor</i>	Mentah	90	Tidak
<i>Outdoor</i>	Mentah	100	Ya
<i>Outdoor</i>	Mentah	110	Tidak
<i>Outdoor</i>	Matang	90	Tidak
<i>Outdoor</i>	Matang	100	Tidak
<i>Outdoor</i>	Matang	110	Ya

<i>Outdoor</i>	Busuk	90	Tidak
<i>Outdoor</i>	Busuk	100	Tidak
<i>Outdoor</i>	Busuk	110	Tidak
<i>Indoor</i>	Mentah	90	Ya
<i>Indoor</i>	Mentah	100	Tidak
<i>Indoor</i>	Mentah	110	Ya
<i>Indoor</i>	Matang	90	Ya
<i>Indoor</i>	Matang	100	Tidak
<i>Indoor</i>	Matang	110	Tidak
<i>Indoor</i>	Busuk	90	Ya
<i>Indoor</i>	Busuk	100	Ya
<i>Indoor</i>	Busuk	110	Tidak

Berdasarkan Tabel 6. Dapat dilihat bahwa berat mangga memiliki pengaruh pada besar *magnitude* mangga terhadap gelombang. Hal ini disebabkan mengecilnya berat mangga, maka mengecil pula besar volume mangga, sehingga semakin kecil luas permukaan mangga yang terpapar gelombang radar sehingga nilai *magnitude* nya mengecil.

5 Kesimpulan

Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian deteksi kematangan mangga berbasis pengolahan sinyal digital ini adalah :

1. Deteksi kematangan mangga berbasis pengolahan sinyal digital menggunakan siverima RS3400X mampu direalisasikan dengan tingkat akurasi maksimal 42,77%.
2. Tingkat kematangan dan berat mangga tidak berpengaruh pada tingkat refleksi secara signifikan, kondisi dan jarak pengukuran sangat mempengaruhi tingkat refleksi dimana refleksi pengukuran di indoor akan lebih besar dibandingkan outdoor dan semakin jauh jarak pengukuran tingkat refleksi akan semakin mengecil.

Daftar Pustaka :

- [1] FAOSTAT, "FAOSTAT_data_9-25-2018," 2017. [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. [Accessed: 25-Sep-2018].
- [2] M. Purba, "Perancangan dan Realisasi Patch Array Antena Radar FMCW pada Frekuensi 9,4 GHz Dengan Catuan Probe Coaxial," no. Mcm, pp. 5–16, 2015.
- [3] S. Arivazhagan, R. N. Shebiah, S. Selva Nidhyandhan, and L. Ganesan, "Journal of Computing Fruit Recognition using Color and Texture Features," J. Emerg. Trends Comput. Inf. Sci., vol. 1, no. 2, pp. 90–94, 2010.
- [4] E. Aassif et al., "The maturity characterization of orange fruit by using high frequency ultrasonic echo pulse method," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 42, p. 012038, 2012.
- [5] D. Henry, "Remote Estimation of Intra-Parcel," no. June, pp. 20–24, 2017.
- [6] I. Pracaya, Bertanam Mangga. Depok: Penebar Swadaya, 2011.
- [7] S. Adhimantoro, "Mengetahui Tingkat Kematangan Buah Dengan Ultrasonik Menggunakan Logika Fuzzy," JNTETI (Jurnal Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Informasi), vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [8] K. Parrish, "An Overview of FMCW Systems in MATLAB," Cerc.Utexas.Edu, no. July, pp. 1–7, 2015.
- [9] SiversIMA AB, "10 GHz Radar Sensor 10 GHz Radar Sensor."
- [10] F. W. Isen, DSP for MATLABM and LabVIEWTM, vol. II. Morgan & Claypool, 2009.