

ANALISIS RADAR CROSS SECTION PADA POHON MENGGUNAKAN RADAR SIVERS IMA RS3400X

RADAR CROSS SECTION ANALYSIS TOWARDS TREE USING RADAR SIVERS IMA RS3400X

Rafly Gibran Hasibuan¹, 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

¹Raflygibran1908@gmail.com, ²raditiana@telkomuniversity.ac.id, ³yussips@gmail.com

Abstrak

Pohon merupakan salah satu makhluk hidup yang ada di dunia ini yang paling banyak berkontribusi untuk kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya dan memiliki banyak manfaat. Walau begitu pohon pun masih termasuk makhluk hidup yang dapat terjangkit penyakit salah satunya adalah keropos. Perkembangan teknologi zaman sekarang dapat sangat berguna karena sudah merambat pada berbagai bidang salah satunya pendeteksian keropos pohon menggunakan radar yang merupakan salah satu teknologi terkini.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa RCS (*radar cross section*) pada pohon menggunakan radar SiversIMA RS3400X. Data yang dihasilkan adalah *raw data* yang akan dirubah untuk dengan melakukan transformasi fourier diskrit pada *raw data* untuk mendapatkan nilai *magnitude* dan akan diklasifikasikan berdasarkan skenario jarak dan kondisi pohon.

Penelitian ini akan dapat menganalisis RCS pada pohon menggunakan radar SiversIMA RS3400X sesuai dengan proses yang sudah ditentukan dan hasil akhir merupakan hasil dari pengujian sistem terhadap klasifikasi kondisi pohon keropos dan pohon sehat pada jarak 90 cm, 100 cm, dan 120 cm. penelitian ini menghasilkan keakuratan sistem sebesar 86% pada kondisi tanpa memperhatikan jarak.

Kata Kunci : pohon, SiversIMA, *magnitude*, RCS

Abstract

Trees are one of the living creatures in this world that contribute the most to the survival of other living creatures. Even so, trees are still living things that can be infected by diseases, one of which is porous. The development of technology today can be very useful because it has spread in various fields one of them is detection of porous trees using radar which is one of the latest technologies.

In this research, RCS (Radar Cross Section) analysis will be done on trees using SiversIMA RS3400X radar. The data generated is raw data that will be changed to perform a discrete fourier transformation of the raw data to get the magnitude value and will be classified based on the distance and tree condition scenario.

This research will be able to analysis RCS on trees using SiversIMA RS3400x radar in accordance with the process that has been determined and the final result is the result of system testing of the condition classification of porous and healthy trees at a distance of 90 cm, 100 cm, and 120 cm. This research produces accuracy by 86% in conditions regardless of distance.

Keywords : Tree, SiversIMA, Magnitude, RCS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pohon merupakan salah satu makhluk hidup yang ada di dunia ini yang paling banyak berkontribusi untuk kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya. Manfaat dari pohon sendiri sangatlah banyak seperti tempat tinggal untuk sebagian hewan, penghasil oksigen dan penyerap karbon dioksida, dan lain lain. Menurut penelitian dari davet institute dan departemen kehutanan Amerika Serikat menemukan bahwa pohon diperkotaan dapat menyelamatkan rata - rata satu kehidupan per tahun ditiap kota karena pohon membersihkan udara dari partikulat kotor [1].

Pengeroposan pada pohon merupakan salah satu penyebab pohon tumbang terutama pengeroposan bagian dalam yang tidak dapat dilihat. Beberapa cara dapat digunakan untuk mengindikasi kondisi pohon yang sudah keropos atau sudah tidak sehat secara kasat mata seperti adanya jamur yang tumbuh pada batang pohon, adanya lubang kecil pada batang pohon dan adanya retak pada batang pohon.[2]. Salah satu teknologi masa kini adalah radar atau *Radio Detection and Ranging*, yang berarti deteksi dan penjarakan radio adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan menghitung kecepatan suatu objek.[3]

Penelitian terhadap pohon dan keropos pada pohon telah banyak dilakukan salah satunya dengan memanfaatkan gelombang suara dan menghitung kecepatan gelombang suara (jarak/waktu) dan menggabungkan geometri pohon dengan kondisi tidak beraturan. Dengan metode ini pembusukan/pengeroposan pada bagian dalam pohon akan terdeteksi dengan data kecepatan suara yang dihasilkan[4][5].

Pada Tugas Akhir ini, akan dilakukan penelitian menggunakan radar SiversIMA RS3400X untuk mengetahui RCS pada pohon dengan memperhatikan nilai *magnitude* gelombang pantul yang dipancarkan pada pohon.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pohon

Pohon adalah tumbuhan besar yang memiliki batang dan ranting yang dipenuhi daun yang merupakan salah satu makhluk hidup yang ada di dunia. Keberadaannya yang sudah ada sejak lama dan berada di mana-mana memiliki peran yang sangat penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya yang ada di bumi ini. Dengan kemampuannya yang dapat mengubah racun karbon dioksida menjadi oksigen, pohon menjadi sumber kehidupan bagi makhluk lainnya. Keberadaan pohon juga sangat membantu untuk menjadi tempat tinggal hewan-hewan kecil seperti burung [6]. Pohon yang memiliki sifat daya tarik terhadap air baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kadar air pada pohon juga membantu pohon untuk berkembang lebih baik karena air merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan pohon untuk berkembang. Kadar air pada pohon ini juga dapat mempengaruhi reflektifitas gelombang elektromagnetik. [7]

2.2 Keropos Pohon

Keropos pada pohon merupakan salah satu penyakit yang sering terjadi pada bagian dalam pohon. Berbagai faktor penyebab keropos pada pohon seperti dimakan rayap ataupun karena sudah tua. Beberapa indikasi jika pohon positif mengalami keropos adalah jika terdapat jamur pada sekitar batang pohon, adanya keretakan pada fisik luar pohon, adanya semut dan serbuk kayu yang lapuk. Kondisi ini dapat menyebabkan pohon tumbang dan menjadi bencana ketika manusia tidak dapat memelihara dengan baik. [8]

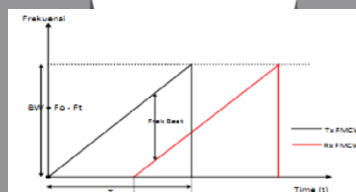
2.3 Radar

Radar (Radio Detection and Ranging, yang berarti deteksi dan penjarakan radio) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan menghitung kecepatan suatu objek. Radar sendiri memiliki 4 komponen utama yang ada pada sistem radar yaitu antena, *transmitter* (pemancar sinyal), *receiver* (penerima sinyal), peralatan untuk kontrol dan *display*. [3]

2.4 Radar FMCW

Radar FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) adalah jenis sistem radar di mana gelombang radio kontinu frekuensi stabil yang diketahui ditransmisikan dan kemudian diterima kembali setelah gelombang dipantulkan oleh objek. Pada radar ini, frekuensi gelombang dimodulasi oleh gelombang segitiga secara kontinu dan stabil. Pada umumnya radar FMCW terdiri atas 3 bagian yaitu pemancar, penerima, dan mixer. Radar FMCW akan memancarkan gelombang yang telah dimodulasi kemudian akan ada gelombang pantul dari objek dan akan diterima lalu dikalikan dengan gelombang yang dipantulkan sehingga menghasilkan sinyal keluaran yang berupa *frequency beat*. [9][10]

Modulasi pada FMCW dapat dilihat pada Gambar 1, di mana frekuensi pada gelombang yang akan dipantulkan ditumpang oleh gelombang sawtooth (segitiga). Modulasi frekuensi dapat didefinisikan :



Gambar 1. Modulasi Pada FMCW

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

f_c = Frekuensi pembawa (*carrier*)

f_{sig} = Frekuensi sinyal yang dimodulasi.

Lamanya gelombang diterima setelah dipancarkan didefinisikan sebagai:

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

Perbedaan frekuensi antara gelombang yang dipancarkan dan gelombang yang diterima didefinisikan sebagai:

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

d = jarak antara radar dan target

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

2.5 SiversIMA RS3400X

Sivers IMA merupakan radar sensor FMCW (*Frequency Modulated Continuous wave*) berbeda dengan radar pulsa dalam hal mentransmisikan sinyal yang kontinu. Frekuensi sinyal ini berubah ubah dari waktu ke waktu. Radar FMCW dapat digunakan untuk mendeteksi benda melalui sinyal yang di transmit dan diterima. SiversIMA RS3400X adalah salah satu radar FMCW. Radar sivers IMA memiliki banyak prototype namun yang membedakannya hanya frekuensi kerja ada frekuensi 5Ghz, 10Ghz, 24Ghz, dan 77Ghz. [11]

2.6 Radar Cross Section (RCS)

Radar cross section (RCS) atau penampang radar adalah ukuran kemampuan seberapa terdeteksi suatu objek atau kekuatan suatu objek untuk memantulkan sinyal radar yaitu pengukuran rasio *backscatter* dari objek. Karena pendistribusian daya berbentuk bola maka ada beberapa yang tidak sampai kembali. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi RCS oleh beberapa faktor seperti Bahan dari objek, Ukuran objek, Sudut datang, Sudut pantul. [12]

2.7 Keluaran Data SiversIMA RS3400X

Floating point ini merupakan data yang dihasilkan dari radar Sivers IMA RS3400X. Floating point merupakan tipe data dimana mewakili bilangan riil yang mendukung berbagai nilai. Data floating numbers ini memiliki cakupan jangkauan yang besar melebihi data integer yang memiliki batas. Floating point berupa angka dan mencakup angka desimal agar data yang didapat presisi dan hampir bisa dikatakan tepat.

2.8 Discrete Fourier Transform

Discrete fourier transform digunakan untuk melakukan analisis frekuensi dari sinyal waktu diskret maka perlu mendapatkan representasi domain frekuensi dari sinyal yang biasanya dinyatakan dalam domain waktu. DFT digunakan untuk melakukan analisa frekuensi dari sinyal waktu diskret:

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

Persamaan (4) digunakan dengan menggunakan notasi:

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

sehingga menjadi:

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

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 :

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

Pada persamaan (2.15), nilai indeks domain waktu dimulai dari 1 sampai banyaknya data yang ditransformasi, hal tersebut mengakibatkan perubahan angka indeks pada pangkat. [13]

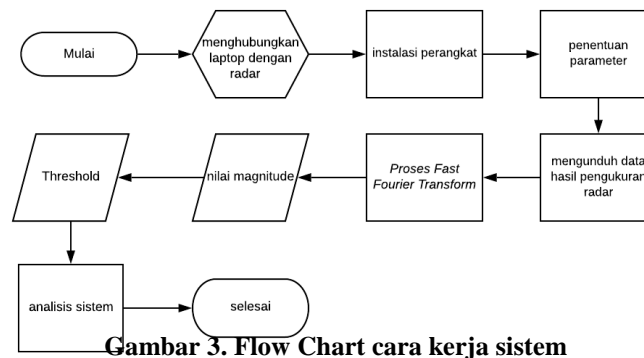
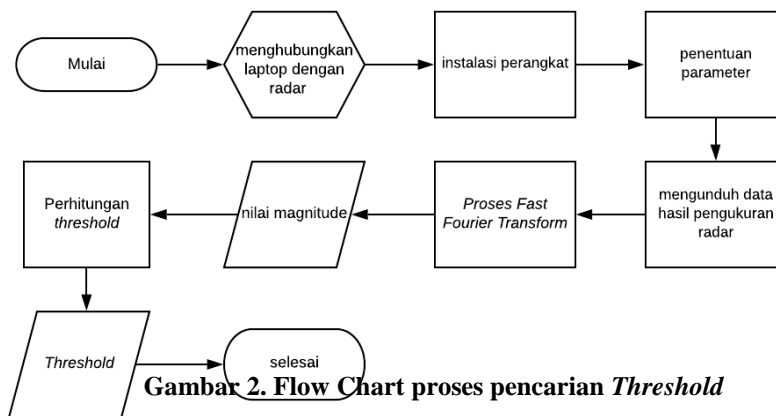
2.9 Fast Fourier Transform

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk penelitian ini. Terdapat dua aspek penting sebelum proses FFT terhadap sinyal output ADC (Analog to Digital Converter) yaitu *sampling interval* dan *sampling rate criterion*.

3. Desain Sistem

3.1 Blok Diagram

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



Gambar 3. menggambarkan saat proses awal penentuan *threshold* berdasarkan nilai magnitudo data referensi.

Gambar 4. menggambarkan cara kerja sistem dimana proses pengujian menggunakan data uji nilai magnitudo hasil pengukuran akan dimasukkan ke proses *threshold* yang sudah dicari pada lalu akan dianalisis pada sistem.

3.2 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 : intialisasi perangkat, Intialisasi perangkat dilakukan untuk mendeklarasikan nilai awal pada controller board. Pada perangkat siversima initialisasi perangkat dilakukan dengan mengirimkan sintaks 'INIT' dan dilanjutkan dengan 'HARDWARE:SYSTEM RS3400X' untuk menginsialisasi controller bahwa sensor radar yang digunakan adalah RS3400X. Selanjutnya diperlukan sintaks "SWEEP:MEASURE ON" untuk mengaktifkan parameter pemancaran gelombang.

Selanjutnya dilakukan pengaturan paramter yaitu tipe modulasi dan frekuensi pengukuran mejadi 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?'.

3.3 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.

3.4 Penentuan Nilai *Threshold*

Pada sistem ini nilai *threshold* digunakan untuk menentukan apakah suatu pohon dapat dikatakan sehat/bagus atau keropos. Pencarian nilai *threshold* ini dilakukan dengan cara mengambil sample data yang dijadikan data referensi pada tiap jarak yang sudah ditentukan yaitu 90 cm, 100 cm dan 120 cm. Sample data yang digunakan adalah 6 pohon dimana 4 pohon adalah pohon yang sehat dan 2 pohon adalah pohon keropos. pohon keropos pada penelitian ini memiliki batang pohon yang keropos dan berlubang ditengah batangnya yang terlihat secara kasat mata dan memiliki indikasi bahwa pohon sudah keropos dan untuk pohon yang tidak keropos memiliki karakteristik pohon yang secara fisik terlihat masih segar dan tidak memiliki indikasi bahwa pohon merupakan pohon keropos.

Tabel 1. Rata – Rata nilai data referensi

Jarak	P.kayu manis 1 (dBm)	P.kayu manis 2 (dBm)	P.mangga 1 (dBm)	P.mangga 2 (dBm)	P.kayu manis keropos 1 (dBm)	P.mangga keropos 2 (dBm)
90 cm	-5,69125	-8,68725	-8,1795	-6,611	-12,635	-14,83
100 cm	-4,253	-8,84075	-8,6485	-8,51875	-12,06	-15,27
120 cm	-9,33175	-8,761	-7,7845	-9,0535	-12,36	-14,725

3.5 Nilai *threshold* dengan memperhatikan kondisi dan jarak

Pengukuran sample data yang digunakan untuk data referensi dilakukan 4 kali terhadap objek lalu di rata -rata kan guna mencari nilai pasti atau nilai yang presisi karena data referensi ini menjadi acuan dalam penentuan *threshold*.

Tabel 1. Nilai *Threshold* dengan memperhatikan kondisi dan jarak

Jarak	Threshold (dBm)		
	Maks	Tengah	Min
90 cm	-7,29225	-10,512375	-13,7325
100 cm	-7,3826	-10,5238	-13,665
120 cm	-8,32715	-10,934825	-13,5425

4. Hasil dan analisis Sistem

4.1 Pengujian Sistem

Pada proses pengujian sistem ini nilai *magnitude* yang telah didapatkan akan diklasifikasikan berdasarkan nilai *threshold*.. Bagus tidaknya nilai akurasi didapatkan dari hasil pengujian.

4.2 Pengujian dengan level *threshold* pada tiap jarak dan kondisi pohon

Pengujian akan dilakukan dengan memperhatikan jarak dan kondisi pohon lalu akan dimana data uji akan dimasukkan kedalam *threshold* yang sudah ditentukan sebelumnya.

1. Tabel 4.1 Tingkat akurasi sistem pada tiap jarak dan kondisi pohon

Objek	Nilai Magnitude pada tiap jarak (dBm)		
	90 Cm	100 Cm	120 Cm
P.kayu manis 1	-7,041	-10,0685	-11,34
P.kayu manis 2	-11,4677	-11,39	-9,9487
P.kayu putih 3	-9,225	-9,218	-10,68
P.mangga 1	-9,57225	-8,6485	-10,89
P.mangga 2	-7,225	-7,505	-7,693
P.kayu putih Keropos 1	-11,487	-11,003	-11,43
P.Mangga Keropos 2	-11,902	-10,342	-14,342
Akurasi jarak	86%	71%	86%
Akurasi Total	81%		

Tabel 4.1 menunjukkan tabel data uji dimana data uji yang sudah didapatkan akan di masukan kedalam threshold nilai tengah. Threshold nilai dijadikan parameter keberhasilan dari pengukuran ini. Ketika pohon yang tidak keropos berada diatas nilai threshold maka akan dikatakan berhasil. Ketika nilai data uji pohon keropos berada dibawah threshold nilai tengah maka akan dikatakan berhasil. Nilai akurasi total digunakan hanya sebagai seberapa persen keberhasilan sistem ini.

Parameter penentuan pohon keropos atau tidaknya dilihat dari kondisi. Jika kondisi pohon secara fisik sudah rusak seperti ada lubang, banyak retakan pada bagian batang pohon, adanya jamur atau tumbuhan parasit pada batang pohon maka pohon dapat dikategorikan sebagai pohon keropos.

4.3 Analisa pengaruh pada tiap jarak dan kondisi pohon

Nilai magnitude pada jarak 90 Cm menghasilkan nilai magnitude yang palng besar dibandingkan jarak yang lain dengan rata – rata nilai magnitude -9,70285 dBm. Kondisi pohon tidak keropos memiliki nilai magnitude yang lebih besar dibandingkan dengan pohon yang keropos yaitu -8,906. Kepadatan dan besar pohon mempengaruhi pengukuran ini dimana semakin besar luas dan semakin padat suatu pohon maka akan menghasilkan nilai magnitude lebih besar karena dapat memantulkan gelombang yang dipancarkan lebih baik dibandingkan. Namun pada pengujian ini kepadatan suatu pohon lebih mempengaruhi karena jika dilihat dari hasil pengukuran pohon yang tidak keropos memiliki nilai magnitude yang lebih besar dibandingkan dengan pohon keropos

4.4 Pengaruh Jenis Pohon pada besar magnitude

2. Tabel 4.2 Data pengujian pada jenis pohon

Objek	Nilai Magnitude pada tiap jarak (dBm)		
	90 Cm	100 Cm	120 Cm
P.kayu manis 1	-7,041	-10,0685	-11,34
P.kayu manis 2	-11,4677	-11,39	-9,9487
P.kayu putih 3	-9,225	-9,218	-10,68
p.kayu manis (DR)	-5,69125	-4,253	-9,331
p.kayu manis (DR)	-8,68725	-8,84075	-8,761
P.mangga 1	-9,57225	-8,6485	-10,89
P.mangga 2	-7,225	-7,505	-7,693
p.mangga (DR)	-8,1795	-8,6485	-7,7845
p.mangga (DR)	-6,611	-8,51875	-9,0535
P.kayu putih Keropos 1	-11,487	-11,003	-11,43
p.kayu manis keropos (DR)	-12,635	-12,06	-12,36
P.mangga keropos (DR)	-14,83	-15,27	-14,725
P.mangga Keropos 2	-11,902	-10,342	-14,342

Dari hasil yang didapatkan pohon kayu putih memiliki nilai magnitude lebih besar dibandikan dengan pohon mangga pada kondisi pohon keropos sedangkan pada pohon yang tidak keropos pohon mangga memiliki nilai magnitude yang lebih besar dibandingkan pohon kayu manis. Kepadatan dan luas dari pohon sangat berpengaruh pada analisis ini. Kadar air pada pohon pun sangat berpengaruh pada analisis ini karena tiap pohon memiliki kadar air yang berbeda tergantung pada cuaca dan kondisi tanah yang mempengaruhi kadar air yang berada pada batang pohon. DR pada **Tabel 4.2** merupakan data referensi.

4.5 Pengaruh Luas Pohon Pada besar magnitude

4.3 Luas data Referensi

Pohon	Luas
Pohon kayu manis 1	508,84 cm ²
Pohon kayu manis 2	876 cm ²
pohon mangga 1	893,63 cm ²
Pohon mangga 2	521,71 cm ²
Pohon keropos kayu putih 1	962,72 cm ²
Pohon keropos mangga 2	2036,98 cm ²

Nilai magnitude pada pengaruh dari luas permukaan berpengaruh karena jika dihitung sesuai persamaan (2.2) nilai magnitude pada luas yang kecil memiliki nilai magnitude lebih kecil dibandingkan dengan nilai magnitude pada luas yang terbesar walaupun nilai tidak berbeda jauh.

5.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian Analisis Radar Cross Section pada pohon menggunakan Radar Sivers IMA RS3400X adalah :

1. pada jarak 90 Cm nilai magnitude lebih besar dibandingkan jarak 100 Cm ataupun 120 Cm dengan rata-rata -8,906 dBm pada kondisi pohon tidak keropos yang jika dibandingkan dengan kondisi pohon keropos nilai magnitude lebih kecil pohon yang keropos yang memiliki nilai magnitude -11,69 dBm pada jarak 90 Cm. pohon mangga tidak keropos memiliki rata-rata nilai magnitude yang lebih besar yaitu -7,89 dBm dibandingkan dengan pohon mangga keropos yang menghasilkan rata-rata nilai magnitude sebesar -12,19 dBm. Pada pohon kayu manis tidak keropos rata-rata nilai magnitude lebih besar yaitu -10,04 dBm dibandingkan pohon kayu manis keropos -11,30 dBm.
2. Performa Sivers IMA RS3400X dalam pengukuran terhadap Jarak ukur, kondisi pohon, dan jenis pohon berhasil mengetahui pengaruh besar refleksi gelombang dari objek pada pengukuran jarak 90 Cm, 100 Cm, dan 120 Cm dengan jarak 90 Cm sebagai jarak yang menghasilkan rata - rata nilai magnitude terbesar -9,70 dBm. kondisi pohon tidak keropos menghasilkan nilai magnitude yang lebih besar dibandingkan pohon keropos pada semua jarak dengan kondisi pohon tidak keropos dengan jarak 90 Cm sebagai jarak yang memiliki rata - rata nilai magnitude terbesar yaitu -8,906 dBm dibandingkan dengan pohon keropos -11,69 dBm.

5.2 Saran

Analisis Radar Cross Section pada pohon menggunakan radar Sivers IMA RS3400X masih dapat dikembangkan lebih jauh dengan tujuan meningkatkan performa radar. Berikut saran untuk pengembangan sistem

1. Tiang penyangga untuk radar disarankan dapat membuat radar stabil dan sebegas mungkin agar radar dapat mengukur dengan baik karena radar sangat sensitif terhadap goyangan bila penyangga tidak stabil.
2. Digunakannya 2 antenna sebagai Transmitter dan receiver agar pengukuran lebih fokus pada objek yang ingin diteliti dan menghasilkan resolusi gelombang yang lebih baik.
3. Mencari parameter lain seperti memfokuskan pada satu jenis pohon.

DAFTAR PUSTAKA :

- [1] United State Department of Agriculture, "Forest Service Study Finds Urban Trees Removing Fine Particulate Air Pollution, Saving Lives," USDA Forest Service, 2013. [Online]. Available: <https://www.nrs.fs.fed.us/news/release/urban-trees-clean-air>. [Accessed: 11-Sep-2018].
- [2] F. Service, W. C. Shortle, and K. R. Dudzik, "United States Department of Agriculture Wood Decay in Living and Dead Trees: A Pictorial Overview," 2012.
- [3] S. Kingsley and S. Quengan, *Understanding Radar System*. Scitech publishing, inc., 1999.
- [4] Gilbert, E. A., & Smiley, E. T. (2004). Picus Sonic tomography for the quantification of decay in white oak (*Quercus Alba*) and Hickory (*Carya spp.*). *Journal of Arboriculture*, 30(5), 277–280.

- [5] Gilbert, G. S., Ballesteros, J. O., Barrios-Rodriguez, C. A., Bonadies, E. F., Cedeño-Sánchez, M. L., Fossatti-Caballero, N. J., ... Hubbell, S. P. (2016). Use of Sonic Tomography to Detect and Quantify Wood Decay in Living Trees. *Applications in Plant Sciences*. <https://doi.org/10.3732/apps.1600060>
- [6] C. Tudge, *The Tree: A Natural History of What Trees Are, How They Live, and Why They Matter*. US: Broadway Books, 2007.
- [7] D. Henry *et al.*, "Remote Estimation of Intra-Parcel Grapes Quantity From Three-Dimensional Imagery Technique Using Ground-based Microwave FMCW Radar To cite this version : HAL Id : hal-01875539 Remote Estimation of Intra-Parcel Grapes Quantity From Three-Dimensional Imager," 2018.
- [8] Christopher J.Luley. (2012). Indicators of Decay in Urban Trees. *Arborist New*, 18–20
- [9] M. Jankiraman, *FMCW RADAR DESIGN*. Norwood: Artech House, 2018.
- [10] M. Ansori, S. Hadi, and M. A. Muslim, "Desain , Simulasi dan Analisis Peningkatan," vol. 9, no. 2, pp. 150–156, 2015.
- [11] Siversima.(2011).FMCW Radar Sensors. Retrieved from <http://www.siversima.com/wp-content/uploads/2011/07/FMCW-Radar-App-Notes-Advantages-and-Disadvantages.pdf>
- [12] E. F. Knott and John F. Schaeffer, *Radar Cross Section*. Boston: Scitech, 2004.
- [13] F. W. Isen, "DSP for MATLAB™ and LabVIEW™ volume II: Discrete frequency transforms," *Synth. Lect. Signal Process.*, 2008.

