

**DETEKSI RESPON FREKUENSI UMBI TROPIS
MENGGUNAKAN METODE *FAR-FIELD***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



RUSLAN AFFANDI

NIM. 125060301111033

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**DETEKSI RESPON FREKUENSI UMBI TROPIS
MENGGUNAKAN METODE FAR-FIELD**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



RUSLAN AFFANDI

NIM. 125060301111033

Skripsi ini telah disetujui oleh dosen pembimbing

Pada tanggal 19 Mei 2016

Dosen Pembimbing I

Mochammad Rif'an, S.T., M.T.
NIP. 19710301 200012 1 001

Dosen Pembimbing II

Dr-Ing. Onny Setyawati, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 19740417 200003 2 007

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan ditulis di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apalagi ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 Mei 2016

Mahasiswa,

Ruslan Affandi

NIM. 125060301111033



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

*Dipersembahkan untuk:
Bapak dan Ibu tercinta*



RINGKASAN

Ruslan Affandi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2016, *Deteksi Respon Frekuensi Umbi Tropis Menggunakan Metode Far-Field*, Dosen Pembimbing: Mochammad Rif'an, S.T., M.T. dan Dr-Ing. Onny Setyawati. S.T., M.T., M.Sc.

Pengujian deteksi respon frekuensi umbi tropis menggunakan metode *far field* telah dilakukan. Umbi tropis yang diuji pada pengukuran ini adalah porang, iles-iles, ubi cilembu, kentang dan bengkuang. Penelitian ini dilakukan untuk mencari tingkat sensitifitas umbi tropis terhadap gelombang elektromagnetik. Reflektor *horn* dirancang sebagai pemandu gelombang elektromagnetik. Ketinggian reflektor *horn* didesain sesuai dengan jarak minimum pada teori *far field* yaitu 23 cm. Rentang frekuensi pengujian yang diberikan antara 1,4–3,4 GHz. Pengujian dilakukan dengan mengubah variabel jarak antara mulut *horn* dengan bahan uji (umbi tropis) dengan perubahan jarak 4, 8, 12, dan 16 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa porang dapat dideteksi pada rentang frekuensi 1,745–1,88 GHz, sedangkan iles-iles dapat dideteksi pada rentang frekuensi 2,185–2,21 GHz. Ubi cilembu dapat dideteksi pada rentang frekuensi 2,055–2,17 GHz, sedangkan umbi bengkuang, dan kentang memiliki rentang frekuensi kerja yang hampir sama yaitu pada rentang frekuensi 1,4–2,17 GHz.

Kata kunci: *Umbi tropis, reflektor horn, rentang frekuensi, metode far field*

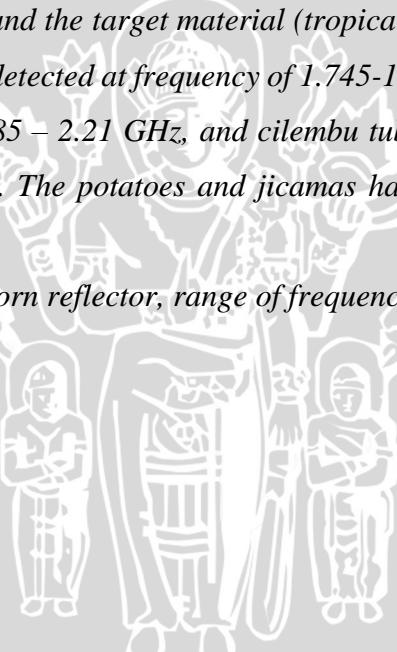


SUMMARY

Ruslan Affandi, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, April 2016, *Frequency response of tropical tubers using far field method*, Academic Supervisor: Mochammad Rif'an, S.T., M.T. and Dr-Ing. Onny Setyawati. S.T., M.T., M.Sc.

Frequency response of tropical tubers using far field method has been evaluated. The tropical tubers used as targets in this research are porang tubers, iles-iles, cilembu tubers, potatoes, and jicamas. The research was conducted to find the sentivity of tropical tubers to electromagnetic wave. Horn reflector is designed as the guide of electromagnetic wave, which has a height of 23 cm appropriate to the minimum range in the far field theory. The frequency range is given between 1.4 – 3.4 GHz. The test is performed by changing the distance between the mouth of horn and the target material (tropical tubers). The results of the test show that the porang can be detected at frequency of 1.745-1.88 GHz, while iles-iles can be detected at frequency of 2.185 – 2.21 GHz, and cilembu tubers can be detected at the frequency of 2.055 – 2.17 GHz. The potatoes and jicamas have the same frequency ranges, at 1.4-2.17 GHz.

Keys word: *tropical tubers, horn reflector, range of frequency, far field method*



PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim...

Alhamdulillahirabbil 'alaamiin, segala puji syukur hanya bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Berkat segala limpahan rahmat-Nya serta sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah Shalallahu 'Alaihi Wassalam, penulisan laporan Skripsi berjudul "Deteksi Respon Frekuensi Umbi Tropis Menggunakan Metode *Far-Filed*" dapat diselesaikan dengan baik. Tak lupa penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang membantu terselesaikannya laporan skripsi ini.

1. Mohammad Jahra dan Syamsiyah selaku orang tua penulis yang segenap hati mendukung dan mendoakan terselesainya skripsi ini secara moril dan materiil.
2. M. Aziz Muslim, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
5. Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
6. Mochammad Rif'an, S.T., M.T. dan Dr-Ing. Onny Setyawati, S.T., M.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasihat, waktu, serta biaya sehingga skripsi ini dapat terelesaikan.
7. Teman spesial, sahabat-sahabat Votron, serta teman-teman Voltage 2012 yang selalu memberikan dorongan semangat kepada penulis.
8. Seluruh pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-satu. Penulis juga menyadari bahwa laporan skripsi ini belum sempurna, untuk itu penulis mengharap kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan.

Malang, 19 Mei April 2016

Penulis



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 3
2.1 <i>Tracking Generator</i>	3
2.2 <i>Spectrum Analyzer</i>	4
2.3 Antena	5
2.3.1 Antena <i>Unidirectional</i>	6
2.3.2 Antena Mikrostrip.....	6
2.3.3 Reflektor <i>Horn</i>	7
2.4 Teori <i>Far Field</i> (Medan Jauh)	8
2.5 Umbi tropis.....	9
2.5.1 Umbi Singkong (<i>Manihot esculenta Crantz</i>)	9
2.5.2 Ubi Jalar (<i>Ipomoea batatas L.</i>)	10
2.5.3 Umbi Kentang (<i>Solanum Luberosum L.</i>)	11
2.5.4 Umbi Bengkuang (<i>Pachyrhizus erosus</i>).....	12
2.5.5 Umbi Iles-iles dan Umbi Porang	13
 BAB III METODE PENELITIAN	 15
3.1 Studi Literatur	15
3.2 Desain Reflektor <i>Horn</i>	17
3.3 Penyiapan Bahan Uji.....	19
3.4 Diagram Blok Sistem Pengukuran	19
3.5 Analisis Hasil Pengujian	21
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 23
4.1 Pengujian Umbi Bengkuang	24
4.2 Pengujian Umbi Cilembu	30

4.3 Pengujian Umbi Iles-iles	35
4.4 Pengujian Umbi Kentang	40
4.5 Pengujian Umbi Porang	45
4.6 Pengujian Umbi Singkong	53
4.7 Respon Frekuensi untuk Daya -3 dBm	59
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	64



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	<i>Tracking Generator USB-TG44A</i>	3
Gambar 2.2	<i>Spectrum Analyzer USB-SA44B</i>	4
Gambar 2.3	Antena sebagai Perangkat Transisi	5
Gambar 2.4	Antena mikrostrip	6
Gambar 2.5	Bentuk <i>Patch</i> antena mikrostrip	7
Gambar 2.6	Reflektor <i>Horn</i> Piramida dan Reflektor <i>Horn</i> Kerucut	7
Gambar 2.7	Pembagian Daerah Radiasi Antena	8
Gambar 2.8	Penentuan Jarak <i>Far Field</i>	9
Gambar 2.9	Ubi Kayu (Singkong)	10
Gambar 2.10	Ubi Jalar	11
Gambar 2.11	Ubi Kentang	11
Gambar 2.12	Ubi Bengkuang	12
Gambar 2.13	Ubi Iles-iles	13
Gambar 2.14	Ubi Porang	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	15
Gambar 3.2	Penentuan Daerah Radiasi Medan Jauh	16
Gambar 3.3	Desain reflektor <i>horn</i> pemancar	18
Gambar 3.4	Desain reflektor <i>horn</i> penerima	18
Gambar 3.5	Hasil fabrikasi reflektor <i>horn</i> pemancar dan penerima	18
Gambar 3.6	Diagram Blok Sistem Pengukuran	19
Gambar 3.7	Grafik <i>Return Loss</i> Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian.....	20
Gambar 3.8	Grafik VSWR Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian.....	20
Gambar 4.1	<i>Set-up</i> pengukuran	24
Gambar 4.2	Pengujian Bengkuang pada Jarak 4 cm dari Ujung <i>Horn</i>	24
Gambar 4.3	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	25
Gambar 4.4	Pengujian Bengkuang pada Jarak 8 cm dari Ujung <i>Horn</i>	26
Gambar 4.5	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	26
Gambar 4.6	Pengujian Bengkuang pada Jarak 12 cm dari Ujung <i>Horn</i>	27
Gambar 4.7	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	27
Gambar 4.8	Pengujian Bengkuang pada Jarak 16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	28
Gambar 4.9	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	28
Gambar 4.10	Grafik Gabungan Selisih Pengujian Bengkuang pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	29
Gambar 4.11	Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 4 cm dari Ujung <i>Horn</i>	30

Gambar 4.12	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	31
Gambar 4.13	Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 8 cm dari Ujung <i>Horn</i>	31
Gambar 4.14	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	32
Gambar 4.15	Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 12 cm dari Ujung <i>Horn</i>	32
Gambar 4.16	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	33
Gambar 4.17	Pengujian ubi cilembu pada Jarak 16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	33
Gambar 4.18	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	34
Gambar 4.19	Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Cilembu pada Jarak 4, 8, 12, dan16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	34
Gambar 4.20	Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 4 cm dari Ujung <i>Horn</i>	35
Gambar 4.21	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	36
Gambar 4.22	Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 8 cm dari Ujung <i>Horn</i>	36
Gambar 4.23	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	37
Gambar 4.24	Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 12 cm dari Ujung <i>Horn</i>	37
Gambar 4.25	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	38
Gambar 4.26	Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	38
Gambar 4.27	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	39
Gambar 4.28	Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Iles-iles pada jarak 4, 8, 12, dan16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	39
Gambar 4.29	Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 4 cm dari Ujung <i>Horn</i>	40
Gambar 4.30	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	41
Gambar 4.31	Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 8 cm dari Ujung <i>Horn</i>	41
Gambar 4.32	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	42
Gambar 4.33	Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 12 cm dari Ujung <i>Horn</i>	42
Gambar 4.34	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	43
Gambar 4.35	Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	43
Gambar 4.36	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	44
Gambar 4.37	Grafik Gabungan Selisih Sengujian Umbi Kentang pada Jarak 4, 8, 12, dan16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	44
Gambar 4.38	Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dari Ujung <i>Horn</i>	46

Gambar 4.39	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	46
Gambar 4.40	Pengujian Umbi Porang pada Jarak 8 cm dari Ujung <i>Horn</i>	47
Gambar 4.41	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	47
Gambar 4.42	Pengujian Umbi Porang pada Jarak 12 cm dari Ujung <i>Horn</i>	48
Gambar 4.43	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	48
Gambar 4.44	Pengujian Umbi Porang pada Jarak 16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	49
Gambar 4.45	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	49
Gambar 4.46	Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4, 8, 12, dan16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	50
Gambar 4.47	Perbandingan Hasil Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dari Ujung <i>Horn</i> dengan Ketebalan 1 cm dan 3 cm	51
Gambar 4.48	Perbandingan Hasil Pengujian Umbi Porang pada Jarak 12cm dari Ujung <i>Horn</i> dengan Ketebalan 1 cm dan 3 cm	51
Gambar 4.49	Grafik Gabungan Hasil Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dan 12cm dari Ujung <i>Horn</i> dengan Ketebalan 1 cm dan 3 cm	52
Gambar 4.50	Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 4 cm dari Ujung <i>Horn</i>	54
Gambar 4.51	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	54
Gambar 4.52	Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 8 cm dari Ujung <i>Horn</i>	55
Gambar 4.53	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	55
Gambar 4.54	Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 12 cm dari Ujung <i>Horn</i>	56
Gambar 4.55	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	56
Gambar 4.56	Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	57
Gambar 4.57	Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji	57
Gambar 4.58	Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 4, 8, 12, dan16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	58
Gambar 4.59	Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 4, 8, 12, dan16 cm dari Ujung <i>Horn</i>	58
Gambar 4.60	Grafik Gabungan Hasil Pengujian Semua Umbi Uji.....	59
Gambar 4.61	Penentuan Respon Frekuensi Umbi Uji.....	60



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Gambar Pengujian Umbi Bengkuang	65
Lampiran 2	Gambar Pengujian Umbi Cilembu	72
Lampiran 3	Gambar Pengujian Umbi Iles-iles	79
Lampiran 4	Gambar Pengujian Umbi Kentang	86
Lampiran 5	Gambar Pengujian Umbi Porang	93
Lampiran 6	Gambar Pengujian Umbi Singkong	102



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Umbi adalah organ tumbuhan yang mengalami perubahan ukuran dan bentuk ("pembengkakan") sebagai akibat perubahan fungsinya. Perubahan ini berakibat pula pada perubahan anatominya. Organ yang membentuk umbi terutama batang, akar, atau modifikasinya. Hanya sedikit kelompok tumbuhan yang membentuk umbi dengan melibatkan daunnya. Perubahan anatomi dan morfologi dapat dipandang sebagai konsekuensi dari modifikasi fungsi organ.

Dari sudut pandang evolusi, umbi tidak sekedar sebagai organ penyimpan cadangan energi, melainkan juga menjadi alat bertahan hidup dan menghasilkan keturunan dalam keadaan lingkungan tumbuh yang membahayakan hidupnya. Umbi biasanya menyimpan cadangan energi berlebih, seperti karbohidrat. Umbi menyimpan pati, gula, dan berbagai metabolit sekunder yang dapat bernilai gizi atau berkhasiat pengobatan bagi manusia maupun berbahaya bagi tubuh apabila dimakan. Dari beberapa jenis umbi tropis yang ada di Indonesia, ada salah satu jenis umbi tropis yang menarik untuk diteliti yaitu umbi porang (Bargumono, 2013: 3).

Tanaman porang (*Amorphopallus oncophyllus*) merupakan tumbuhan herba dan menahun, batangnya berbentuk tegak, lunak, halus berwarna hijau atau hitam belang-belang putih. Tanaman Porang adalah tanaman daerah tropis yang termasuk family iles-iles. Tanaman ini mempunyai umbi yang kandungan Glucomanan-nya cukup tinggi yang merupakan zat pengental yang kaya serat untuk suplemen makanan antikolesterol, penetrat kadar gula darah, dan penyerap racun dalam pencernaan. Tanaman porang banyak memiliki manfaat terutama untuk industri dan kesehatan, hal ini terutama karena kandungan zat glucomanan yang ada di dalamnya. Adapun manfaat umbi Porang adalah sebagai berikut: bahan lem, mie, conyaku / tahu, filem, perekat tablet, pembungkus kapsul, dan Ppnguat kertas. Hal ini membuat umbi porang mampu menembus komuditas ekspor Indonesia (Bargumono, 2013: 94).

Saat ini perangkat elektronik untuk menentukan kualitas produk pertanian mulai bermunculan, seperti alat untuk mendeteksi kematangan buah pisang (Soltani, 2011), pendekripsi hubungan kelembaban dan konstanta dielektrik pada gandum dan padi-padian (Soltani, 2013), serta pendekripsi tingkat kematangan buah dengan metode *backpropagation* (Deswari, 2008) juga telah dilakukan. Hal lain yang melatar belakangi penelitian ini adalah



hasil deteksi karakteristik umbi menjadi pra penelitian untuk GPR (*Ground Penetrating Radar*) yang mampu mendeteksi keberadaan umbi di dalam tanah.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut :

- 1) Pada rentang frekuensi berapa masing-masing umbi tropis dapat dideteksi berdasarkan gelombang elektromagnetik yang dipantulkan ?
- 2) Pada frekuensi berapa daya pantul maksimum gelombang elektromagnetik terjadi berdasarkan selisih antara nilai pengukuran *path loss* (daya hilang) dari antena ketika tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji (umbi uji) ?

1.3 BATASAN MASALAH

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan penelitian akan diberi batasan sebagai berikut:

- 1) Rentang frekuensi pengujian 1,4 GHz - 3,4 GHz.
- 2) Macam-macam umbi tropis yang diuji yaitu :

a. Porang	d. Kentang
b. Iles-iles	e. Umbi cilembu
c. Benkuang	f. Singkong

1.4 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari sensitivitas frekuensi dari masing-masing umbi tropis yang diteliti terhadap gelombang elektromagnetik atau frekuensi RF yang ditransmisikan serta nilai frekuensi pada daya maksimum yang dipantulkan.

1.5 MANFAAT

Manfaat penelitian ini adalah mengetahui tingkat sensitivitas umbi tropis yang diteliti terhadap frekuensi yang nantinya dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pembuatan GPR (*Ground Penetrating Radar*) yang mampu mendeteksi keberadaan umbi di dalam tanah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tracking Generator

Tracking generator adalah peralatan elektronik yang mampu membangkitkan dan memancarkan sinyal RF, dimana rentang frekuensinya dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Pada umumnya dalam melakukan pengukuran, *tracking generator* dipakai bersama-sama dengan *spectrum analyzer*. *Tracking generator* beroperasi dengan menyediakan keluaran sinyal sinusoida ke *input* (masukan) dari *spectrum analyzer*. Dengan menggunakan *sweep* pada *tracking generator* dan *spectrum analyzer*, maka sinyal keluaran dari *tracking generator* pada frekuensi yang sama dengan *spectrum analyzer*.

Dalam penelitian ini *tracking generator* yang digunakan adalah USB-TG44A. USB-TG44A bekerja pada rentang frekuensi 10 Hz sampai 4,4 GHz, dengan amplitudo sebesar -30 dBm sampai -10 dBm yang bekerja dengan *spectrum analyzer* USB-SA44 dan USB-SA44B. USB-TG44A didukung dari kabel USB, tidak membutuhkan catu daya eksternal, sehingga *USB-TG44A* dapat digunakan hampir di mana saja. Bentuk fisik dari *tracking generator* USB-TG44A ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Tracking Generator* USB-TG44A
Sumber : *Signal Hound* (2010:4)

Gambar 2.1 merupakan bentuk fisik dari *tracking generator* USB-TG44A. Pada panel depan dari *tracking generator* USB-TG44A memiliki resistansi dalam sebesar 50Ω SMA dan keluaran yang dihasilkan dalam DC-Couple. Dilarang menambahkan sinyal atau arus DC ke port ini. Penambahan sinyal atau arus DC lebih dari 20 dBm akan menyebabkan kerusakan pada alat. *READY / BUSY LED* merupakan lampu indikator dari *tracking generator*. Lampu hijau menggambarkan bahwa *tracking generator* siap digunakan (*ready*) sedangkan lampu oranye menandakan bahwa *tracking generator* dalam *mode running*. Pada panel belakang terdapat 3 konektor yaitu konektor 10 MHz Ref Out, konektor USB 2.0, dan konektor TG sync. Konektor 10MHz Ref Out digunakan untuk mode penyamplingan sinyal

10MHz/s yang dihubungkan ke masukan *spectrum analyzer*, sedangkan konektor USB 2.0 digunakan untuk dihubungkan ke PC sebagai catu daya menggunakan kabel USB yang disertakan, dan konektor TG Sync berfungsi untuk sinkronisasi frekuensi antara *tracking generator* dengan *spectrum analyzer*.

2.2 *Spectrum Analyzer*

Spectrum analyzer adalah sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur modulasi, distorsi, dan juga dapat digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan. *Spectrum analyzer* juga bisa digunakan untuk mengukur tingkat akurasi dari sinyal yang dipancarkan kearah satelit. Fungsi dari *spectrum analyzer* adalah untuk menyediakan plot atau jejak sinyal amplitudo terhadap frekuensi. Layarnya memiliki *graticule* (petak) yang biasanya memiliki sepuluh besar horizontal dan sepuluh vertikal divisi utama. Sumbu *horizontal* dikalibrasi dalam fungsi frekuensi dengan frekuensi yang lebih tinggi berada di sisi kanan layar. Sumbu vertikal dikalibrasi dalam amplitudo. Biasanya nilai 10 dB/div digunakan. Skala ini biasanya dikalibrasi dalam dBm (*decibel* relatif 1 mili watt) sehingga dimungkinkan untuk melihat tingkat daya mutlak serta membandingkan perbedaan tingkat antara dua sinyal.

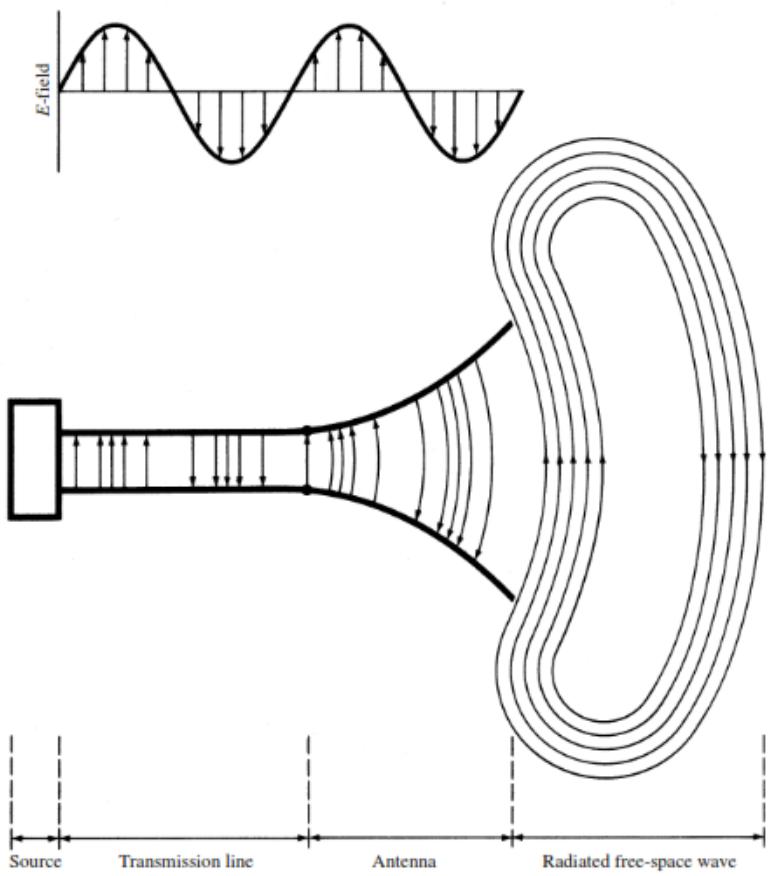
Dalam penelitian ini *spectrum analyzer* yang digunakan adalah USB-SA44B. USB-SA44B merupakan *spectrum analyzer* yang berkerja pada rentang frekuensi 1 Hz sampai 4,4 GHz untuk mengukur penerimaan sinyal dengan *preamplifier RF*. USB-SA44B didukung dari kabel USB sebagai catu dayanya, sehingga tidak membutuhkan catu daya eksternal. Bentuk fisik dari *spectrum analyzer* USB-SA44B ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Spectrum Analyzer* USB-SA44B
Sumber : Signal Hound (2010:5)

2.3 Antena

Antena merupakan suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Menurut IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), antena adalah sarana untuk memancarkan atau menerima gelombang radio, dengan kata lain antena adalah struktur transisi antara ruang bebas dan perangkat pemancar, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Saluran transmisi dapat berbentuk garis koaksial atau pipa berlubang (*wave guide*), dan digunakan untuk mengangkut energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena, atau dari antena ke penerima.



Gambar 2.3 Antena sebagai Perangkat Transisi

Sumber: Balanis (2005:2)

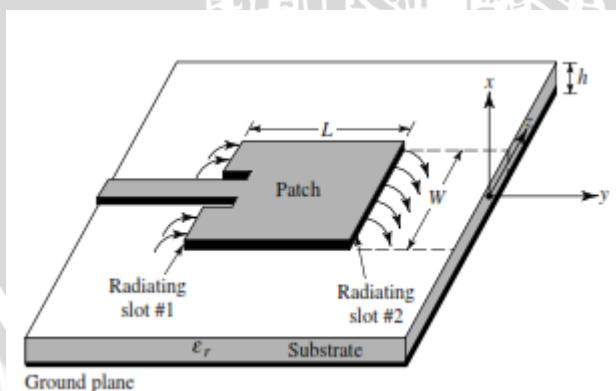
Secara umum terdapat dua jenis antena yaitu: antena *omni directional* dan antena *directional*. Antena *omni directional/non directional* memiliki kemampuan mengirim dan menangkap sinyal dari segala arah. Sedangkan antena *directional* mempunyai pola pemancaran sinyal satu arah tertentu.

2.3.1 Antena *Unidirectional*

Antena *unidirectional* memancarkan dan menerima sinyal dari satu arah. Hal ini ditunjukkan dengan bentuk pola radisinya yang terarah. Antena *unidirectional* mempunyai kemampuan direktivitas yang lebih dibandingkan jenis – jenis antena lainnya. Kemampuan direktivitas ini membuat antena ini lebih banyak digunakan untuk koneksi jarak jauh. Umumnya antena *unidirectional* mempunyai spesifikasi *gain* tinggi tetapi *bandwidth* kecil. Hal ini menguntungkan karena kecilnya *bandwidth* menyebabkan berkurangnya derau atau *noise* yang masuk ke dalam antena. Semakin kecil bidang tangkapan (*aperture*), semakin naik selektivitas antena terhadap sinyal *wireless* yang berarti semakin sedikit derau atau *noise* yang ditangkap oleh antena tersebut. Beberapa macam antena *unidirectional* antara lain antena Yagi-Uda, antena parabola, antena *helix*, antena mikrostrip, dan lain – lain (Balanis, 2005:32).

2.3.2 Antena Mikrostrip

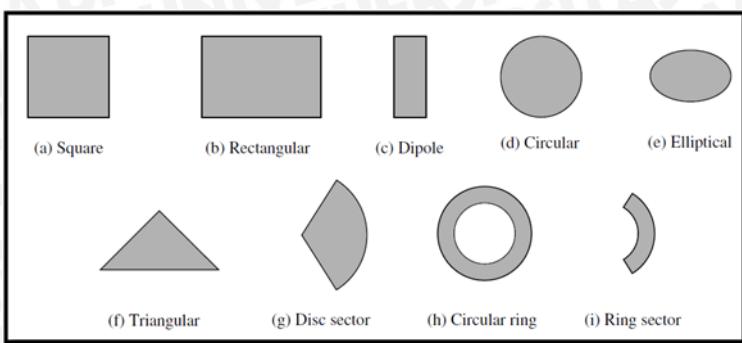
Antena Mikrostrip adalah antena yang bekerja pada frekuensi tinggi (GHz). Antena mikrostrip memiliki kelebihan seperti bobot yang ringan serta ukuran yang kecil, mampu beroperasi pada *single*, *dual* ataupun *multi band*, dan dapat menghasilkan polarisasi sirkular maupun linear. Akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki kekurangan seperti *bandwidth* yang sempit, *gain* yang kecil, dan efisiensi yang rendah. Pada antena mikrostrip, terdapat empat elemen paling sederhana yaitu *patch* sebagai elemen peradiasi, substrat dielektrik, *feed*, serta *ground* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Antena Mikrostrip
Sumber : Balanis (2005:812)

Patch merupakan elemen peradiasi pada antena mikrostrip. Berupa lembaran metal yang berada di atas substrat dielektrik. Adapun beberapa bentuk *patch* antena mikrostrip dapat dilihat dalam Gambar 2.5. Tiap bentuk *patch* memiliki karakteristik masing-masing. *Feed* atau pencatuan adalah teknik yang digunakan untuk menghubungkan antena mikrostrip

dengan saluran transmisi lainnya, umumnya yang dihubungkan adalah bagian *patch* antena mikrostrip. *Ground* merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. Berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

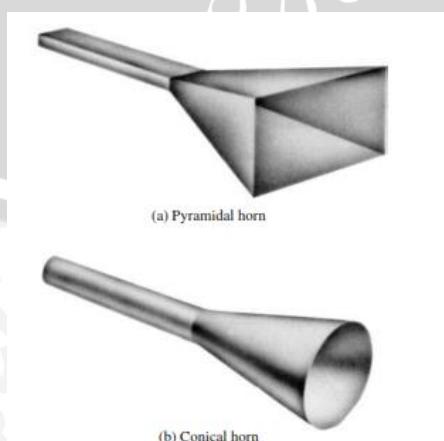


Gambar 2.5 Bentuk *Patch* Antena Mikrostrip

Sumber: Balanis (2005:813)

2.3.3 Reflektor *Horn*

Reflektor adalah sebuah alat yang dapat memantulkan cahaya, suara atau radiasi elektromagnetik. Berdasarkan bentuk luasannya, reflektor *horn* diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu reflektor *horn* berbentuk piramida dan kerucut seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Reflektor *horn* digunakan secara luas, diantaranya sebagai elemen penerima untuk radio astronomi, *tracking* satelit, serta sebagai pencatu pada reflektor antena parabola. Reflektor *horn* dapat dianggap sebagai pipa (bumbung) gelombang yang dibentangkan sehingga gelombang-gelombang didalam bumbung tersebut menyebar menurut suatu orde tertentu dan akan menghasilkan suatu distribusi medan melalui ujung *horn* sehingga dapat dianggap sebagai sumber radiasi yang menghasilkan distribusi medan melalui suatu luasan tangkap. Amplitudo dan fase medan pada bidang ujung *horn* tergantung pada jenis dan mode gelombang catu yang masuk ke *horn* melalui bumbung gelombang dan tergantung pada sifat-sifat *horn*.



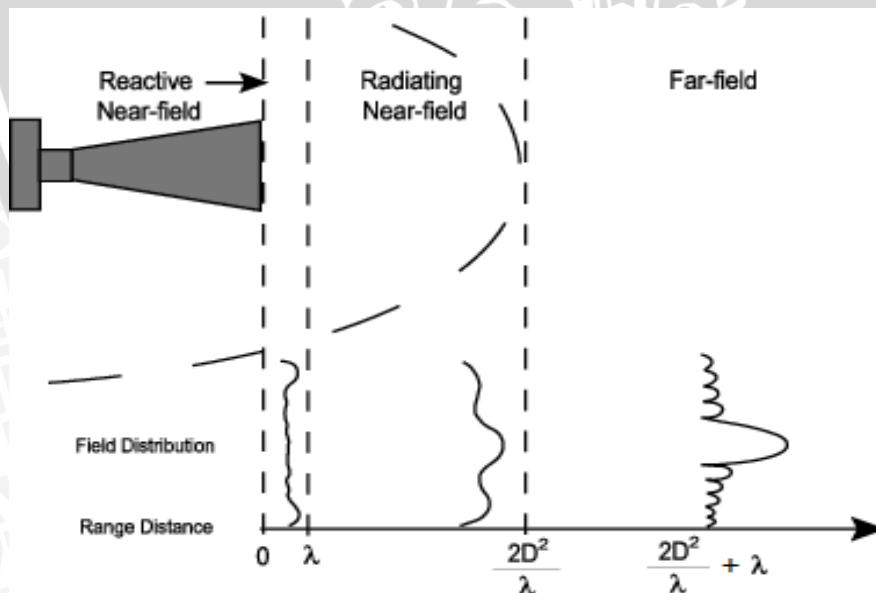
Gambar 2.6 Reflektor *Horn* Piramida dan Reflektor *Horn* Kerucut

Sumber : Balanis (2005:5)

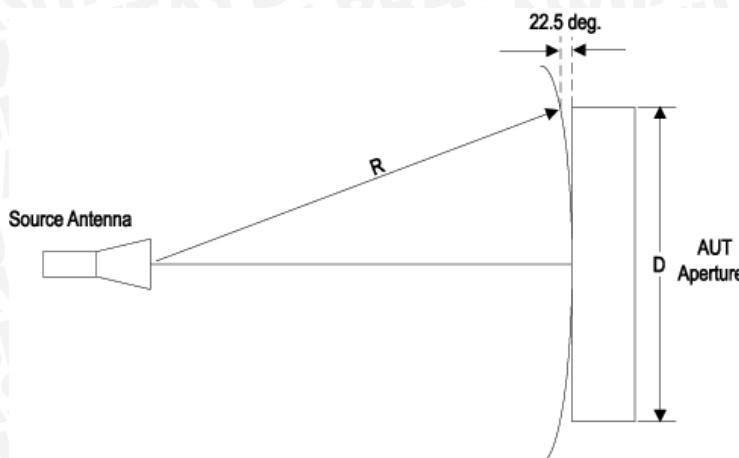
2.4 Teori *Far Field* (Medan Jauh)

Far field adalah daerah yang jauh dari sumber, dimana gerakan medium didominasi oleh perambatan gelombang. Daerah medan jauh didefinisikan sebagai daerah medan suatu antena. Daerah radiasi antena transit terbagi dalam tiga wilayah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7 yaitu daerah medan dekat reaktif, daerah radiasi, dan daerah medan jauh (*far field*). Daerah medan dekat reaktif adalah daerah terdekat dari antena yaitu sebesar $R < 1\lambda$ dari permukaan pemancar. Diwilayah reaktif, energi meluruh sangat cepat dengan jarak, diwilayah ini jarak maksimum antara pemancar dan penerima sebesar $R < 2D^2/\lambda$. Diluar daerah ini adalah daerah medan jauh (*far field*).

Daerah radiasi medan jauh memiliki rentang : $R > (2D^2/\lambda) + \lambda$ dari permukaan antena, di mana nilai D ialah *aperture* (celahan) dari suatu antena dan nilai λ ialah suatu panjang gelombang antena tersebut yang diukur dari frekuensi kerjanya. Pada daerah radiasi medan jauh distribusi medan sudah tidak dipengaruhi oleh jarak terhadap antena. Oleh karena itu pengukuran antena selama ini dilakukan pada daerah medan jauh. Dengan kata lain, patokan jarak sebenarnya harus diukur dari batas terluar medan dekat reaktif dari antena. Kriteria umum digunakan dalam menentukan jarak pemisah minimum fase lancip sebesar $<22.5^\circ$ yang diukur dari pusat ke tepi AUT (*Antenna under test*) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Pembagian Daerah Radiasi Antena
Sumber : Balanis (2005:35)



Gambar 2.8 Penentuan Jarak *Far Field*.

Sumber : Keysight (2008: 8)

2.5 Umbi tropis

Umbi adalah organ tumbuhan yang mengalami perubahan ukuran dan bentuk ("pembengkakan") sebagai akibat perubahan fungsinya. Perubahan ini berakibat pula pada perubahan anatominya. Organ yang membentuk umbi terutama batang, akar, atau modifikasinya. Hanya sedikit kelompok tumbuhan yang membentuk umbi dengan melibatkan daunnya. Umbi biasanya terbentuk tepat di bawah permukaan tanah, meskipun dapat pula terbentuk jauh di dalam maupun di atas permukaan.

Perubahan anatomi dan morfologi dapat dipandang sebagai konsekuensi dari modifikasi fungsi organ. Dari sudut pandang evolusi, umbi tidak sekedar sebagai organ penyimpan cadangan energi, melainkan juga menjadi alat sintasan bertahan hidup dan menghasilkan keturunan dalam keadaan lingkungan tumbuh yang membahayakan hidupnya. Karena itu, umbi biasanya menyimpan cadangan energi berlebih, umumnya dalam bentuk senyawa berenergi tinggi, seperti karbohidrat. Dengan demikian, peran vital umbi adalah sebagai organ penyimpan energi, alat sintasan (*survival*), dan alat perbanyakan secara vegetative (Bargumono, 2013: 3).

2.5.1 Umbi Singkong (*Manihot esculenta Crantz*)

Ketela pohon merupakan tanaman pangan berupa umbi akar dengan nama lain umbi kayu atau singkong seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9. Ketela pohon berasal dari benua Amerika, tepatnya dari negara Brazil. Di Indonesia, singkong dari Brasil diperkenalkan oleh orang Portugis pada abad ke-16. Selanjutnya singkong ditanam secara komersial di wilayah Indonesia sekitar tahun 1810. Kini, saat sejarah tersebut terabaikan, singkong menjadi bahan makanan yang merakyat dan tersebar di seluruh pelosok Indonesia.



Gambar 2.9 Umbi Kayu (Singkong)

Sumber: Bargumono (2013:9)

Penyebarannya hampir ke seluruh dunia, antara lain: Afrika, Madagaskar, India, Tiongkok. Di Indonesia singkong, atau umbi kayu, bodin, sampai mempunyai arti ekonomi penting dibandingkan dengan umbi-umbi lainnya. Jenis ini kaya akan karbohidrat dan merupakan makanan pokok di daerah tandus di Indonesia. Selain umbinya, daunnya mengandung banyak protein yang dipergunakan berbagai macam sayur, dan daun yang telah dikayukan digunakan sebagai pakan ternak. Batangnya digunakan sebagai kayu bakar dan seringkali dijadikan pagar hidup. Produk olahan dari bahan singkong dapat ditemukan di beberapa tempat berikut ini : Malang, Kebumen, DI Yogyakarta, Kebumen, dan Temanggung.

2.5.2 Umbi Jalar (*Ipomoea batatas L.*)

Umbi jalar, umbi cilembu atau ketela rambat atau “sweet potato” diduga berasal dari Benua Amerika. Para ahli botani dan pertanian memperkirakan daerah asal tanaman umbi jalar adalah Selandia Baru, Polinesia, dan Amerika bagian tengah. Nikolai Ivanovich Vavilov, seorang ahli botani Soviet, memastikan sentrum primer asal tanaman umbi jalar adalah Amerika Tengah. umbi jalar mulai menyebar ke seluruh dunia, terutama negara-negara beriklim tropika pada abad ke-16. Orang-orang Spanyol menyebarkan umbi jalar ke kawasan Asia, terutama Filipina, Jepang, dan Indonesia. Bentuk fisik umbi jalar ditunjukkan dalam Gambar 2.10.

Dari berbagai jenis umbi-umbian yang ditemukan dalam perjalanan ini tampaknya umbi jalar merupakan jenis yang paling umum dibudidayakan dan diolah menjadi berbagai macam produk olahan. Beberapa daerah pembudidayaan dan pengolahan yang cukup besar, antara lain di Kabupaten Malang. Umbi jalar banyak dimanfaatkan sebagai olahan makan seperti es krim, campuran selai buah, berbagai macam kue kering, kripik, tepung, kubus

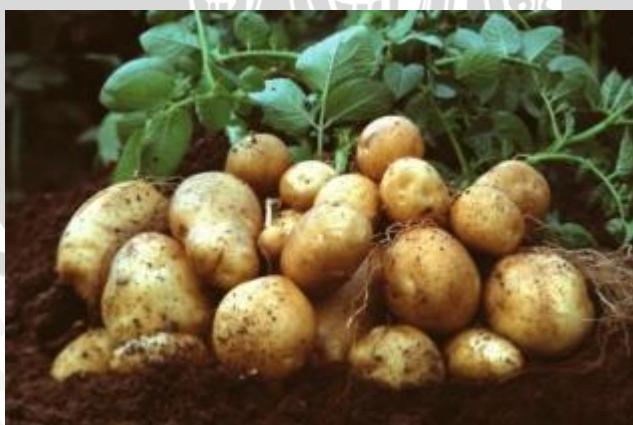
instan untuk bahan kolak dan sawut umbi jalar. Vitamin E dalam umbi termasuk tinggi, sehingga dapat menangkis ancaman kanker dan menjaga jantung tetap sehat. Karena umbi berisi karbohidrat kompleks yang tinggi, sehingga baik untuk membantu mengontrol berat badan.



Gambar 2.10 Umbi Jalar
Sumber: Bargumono (2013:34)

2.5.3 Umbi Kentang (*Solanum Luberousum L.*)

Umbi kentang adalah tanaman dari suku *Solanaceae* yang memiliki umbi batang yang dapat dimakan dan disebut "kentang" pula seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.11. Umbi kentang sekarang telah menjadi salah satu makanan pokok penting di Eropa walaupun pada awalnya didatangkan dari Amerika Selatan. Tanaman kentang asalnya dari Amerika Selatan dan telah dibudidayakan oleh penduduk di sana sejak ribuan tahun silam. Tanaman ini merupakan herba (tanaman pendek tidak berkayu) semusim dan menyukai iklim yang sejuk.



Gambar 2.11 Umbi Kentang
Sumber: Bargumono (2013:56)

Kentang juga merupakan tumbuhan dikotil dengan sifat semusim dan memiliki bentuk semak alias herba. Batangnya yang ada di atas permukaan tanah memiliki warna

antara lain hijau, kemerahan, ataupun ungu tua. Namun demikian, warna dari batang ini juga dapat dipengaruhi oleh usia dari tanaman itu sendiri dan juga keadaan dari lingkungannya. Pada tingkat kesuburan tanah yang lebih baik ataupun lebih kering, pada umumnya warna dari batang tumbuhan yang lebih tua akan jauh lebih mencolok warnanya, alias berwarna yang terang bukan warna gelap. Di bagian bawah dari batang itu bisa berkayu. Sementara itu untuk batang tanaman yang masih muda tak berkayu sehingga tak terlalu kuat untuk menopang tumbuhan itu sendiri dan mudah roboh.

Di Indonesia sendiri, kentang masih dianggap sebagai sayuran yang mewah, namun demikian kentang adalah makanan yang enak serta sangat bernutrisi. Selain itu, kentang juga mengandung banyak vitamin C, asam folat, mineral, protein, karbohidrat, dan polifenol. Dalam tubuh kentang ini juga terdapat zat solanin yang dikenal sebagai obat penenang, anti kejang, anti jamur, dan pestisida. Kompresan air kentang ini dikenal sangat membantu pengobatan luka pada kulit.

2.5.4 Umbi Bengkuang (*Pachyrhizus erosus*)

Bengkuang dalam suku polong-polongan atau *Fabaceae*. Di tempat asalnya, tumbuhan ini dikenal sebagai *xicama* atau *jicama*. **Bengkuang** memiliki khasiat sebagai obat. Kegunaan bengkuang antara lain untuk mengatasi penyakit kulit, demam, eksim, dan wasir. **Bengkuang** mulanya berasal dari Amerika tropis, kemudian menyebar ke seluruh daerah tropis lainnya. Tanaman ini masuk ke Indonesia dari Manila melalui Ambon pada abad ke-17. Sejak itu, **bengkuang** dibudidayakan di seluruh negeri. Bengkuang merupakan tanaman merambat yang dibudidayakan terutama untuk mengambil umbinya. Umbi akarnya berwarna putih, berbentuk gasing, kulitnya mudah dikupas seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.12. Perbanyak tanaman dilakukan dengan stek batang, umbi, maupun biji. **Bengkuang** banyak dibudidayakan di Jawa dan Madura.



Gambar 2.12 Umbi Bengkuang
Sumber: Bargumono (2013:74)

2.5.5 Umbi Iles-iles dan Umbi Porang

Amorphophallus (keluarga iles-iles) merupakan tanaman liar yang salah satu jenisnya lebih dikenal sebagai bunga bangkai (*corpse flowers*) yaitu *Amorphophallus titanum*. Suweg, iles-iles dan porang yang tergolong ke dalam suku talas-talasan oleh beberapa kalangan industry makanan dan suplemen kesehatan mulai dilirik sebagai bahan baku karena kandungan gizinya. Kelebihan lain dari tanaman tersebut adalah kemapunannya hidup di bawah naungan. Dengan sifat tumbuh yang jarang dimiliki tanaman budidaya lainnya, maka sebagai lahan penanamannya dapat memanfaatkan lahan di bawah tegakan hutan. Bentuk fisik umbi ile-iles ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Umbi Iles-iles
Sumber: Bargumono (2013:92)

Di negara lain seperti Jepang, umbi *Amorphophallus* yang telah dimanfaatkan antara lain *A. oncophyllus*, *A. rivieri*, *A. bulbifer* dan *A. konjac* yang dikenal sebagai *elephant foot yam*, *sweet yam*, *konjac plant*. Di Indonesia jenis-jenis tanaman tersebut dikenal dengan nama daerah suweg, porang, walur, dan iles-iles yang morfologinya sangat mirip satu dengan lainnya. Kelebihan umbi suweg adalah kandungan serat pangan, protein dan karbohidratnya yang cukup tinggi dengan kadar lemak yang rendah. Nilai Indeks Glikemik (IG) tepung umbi suweg tergolong rendah yaitu 42 sehingga dapat menekan kadar gula darah, dapat digunakan untuk terapi penderita diabetes mellitus.

Umbi porang (*A. oncophyllus*) Memiliki ukuran yang sangat besar, tebalnya dapat mencapai 25 cm, memiliki kandungan glukomanan cukup tinggi seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.14. Glukomannan adalah polisakarida yang tersusun atas glukosa dan manosa. Di kawasan Asia Tenggara jenis *Amorphophallus* penghasil glukomanan yang dikenal dengan *konjac plant* terdiri dari beberapa jenis yaitu *A. rivieri*, *A. bulbifer*, *A. konjac*.

Umbi porang mengandung kristal kalsium oksalat yang jika dimakan mentah akan membuat mulut, lidah dan kerongkongan terasa tertusuk-tusuk. Untuk menghilangkannya, umbi porang dapat dimasak atau dengan mengeringkannya. Bagi orang-orang yang memiliki kecenderungan rematik, arthritis, *gout*, dan batu ginjal harus menghindari makanan ini.



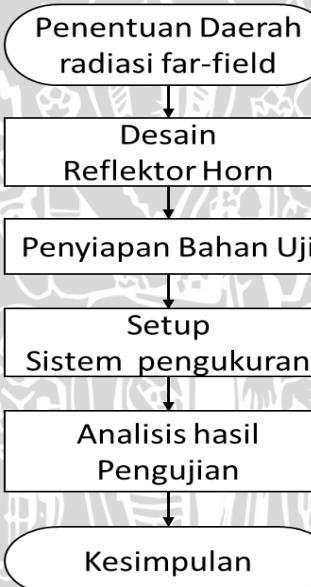
Gambar 2.14 Umbi Porang
Sumber: Bargumono (2013: 94)

Umbi Porang memiliki banyak manfaat terutama dalam industri obat dan suplemen makanan, hal ini terutama karena sifat kimia tepung porang sebagai pengental (*thickening agent*), *gelling agent* dan pengikat air. Glukomannan saat ini dijadikan suplemen pangan yang dikonsumsi penderita diabetes, tekanan darah tinggi, kolesterol tinggi, sembelit, dan penurun berat badan. Di Jepang umbi diolah dengan cara dimasak dan dilumatkan untuk mendapatkan pati, kemudian dipadatkan menggunakan air kapur menjadi gel yang disebut ‘Konnyaku’, maupun olahan berbentuk lempengan *nata de coco*, dan shirataki (seperti mi). Kedua penganagan tersebut merupakan menu utama yang disebut *shabu-shabu*. Shirataki dan konyaku dapat dikombinasikan dengan hidangan laut, daging, atau sayuran. Karena kemampuannya membersihkan saluran pencernaan tanpa bersifat laksatif, memiliki kandungan air tinggi serta rendah kalori. Manfaat lain porang adalah sebagai lem, film, penguat kertas, pembungkus kapsul, perekat tablet (Bargumono, 2013: 95).

BAB III

METODE PENELITIAN

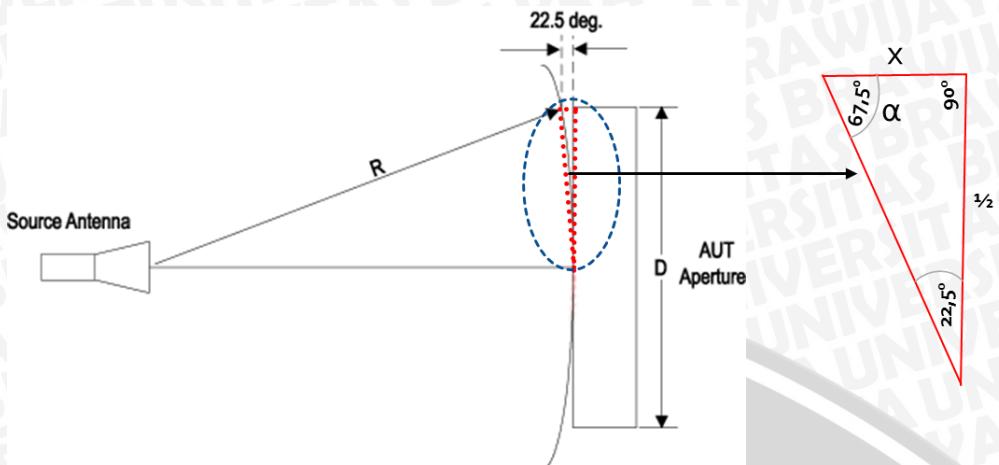
Salah satu langkah awal dalam perealisasian dan penyelesaian skripsi ini adalah dengan mempelajari studi literatur yang diperlukan. Salah satu studi literatur yang dipelajari adalah mengenai teori *far field* atau penentuan daerah radiasi *far field*. *Far field* adalah daerah yang jauh dari sumber, dimana gerakan medium didominasi oleh perambatan gelombang sumber. Adapun langkah-langkah lain yang perlu dilakukan untuk merealisasikan penelitian adalah desain reflektor *horn*, penyiapan bahan uji berupa umbi tropis, *Set-up* sistem pengukuran, dan analisis hasil pengujian. Berikut merupakan diagram alir atau langkah-langkah dalam merealisasikan penelitian yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Penentuan Daerah Radiasi *Far Filed*

Pertimbangan utama dalam metode *far field* adalah penentuan jarak pemisah minimum dari antena ke bahan uji. Daerah radiasi medan jauh memiliki rentang: $R > (2D^2/\lambda) + \lambda$ dari permukaan antena, di mana nilai D ialah *aperture* (luasan tangkap) dari suatu antena dan nilai λ ialah suatu panjang gelombang antena tersebut yang diukur dari frekuensi kerjanya. Penentuan daerah radiasi medan jauh di tunjukkan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Penentuan Daerah Radiasi Medan Jauh

Besarnya *aperture* antena dapat dicari dengan menggunakan persamaan trigonometri. Dari Gambar 3.2, diketahui besarnya sudut lancip segitiga sebesar $22,5^\circ$ dan sudut siku-siku sebesar 90° . Berdasarkan kedua sudut yang diketahui, dapat dicari besarnya *aperture* antena dengan menggunakan persamaan (3-1). Dari persamaan tersebut didapatkan besarnya *aperture* antena sebesar 4,8 cm. Berikut adalah perhitungan nilai *aperture* antena berdasarkan Gambar 3.2.

$$\begin{aligned}\alpha &= 180^\circ - (90^\circ + 22,5^\circ) \\ \tan \alpha &= \tan(180^\circ - (90^\circ + 22,5^\circ)) \\ \tan \alpha &= \tan 67,5^\circ \\ \tan \alpha &= 2,4 = \frac{2,4 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = \frac{\frac{1}{2}D}{x} \\ \frac{1}{2}D &= 2,4 \text{ cm} \\ D &= 4,8 \text{ cm}\end{aligned}\tag{3-1}$$

Besarnya panjang gelombang dan daerah radiasi *far field* dipengaruhi oleh besarnya frekuensi yang digunakan. Dalam penelitian ini frekuensi yang digunakan berkisar antara 1,4 GHz sampai 3,4 GHz, sehingga besarnya panjang gelombang dan daerah radiasi *far field* yang dihasilkan berbeda pada frekuensi terendah (1,4 GHz) dan pada frekuensi tertinggi (3,4GHz). berikut adalah perhitungan besar panjang gelombang dan daerah radiasi *far field* pada frekuensi 1,4 GHz dan pada frekuensi 3,4 GHz.

Frekuensi = 1,4 GHz

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,4 \times 10^9 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 21,4 \text{ cm}$$

$$R > \frac{2 \times 4,8^2}{21,4} + 21,4 \text{ cm}$$

$$R > 23,5 \text{ cm}$$

Frekuensi = 3,4 GHz

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3,4 \times 10^9 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 8,8 \text{ cm}$$

$$R > \frac{2 \times 4,8^2}{8,8} + 8,8 \text{ cm}$$

$$R > 12,04 \text{ cm}$$

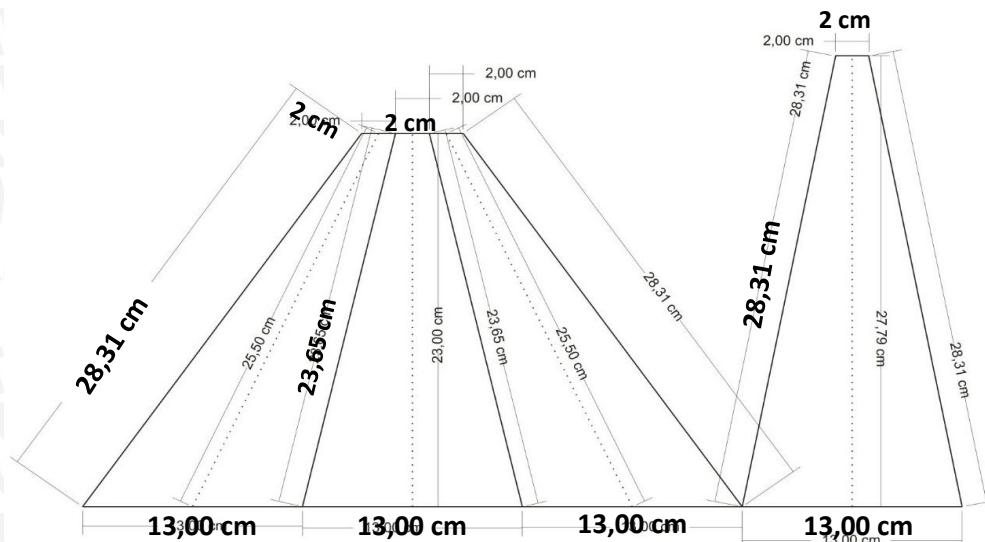
Berdasarkan hasil perhitungan, daerah radiasi *far field* pada frekuensi terendah (1,4GHz) didapat jarak minimum daerah radiasi *far field* sebesar 23,5 cm, sedangkan pada frekuensi teringgi (3,4 GHz) didapat jarak minimum daerah radiasi *far field* sebesar 12,04cm. Hasil perhitungan ini dijadikan dasar dalam penentuan ketinggian reflektor *horn*.

3.2 Desain Reflektor *Horn*

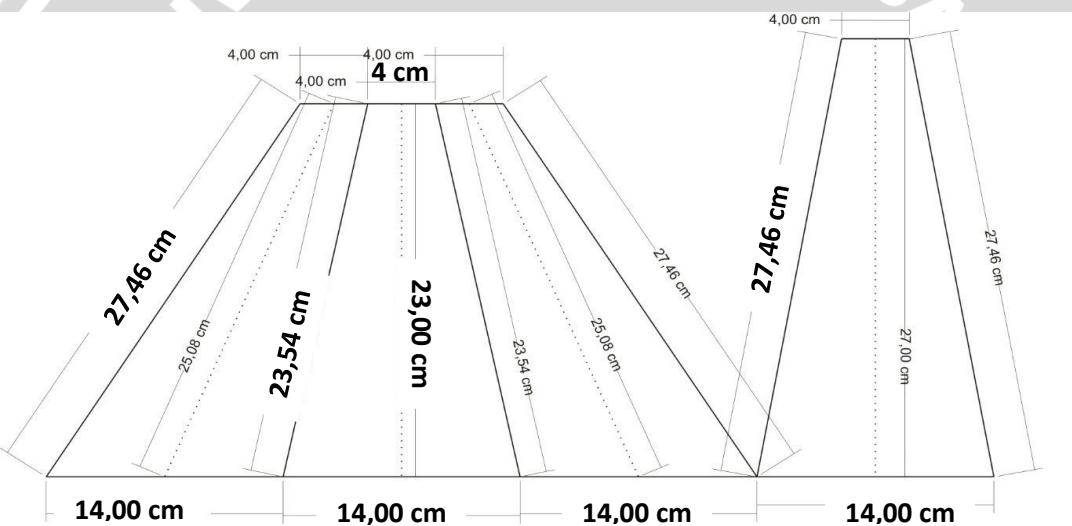
Reflektor adalah sebuah alat yang dapat memantulkan cahaya, suara atau radiasi elektromagnetik. Reflektor *horn* dapat dianggap sebagai pipa (bunga) gelombang yang dibentangkan sehingga gelombang-gelombang didalam bunganya tersebut menyebar menurut suatu orde tertentu dan akan menghasilkan suatu distribusi medan melalui mulut *horn* sehingga dapat dianggap sebagai sumber radiasi yang menghasilkan distribusi medan melalui suatu luasan tangkap.

Reflektor *horn* dirancang sebagai pemandu sinyal RF (*Radio Frequency*) yang dipancarkan oleh antena pemancar. Amplitudo dan fase medan pada bidang mulut *horn* tergantung pada jenis dan mode gelombang catu yang masuk ke dalam *horn*. Pertimbangan dalam perancangan reflektor *horn* didasarkan atas perhitungan daerah radiasi medan jauh. Reflektor *horn* dirancang dengan ketinggian 23 cm sesuai dengan jarak minimum daerah radiasi *far field*. Desain reflektor *horn* pemancar dan penerima ditunjukkan dalam Gambar 3.3 dan Gambar 3.4, sedangkan hasil fabrikasi reflektor *horn* pemancar dan penerima ditunjukkan dalam Gambar 3.5.





Gambar 3.3 Desain Reflektor Horn Pemancar



Gambar 3.4 Desain Reflektor Horn Penerima



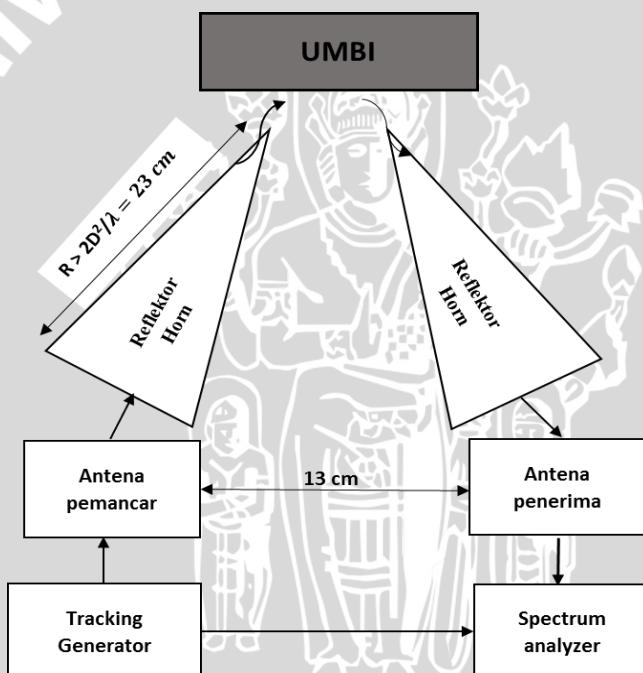
Gambar 3.5 Hasil Fabrikasi Reflektor horn Pemancar dan Penerima

3.3 Penyiapan Bahan Uji

Pada penelitian ini dipilih enam macam umbi tropis yaitu porang, iles-iles, bengkuang, kentang, umbi cilembu, dan singkong. Penentuan atau penetapan bahan uji yang dipilih diputuskan setelah melakukan studi literatur dari berbagai sumber yang dapat diakses, dengan mempertimbangkan ketersediaan dipasaran.

3.4 Diagram Blok Sistem Pengukuran

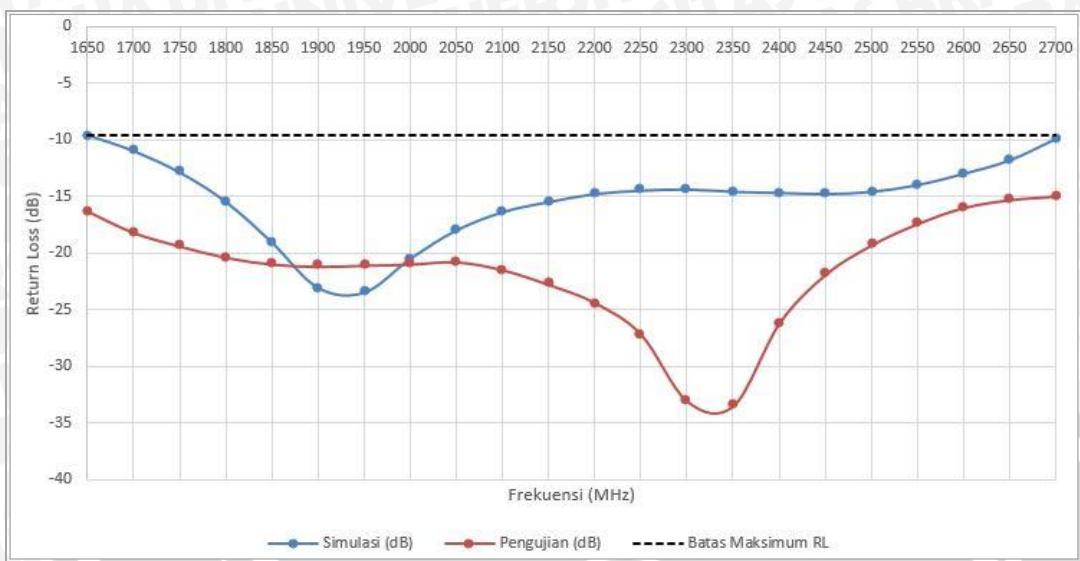
Gambar 3.6 merupakan diagram blok sistem pengukuran. Pada diagram blok sistem pengukuran ini, peralatan yang digunakan antara lain : *Tracking generator* (USB-TG44A 10Hz to 4.4GHz), antena pemancar dan penerima mikrostrip, *spectrum analyzer* (USB-SA44B 1Hz to 4.4 GHz), dan reflektor horn.



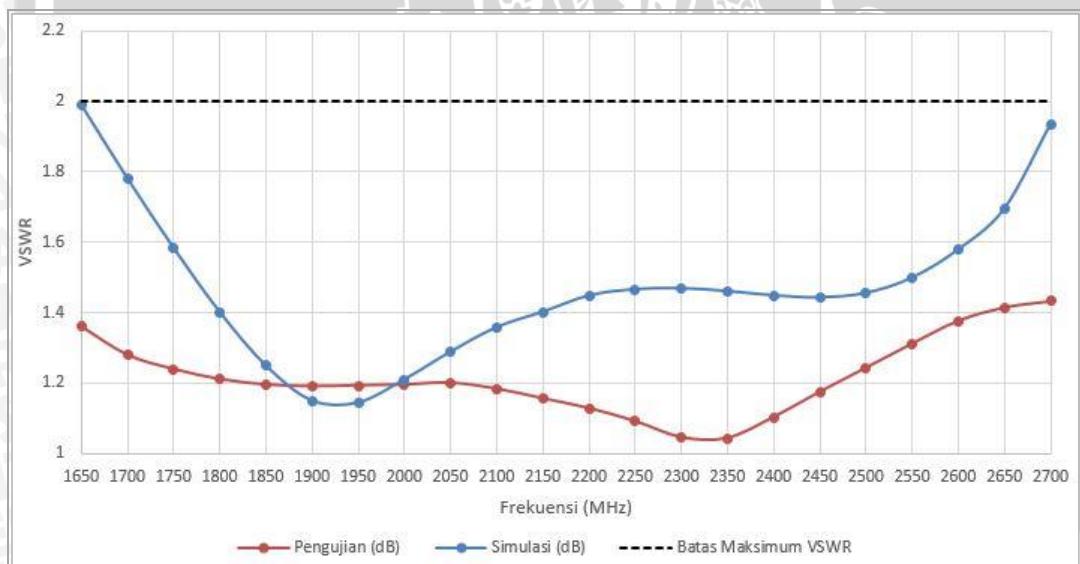
Gambar 3.6 Diagram Blok Sistem Pengukuran

Rangkaian *tracking generator* USB-TG44A dibuat untuk membangkitkan dan memancarkan sinyal dengan rentang frekuensi 1,4 GHz – 3,4 GHz yang nantinya akan disalurkan ke antena pemancar. Dalam penelitian ini, Antena yang digunakan merupakan Antena mikrostrip patch UFO, Antena hasil skripsi Irfan Mujahidin 2015. Berdasarkan hasil pengukuran, antena mikrostrip *patch UFO* memiliki *bandwidth* total sebesar 1050 MHz yaitu pada rentang frekuensi 1650-2700 MHz. Lebar *bandwidth* dapat ditentukan dengan dua cara yaitu pengukuran *return loss* di bawah -10 dB dan VSWR (*Standing Wave and*

Voltage Standing Wave Ratio) dibawah 2 dB yang ditunjukkan dalam Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.7 Grafik *Return Loss* Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian
Sumber: Mujahidin (2015:69)



Gambar 3.8 Grafik VSWR Antena Uji Hasil Simulasi dan Pengujian
Sumber: Mujahidin (2015:70)

Antena pemancar dimasukkan dalam reflektor *horn* agar sinyal yang dipancarkan dapat disalurkan dalam satu orde, yaitu pada ujung atau mulut *horn*. Sinyal pancaran Antena kemudian ditembakkan ke umbi uji. Sinyal pantulan yang dihasilkan umbi uji kemudian diterima oleh Antena penerima dan disalurkan ke *spectrum analyzer* untuk dilihat respon frekuensi yang didapat. Rangkaian *Spectrum analyzer* dibuat untuk mengamati besarnya frekuensi pantulan, amplitudo (daya yang hilang) dari antena pemancar yang diterima antena

penerima. Keluaran dari *spectrum analyzer* dalam bentuk dBm, namun data hasil yang ditampilkan dalam penelitian ini dalam bentuk (mW). Penurunan rumus dari daya (dBm) ke daya (mW) ditunjukkan dalam persamaan (3-3).

$$P_{(mW)} = 10^{\left(\frac{P_{(dBm)}}{10}\right)} \quad (3-3)$$

keterangan :

$$P_{(mW)} = \text{daya (mW)}$$

$$P_{(dBm)} = \text{daya (dBm)}$$

3.5 Analisis Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan penambahan variabel jarak dari mulut reflektor *horn* ke bahan uji. Variabel penambahan jarak yang diberikan mulai dari 4, 8, 12, dan 16cm. penambahan variabel jarak ini dilakukan untuk melihat respon frekuensi dari masing-masing umbi tropis yang diuji. Data pengujian yang dijadikan data hasil merupakan nilai rata-rata dari pengambilan data sebanyak 10 kali pengukuran dalam setiap perubahan jarak, dan setiap perubahan jarak dilakukan pengukuran ulang sebanyak 3 kali pada waktu dan bahan yang berbeda. Keluaran yang akan dianalisis dalam penelitian ini berupa respon frekuensi, amplitudo atau daya yang hilang dari antena pemancar yang diterima antena penerima. Kedua variabel tersebut dicatat kemudian akan dialisis respon frekuensi dari masing-masing umbi uji.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan di lab STGM (Saluran Transmisi dan Gelombang Mikro) jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari umbi bengkuang, cilembu, iles-iles, kentang, porang, dan singkong. Umbi dipotong berdasarkan dimensi terbesar yang dimiliki atau minimal dua kali luasan mulut reflektor *horn* pemancar ($2 \times 2 \text{ cm}^2$). Hal ini dilakukan agar daerah luasan pantul yang dihasilkan umbi lebih optimal. oleh karena itu, dalam pembelian umbi dipasar kami memilih umbi yang memiliki ukuran paling besar diantara umbi sejenis yang lain.

Pengujian ini difokuskan pada respon sistem pengukuran, dimana data pengukuran diambil berdasarkan nilai pengukuran *path loss* (daya yang hilang) dari antena pemancar yang diterima oleh antena penerima. Data pertama diambil dari nilai *path loss* antena pada saat tidak ada bahan uji, dan pengujian kedua diambil nilai *path loss* antena ketika diberi bahan uji (umbi tropis). Umbi akan memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan atau dipancarkan sehingga nilai *path loss* (daya hilang) dari antena pemancar yang diterima antena penerima lebih kecil dibandingkan dengan pada saat terdapat bahan uji . Dari kedua data tersebut akan diambil nilai selisih antara nilai *path loss* ketika tanpa bahan uji dan ketika terdapat bahan uji. Pengambilan data selisih ini dilakukan untuk melihat respon frekuensi sistem pengukuran. Data pengujian yang dijadikan data hasil merupakan nilai rata-rata dari pengambilan data sebanyak 10 kali pengukuran dalam setiap perubahan jarak, dan setiap perubahan jarak dilakukan pengukuran ulang sebanyak 3 kali pada waktu dan bahan yang berbeda. Data hasil yang ditampilkan merupakan data selisih pengujian antara nilai *path loss* antena tanpa bahan uji dikurangi pada saat terdapat bahan uji.

Setiap bahan uji (umbi tropis) mendapatkan perlakuan yang sama. Pengujian dilakukan dengan mengubah variabel jarak antara mulut *horn* dengan bahan uji. Penambahan variabel jarak dimulai dari jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm, hal ini dilakukan untuk melihat respon sistem pengukuran dari setiap umbi yang nantinya akan diambil kemiripan hasil pengukuran yang didapat. Kemiripan hasil pengukuran akan dijadikan patokan sebagai frekuensi kerja (sensitivitas frekuensi) dari masing-masing umbi. *Set-up* pengukuran di tunjukkan dalam Gambar 4.1.





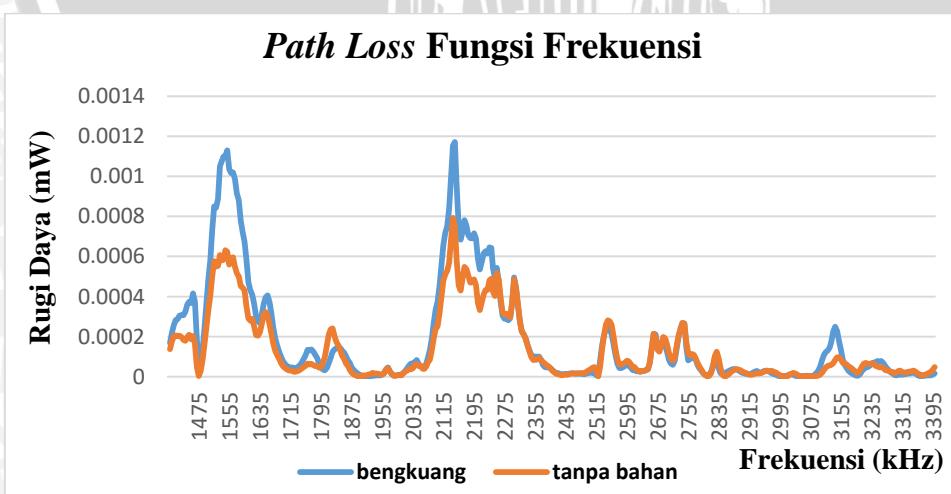
Gambar 4.1 Set-up pengukuran

4.1 Pengujian Umbi Bengkuang

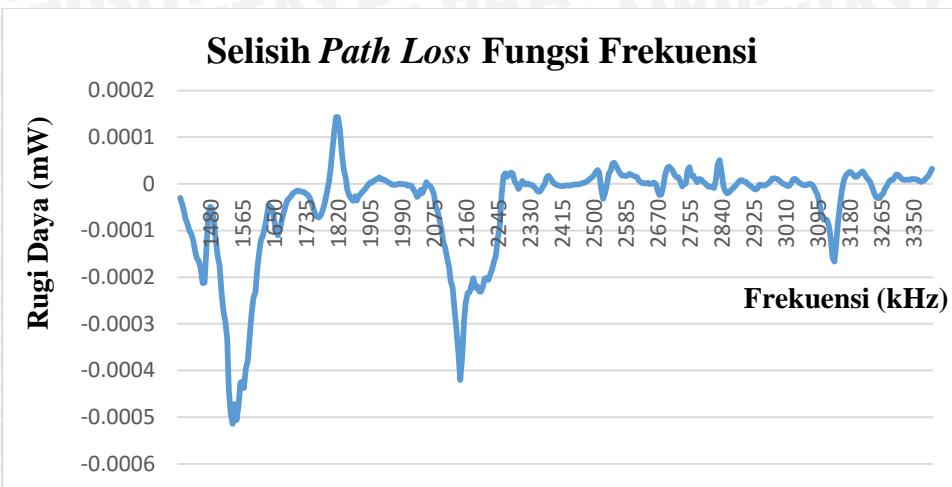
Langkah awal yang dilakukan dengan memotong umbi bengkuang berdasarkan dimensi terbesar yang dimiliki yaitu 12x10 cm dengan ketebalan 2 cm yang ditunjukkan dalam **Lampiran 1**. Grafik hasil pengujian keseluruhan umbi bengkuang pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari ujung *horn* juga ditunjukkan dalam **Lampiran 1**.

a. Jarak 4 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi bengkuang pada jarak 4 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 hasil pengujian umbi bengkuang yang pertama.



Gambar 4.2 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



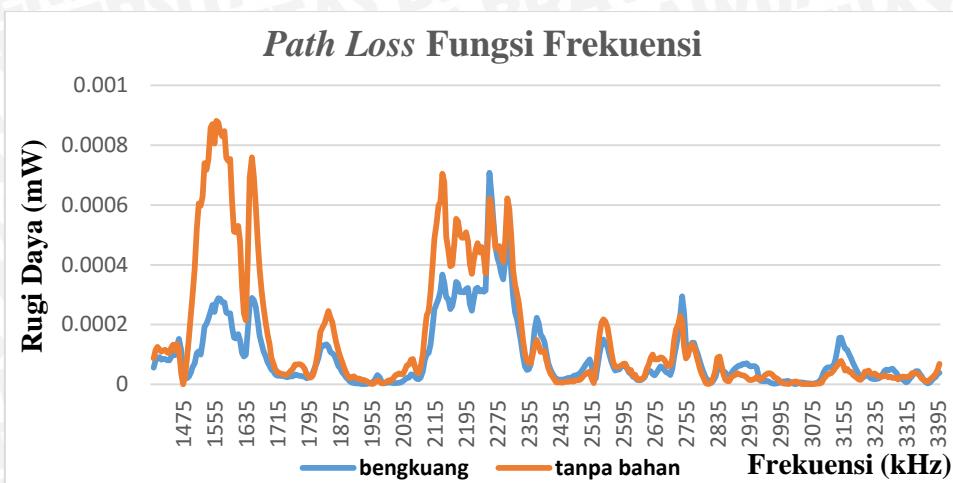
Gambar 4.3 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi ketika Tanpa Bahan Uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.2 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.3 merupakan grafik selisih respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji. Perhitungan nilai selisih dilakukan untuk melihat perubahan respon sistem pengukuran ketika tanpa bahan uji dan ketika terdapat bahan uji. Nilai positif pada fungsi daya dalam grafik selisih menandakan bahwa umbi uji memantulkan gelombang elektromagnetik atau sinyal RF yang dipancarkan, sedangkan nilai negatif menandakan bahwa umbi uji menyerap energi. Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada jarak 4cm dari ujung *horn*, umbi bengkuang pada frekuensi 1,51-1,62 GHz, dan 2,11-2,23 GHz cenderung menyerap energi. Hal ini terlihat dalam Gambar 4.3 grafik hasil selisih yang menunjukkan nilai negatif pada sumbu (y) atau daya. Namun, pada frekuensi 1.79-1,84GHz umbi bengkuang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan, hal ini juga terlihat dalam Gambar 4.3 grafik hasil selisih yang menunjukkan nilai positif pada sumbu (y).

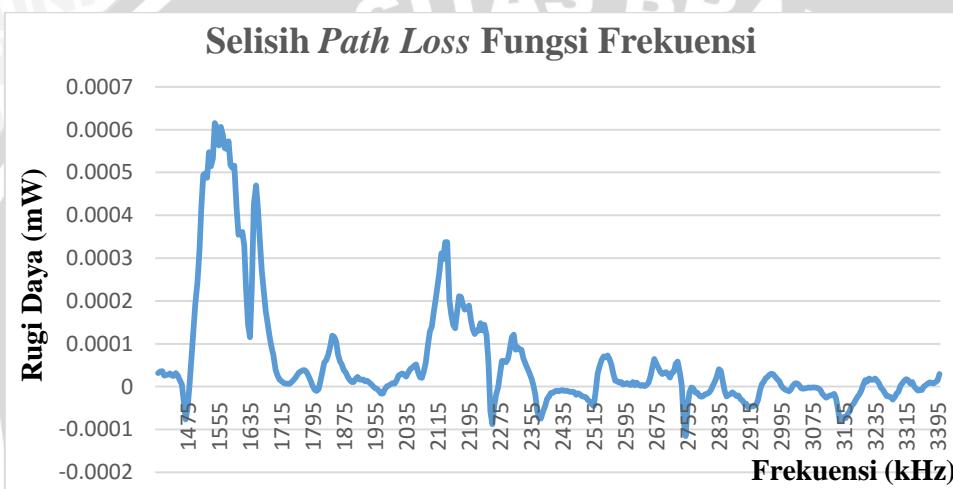
b. Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi bengkuang pada jarak 8cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 hasil pengujian umbi bengkuang yang pertama.





Gambar 4.4 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

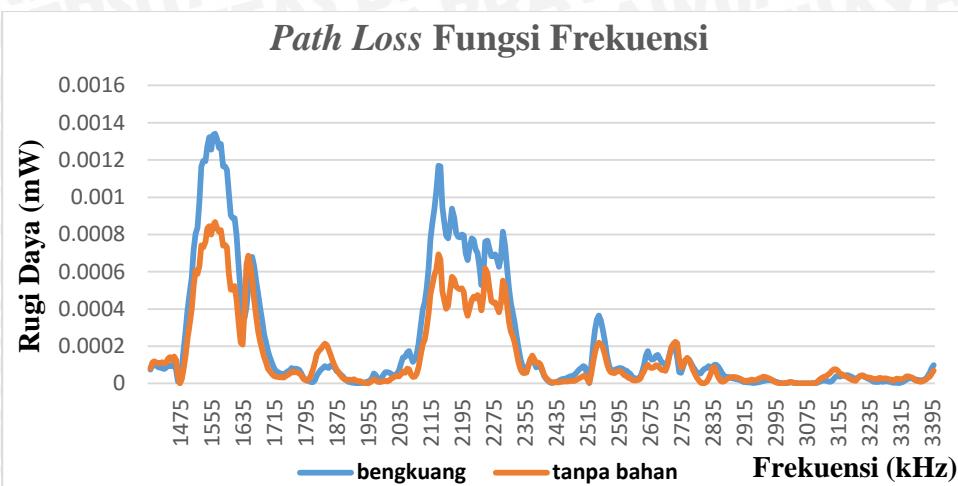


Gambar 4.5 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi ketika Tanpa Bahan Uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

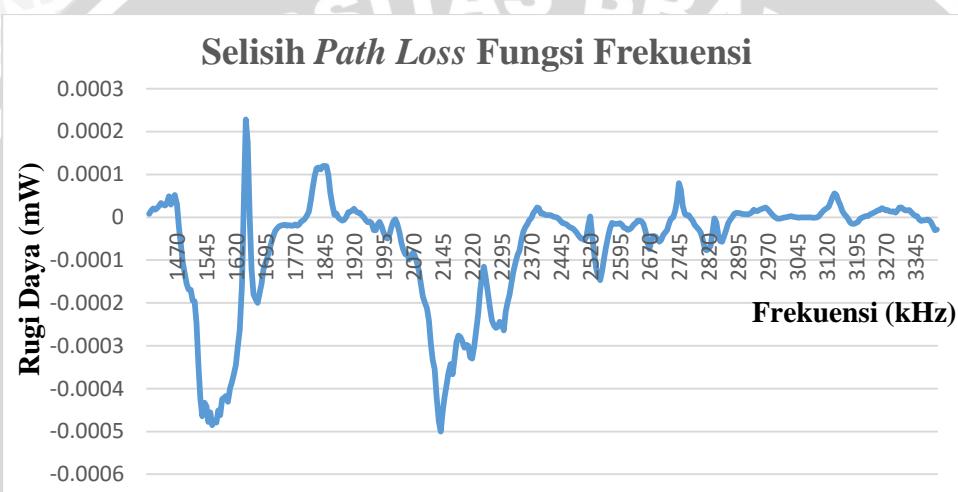
Gambar 4.4 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.5 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada jarak 8cm dari ujung *horn*, umbi bengkuang pada frekuensi 1.485-1,69 GHz, dan 2,1-2,353 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan. Hal ini terlihat pada Gambar 4.5 grafik selisih yang dihasilkan berada pada nilai positif sumbu (y).

c. Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi bengkuang pada jarak 12 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 hasil pengujian umbi bengkuang yang pertama.



Gambar 4.6 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

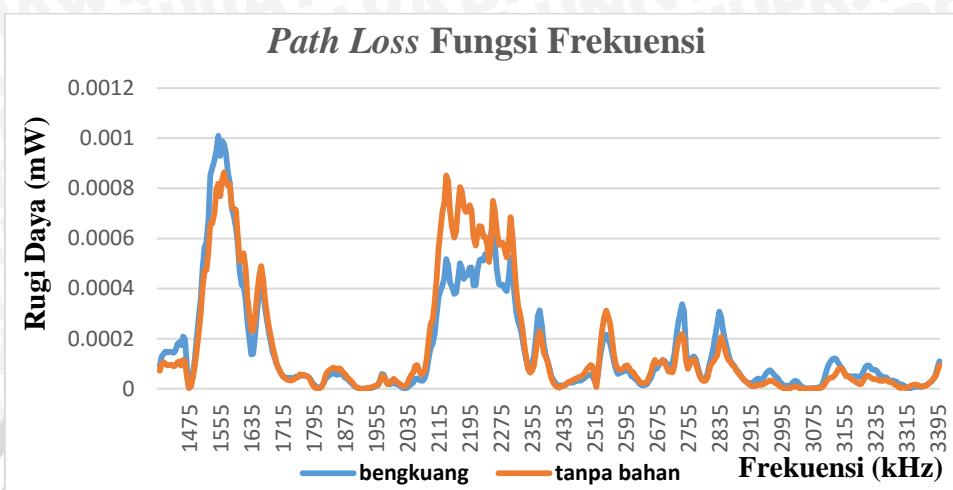


Gambar 4.7 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi ketika Tanpa Bahan Uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

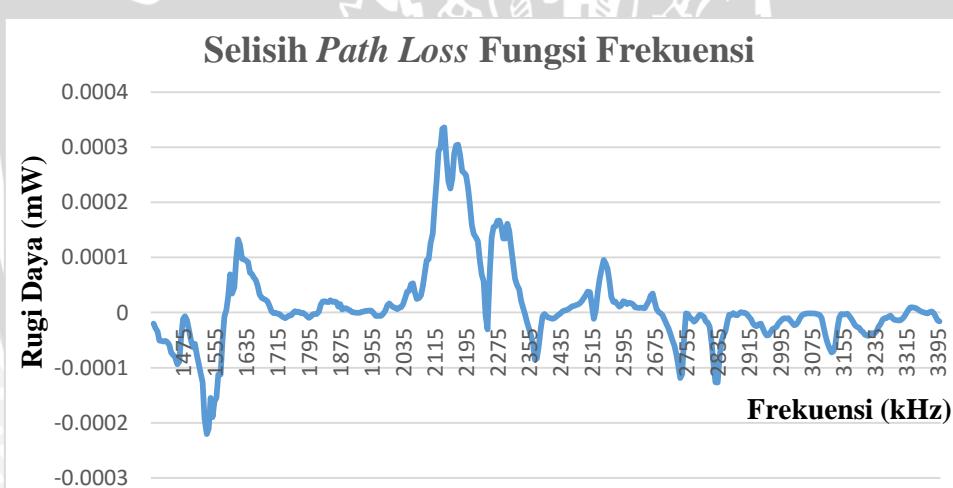
Gambar 4.6 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.7 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada jarak 12cm dari ujung *horn*, umbi bengkuang pada frekuensi 1,51- 1.63 GHz dan 2,1-2,32 GHz cenderung menyerap energi. Hal ini terlihat dalam Gambar 4.7 grafik hasil selisih yang menunjukkan nilai negatif pada sumbu (y), dan pada frekuensi 1.645 GHz dan 1,79-1,88 GHz umbi bengkuang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik, hal ini juga terlihat dalam Gambar 4.7 grafik hasil selisih yang menunjukkan nilai positif pada sumbu (y).

d. Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi bengkuang pada jarak 16 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 hasil pengujian umbi bengkuang yang pertama.



Gambar 4.8 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*



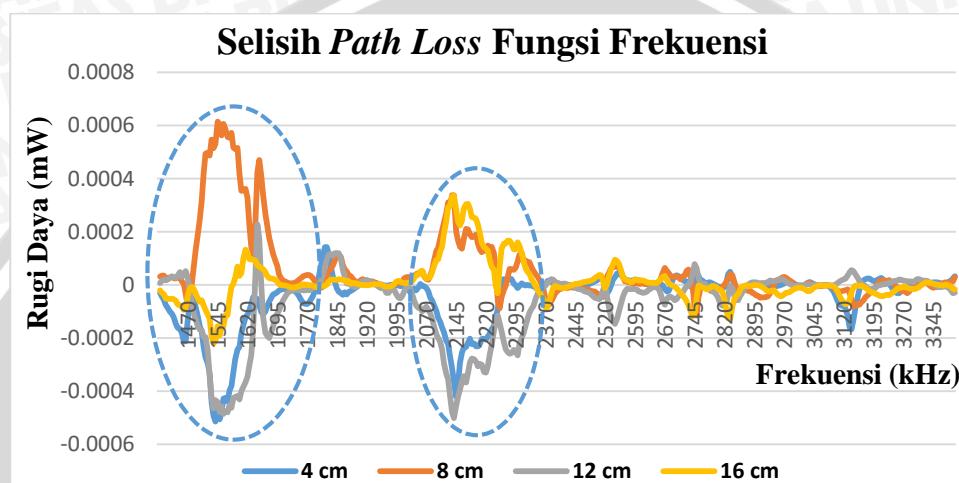
Gambar 4.9 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi ketika Tanpa Bahan Uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.8 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.9 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa pada jarak 16cm dari ujung *horn*, umbi bengkuang pada frekuensi 1,52-1,56 GHz cenderung menyerap energi, hal ini terlihat pada gambar 4.9 grafik hasil selisih yang menunjukkan nilai negatif pada sumbu (y), dan pada frekuensi 1,58-1,71 GHz, dan 2,07-2,34 GHz umbi bengkuang dapat memantulkan

gelombang elektromagnetik, hal ini juga ditunjukkan dalam Gambar 4.9 grafik hasil selisih yang menunjukkan nilai positif pada sumbu (y).

e. Grafik Gabungan Hasil Deteksi Umbi Bengkuang

Berikut adalah salah satu grafik gabungan hasil deteksi pengujian umbi bengkuang pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari mulut horn ke bahan uji pada pengujian pertama yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Gabungan Selisih Pengujian Bengkuang pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung *Horn*.

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa umbi bengkuang ($12 \times 10 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 2 cm sensitif terhadap frekuensi 1,48-1,66 GHz dan 2,07-2,34 GHz. Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan umbi bengkuang dapat dideteksi pada rentang frekuensi 1,49-1,7 GHz dan 2,08-2,245 GHz, sedangkan nilai daya maksimum atau daya pantul terbesar berada pada frekuensi 1,45GHz sebesar $0,61 \mu\text{W}$ pada jarak 8 cm dari ujung *horn*. Pengambilan rentang frekuensi kerja ini didasarkan atas kemiripan hasil pengujian dari beberapa pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian lainnya ditunjukkan dalam **Lampiran 1**. Gambar 4.10 juga menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dan 16 cm dari ujung *horn* memberikan respon yang lebih dominan dibandingkan dengan penambahan jarak yang lain.

Hasil pengujian umbi bengkuang jika dibandingkan dengan umbi yang lain, umbi bengkuang memiliki respon frekuensi yang hampir sama dengan umbi kentang yaitu pada rentang frekuensi 1,49-1,7 GHz seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.60, namun umbi bengkuang memiliki daya pantul maksimum pada frekuensi 1,45 GHz sedangkan umbi kentang memiliki daya pantul maksimum pada frekuensi yang berbeda. Pada frekuensi 2,08-



2,245 GHz respon frekuensi atau daya pantul yang terjadi sangat kecil dibandingkan pada rentang frekuensi 1,49-1,7GHz. diluar rentang frekuensi tersebut sulit untuk membedakan antara umbi bengkuang dengan umbi yang lain.

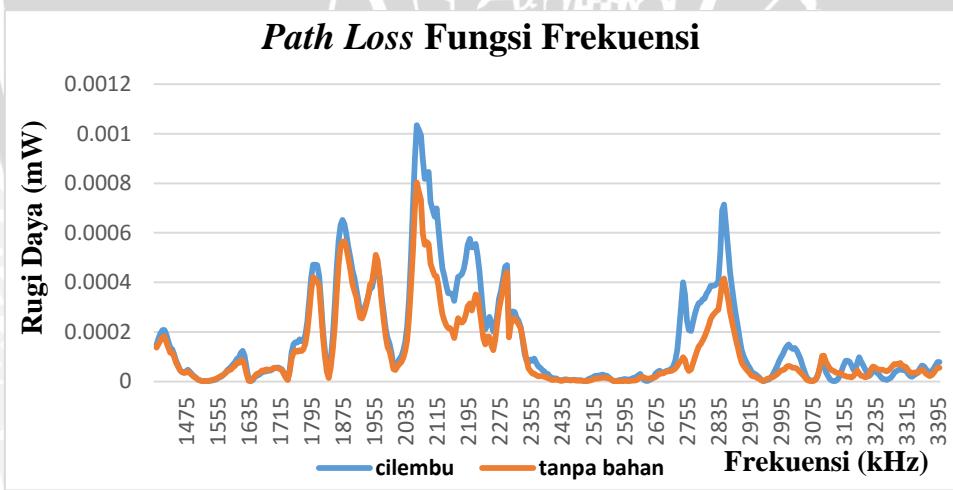
Hasil pengujian dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain dimensi dari bahan uji, kondisi permukaan umbi, kandungan air, dan interfrensi atau gangguan dari sinyal diluar antena uji. Sinyal lain yang tidak diinginkan berasal dari sinyal *wifi* maupun ponsel yang berada disekitar area pengujian.

4.2 Pengujian Umbi Cilembu

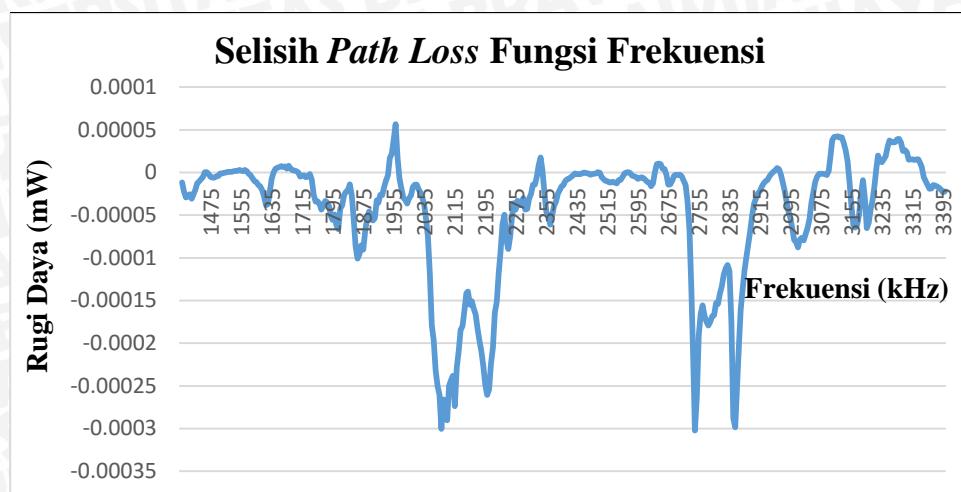
Umbi cilembu dipotong berdasarkan dimensi terbesar yang dimiliki yaitu ($10 \times 7,5\text{cm}^2$) dengan ketebalan 3 cm yang ditunjukkan dalam **Lampiran 2**. Grafik hasil pengujian umbi cilembu pada jarak 4cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari ujung *horn* juga ditunjukkan dalam **Lampiran 2**.

a. Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi Cilembu pada jarak 4cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 hasil pengujian umbi cilembu yang ke dua.



Gambar 4.11 Pengujian Umbi Cilembu pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*

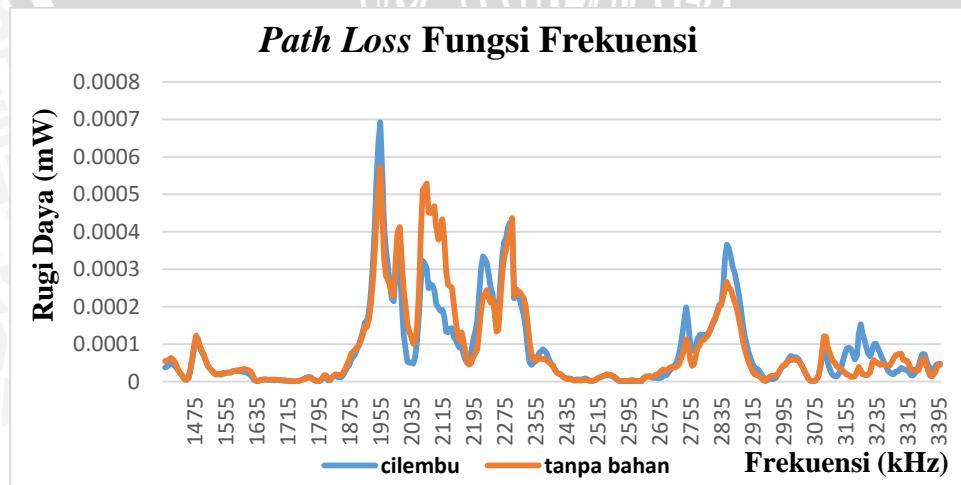


Gambar 4.12 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

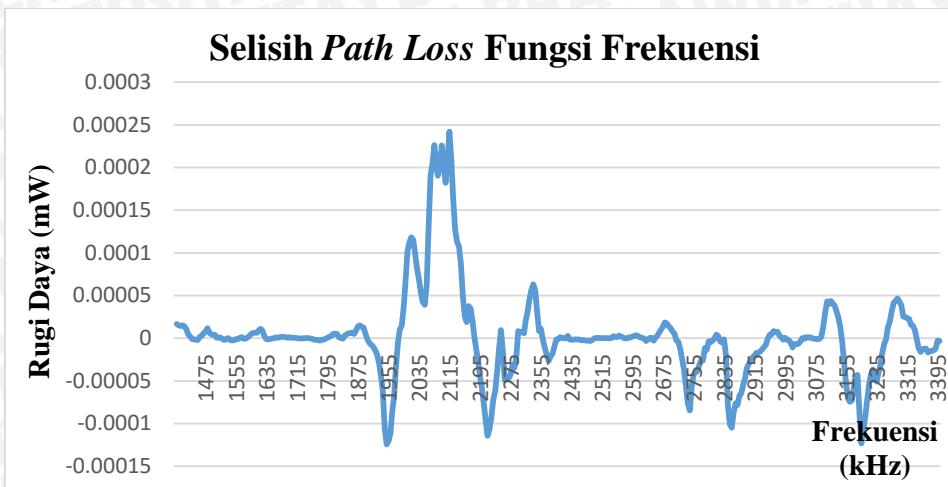
Gambar 4.11 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.12 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 menunjukkan bahwa pada jarak 4cm dari ujung *horn*, umbi cilembu pada frekuensi 2,04-2,23 GHz dan 2,73-2,88 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 1,95 GHz, 3,14 GHz, dan 3,24-3,34 GHz umbi cilembu dapat memantulkan gelombang elektromagnetik.

b. jarak 8 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi cilembu pada jarak 8 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 hasil pengujian umbi cilembu yang kedua.



Gambar 4.13 Pengujian Umbi Cilembu pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

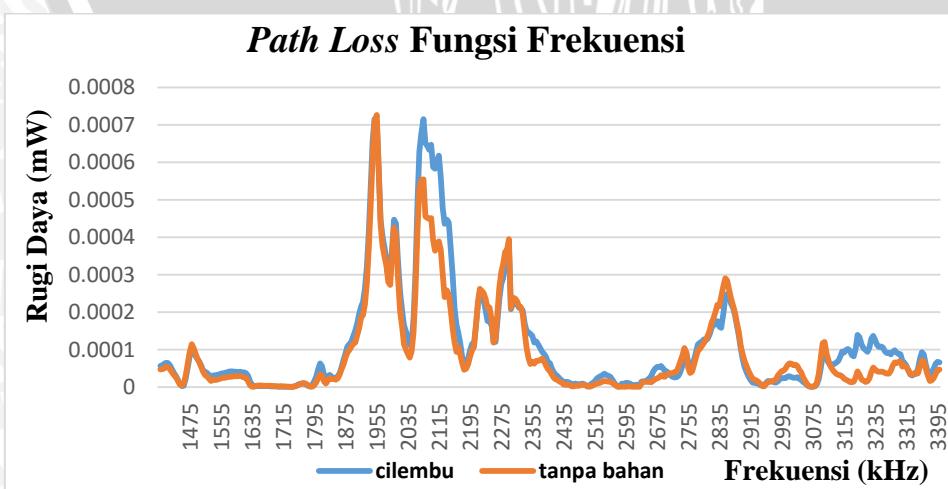


Gambar 4.14 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

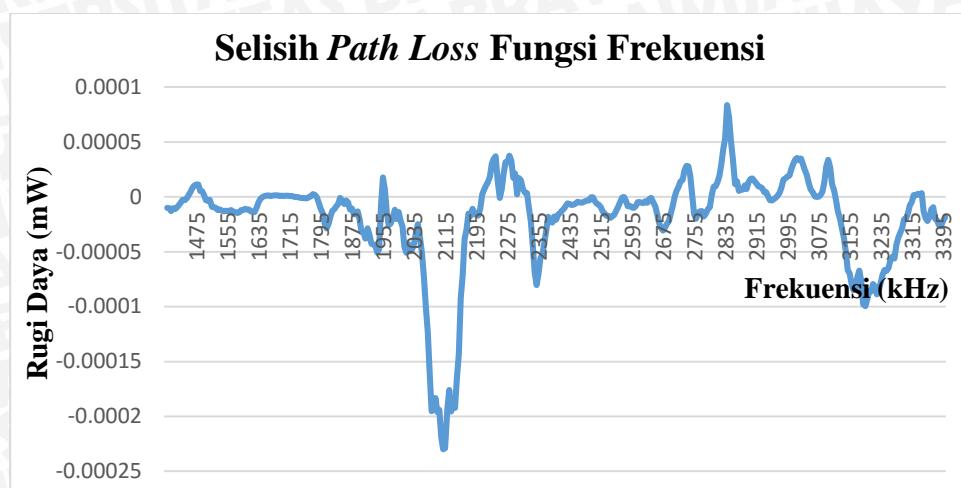
Gambar 4.13 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan ketika terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.14 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dari ujung *horn*, umbi cilembu pada frekuensi 1,955 GHz, 2,22GHz, 2,74 GHz, 2,85 GHz, dan 3,14-3,25 GHz cenderung menyerap energy, Sedangkan pada frekuensi 1,99-2,17 GHz, 2,34 GHz, 3,13 GHz, dan 3,33 GHz umbi cilembu dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

c. jarak 12 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi cilembu pada jarak 12 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 hasil pengujian umbi cilembu yang ke dua.



Gambar 4.15 Pengujian Umbi Cilembu pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

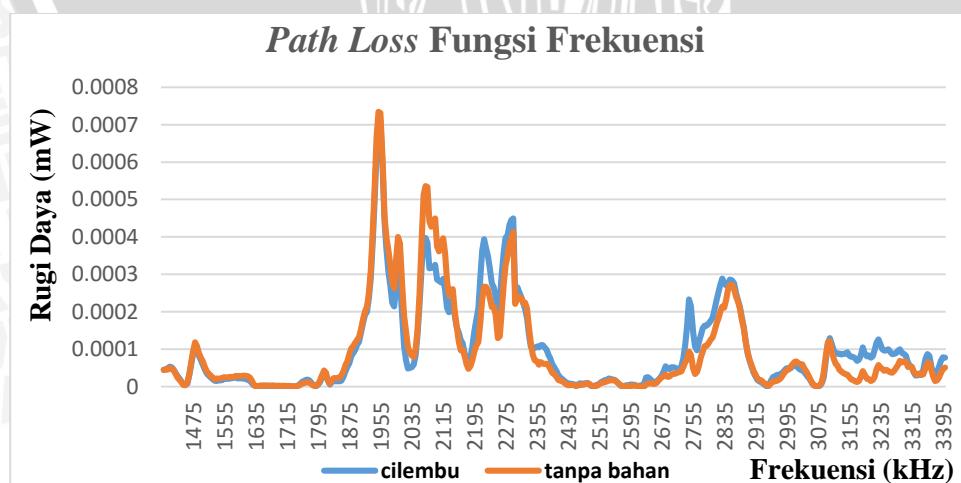


Gambar 4.16 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

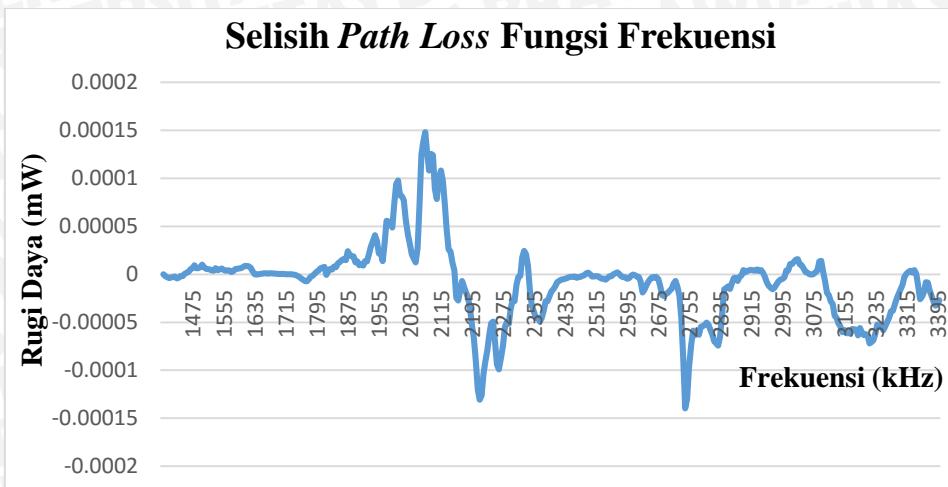
Gambar 4.15 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.16 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 menunjukkan bahwa pada jarak 12cm dari ujung *horn*, umbi cilembu pada frekuensi 2,06-2,16 GHz, dan 3,12-3,3 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 2,21-2,32GHz dan 2,8-2,86 GHz umbi cilembu dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

d. Jarak 16 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi cilembu pada jarak 16 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 hasil pengujian umbi cilembu yang ke dua.



Gambar 4.17 Pengujian Umbi cilembu pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

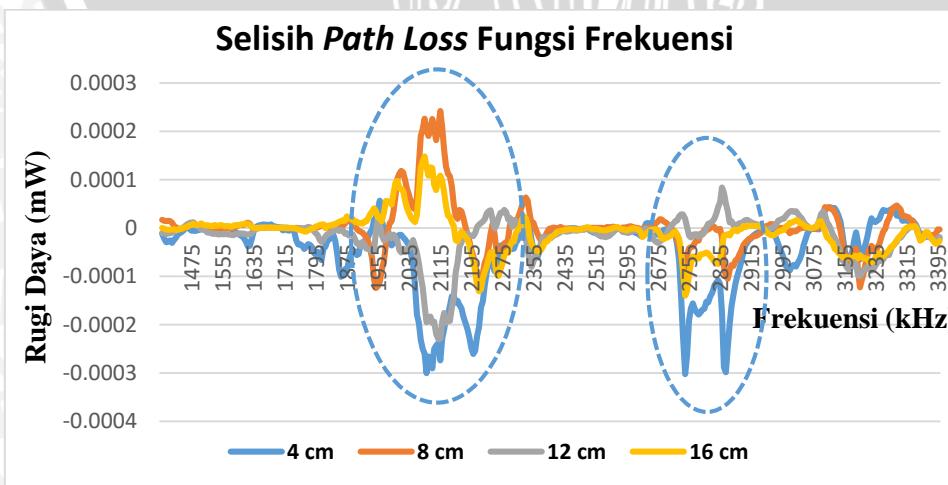


Gambar 4.18 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.17 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.18 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 menunjukkan bahwa pada jarak 16cm dari ujung *horn*, umbi cilembu pada frekuensi 1,92-2,15 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan, sedangkan pada frekuensi 2,21-2,27 GHz, 2,74-2,83 GHz, dan 3,11-3,3 GHz umbi cilembu cenderung menyerap energi.

e. Grafik Gabungan Hasil Deteksi Umbi Cilembu

Berikut adalah salah satu grafik gabungan hasil deteksi pengujian umbi cilembu pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari mulut *horn* ke bahan uji yang ditunjukkan dalam Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Cilembu pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung *Horn*.

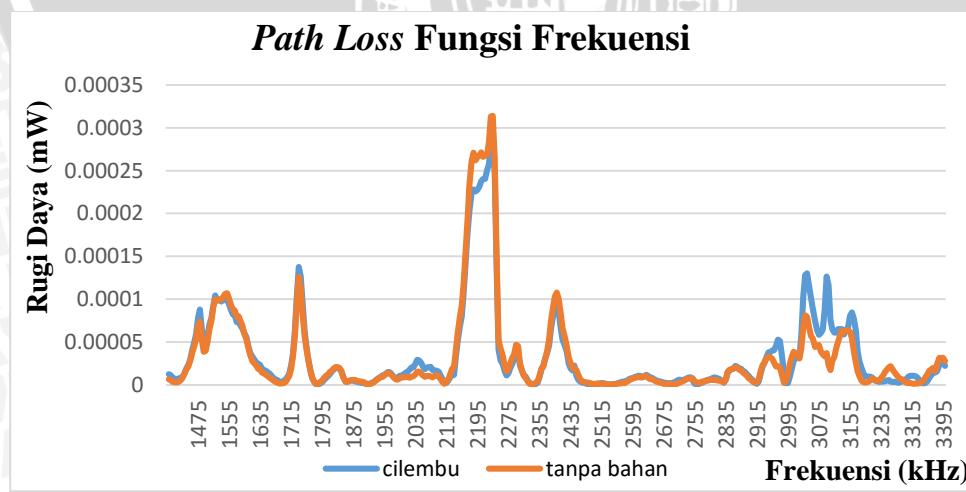
Gambar 4.19 menunjukkan bahwa umbi cilembu ($10 \times 7,5 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 3cm sensitif terhadap frekuensi 1,99-2,26 GHz dan 2,75-2,9 GHz. Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan umbi cilembu hanya dapat dideteksi pada rentang frekuensi 2,055-2,17 GHz, sedangkan nilai daya pantul maksimum berada pada frekuensi 2,115 GHz dengan nilai daya maksimum sebesar $0,24 \mu\text{W}$ pada perubahan jarak 8 cm. Pengambilan rentang frekuensi kerja ini didasarkan atas kemiripan hasil pengujian dari beberapa pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian lainnya ditunjukkan dalam **Lampiran 2**. Gambar 4.19 juga menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dan 16 cm dari ujung *horn*, memberikan respon yang lebih dominan dibandingkan dengan penambahan jarak yang lain. Hasil pengujian umbi cilembu jika dibandingkan dengan umbi yang lain, umbi cilembu memiliki respon frekuensi 2,055-2,17 GHz seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.60, diluar rentang frekuensi tersebut sulit untuk membedakan umbi cilembu dengan umbi yang lain.

4.3 Pengujian Umbi Iles-iles

Umbi iles-iles dipotong berdasarkan dimensi terbesar yang dimiliki yaitu ($9 \times 9 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 3 cm yang ditunjukkan dalam **Lampiran 3**. Grafik hasil pengujian umbi iles-iles pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari ujung *horn* lainnya juga ditunjukkan dalam **Lampiran 3**.

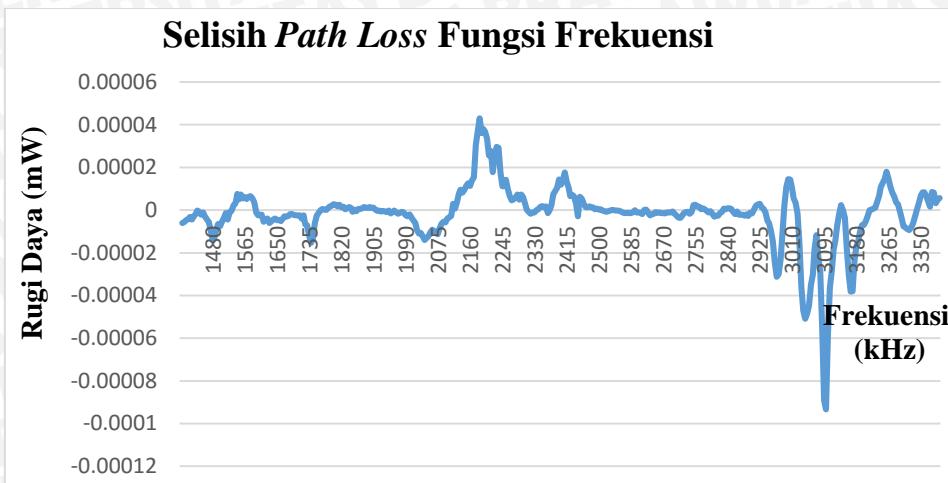
a. Jarak 4 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi iles-iles pada jarak 4cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 hasil pengujian umbi iles-iles yang ke tiga.



Gambar 4.20 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



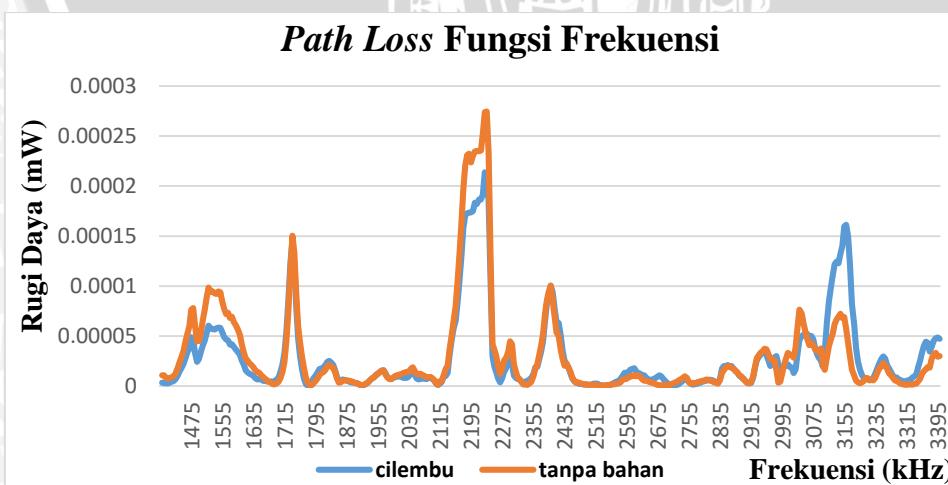


Gambar 4.21 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.20 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.21 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.20 dan Gambar 4.21 menunjukkan bahwa pada jarak 4 cm dari ujung *horn*, umbi iles-iles pada frekuensi 2,12-2,28 GHz, 2,41 GHz dan 3,27 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang di transmisikan, sedangkan pada frekuensi 2,97 GHz, dan 3,03-3,16 GHz umbi iles-iles cenderung menyerap energi.

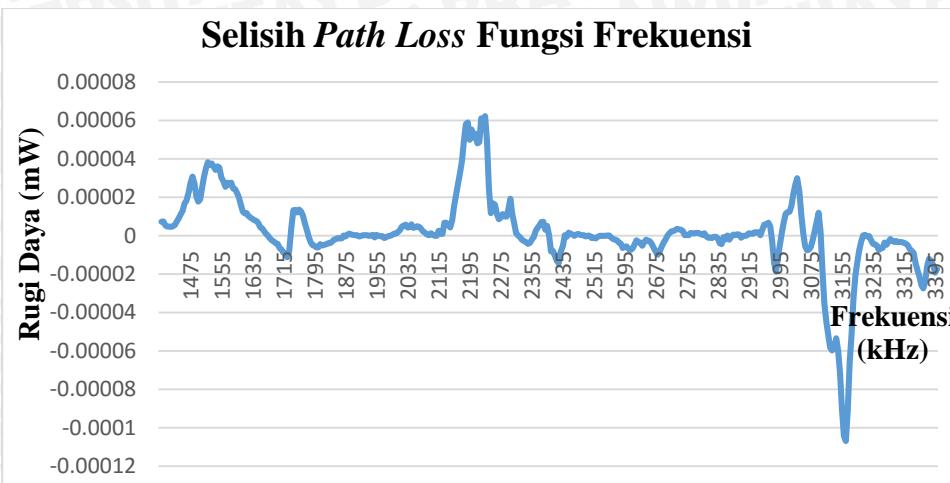
b. Jarak 8 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi iles-iles pada jarak 8 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.22 dan Gambar 4.23 hasil pengujian umbi iles-iles yang ke tiga.



Gambar 4.22 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*



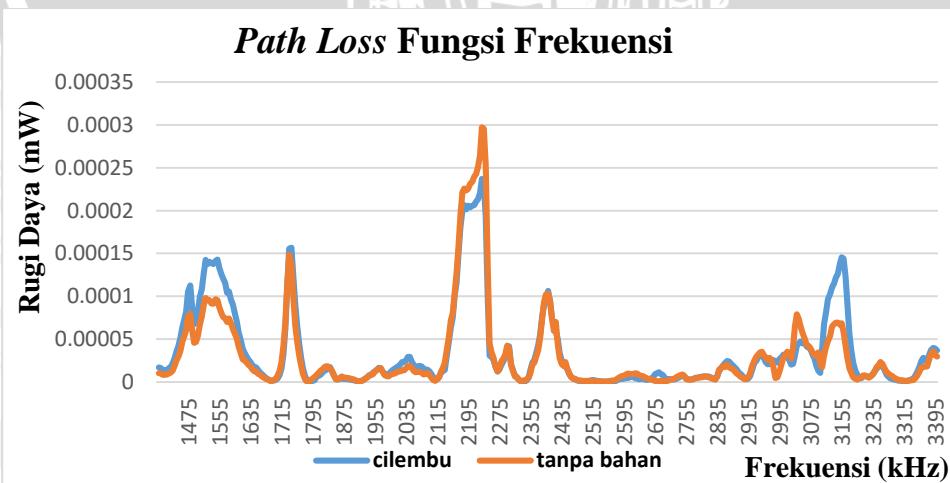


Gambar 4.23 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.22 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.23 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji . Gambar 4.22 dan Gambar 4.23 memperlihatkan bahwa pada jarak 8cm dari ujung *horn*, umbi iles-iles pada frekuensi 1,43-1,65 GHz, 2,15-2,31 GHz, dan 3,115-3,21 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan, sedangkan pada frekuensi 3,115-3,21 GHz umbi iles-iles cenderung menyerap energi.

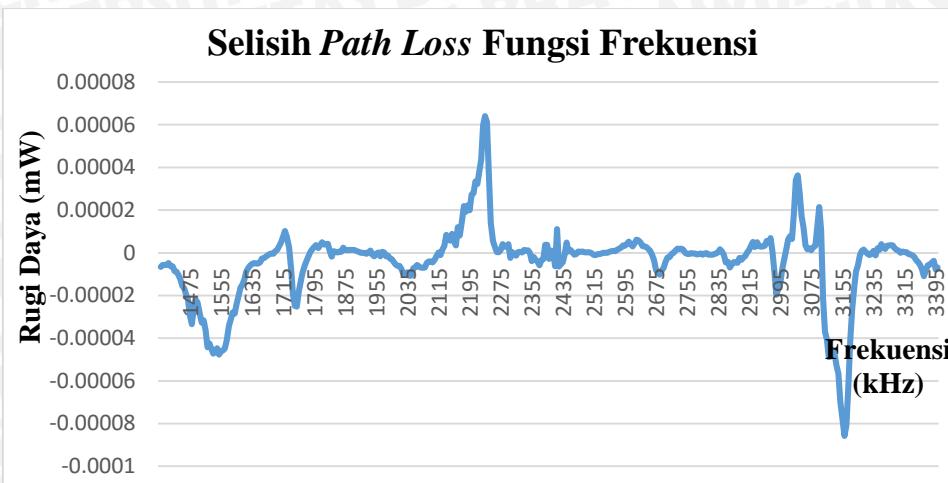
c. Jarak 12 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi iles-iles pada jarak 12 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 hasil pengujian umbi iles-iles yang ke tiga.



Gambar 4.24 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



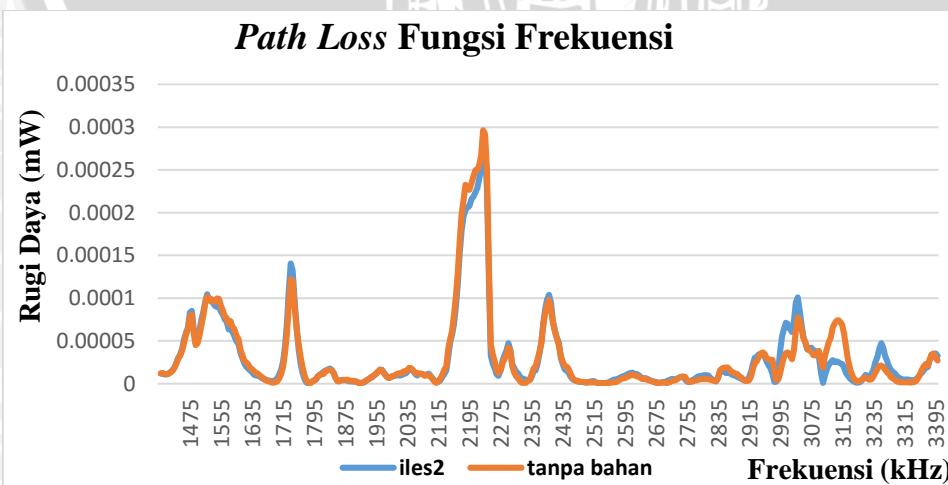


Gambar 4.25 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

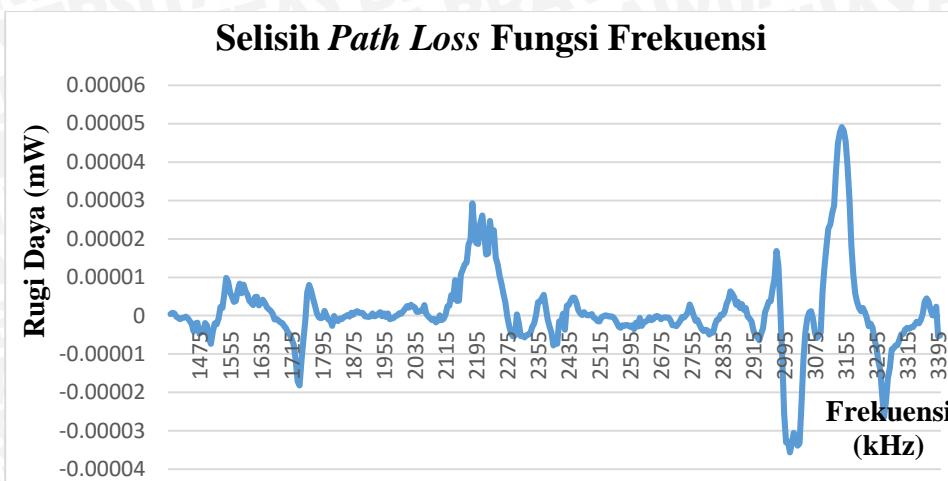
Gambar 4.24 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.25 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 menunjukkan bahwa pada jarak 12cm dari ujung *horn*, umbi iles-iles pada frekuensi 1,48-1,575GHz, 1,77 GHz, dan 3,11-3,17 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 2,16-2,28 GHz dan 3,02-3,1 GHz umbi iles-iles dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

d. Jarak 16 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi iles-iles pada jarak 16 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 hasil pengujian umbi iles-iles yang ke tiga.



Gambar 4.26 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

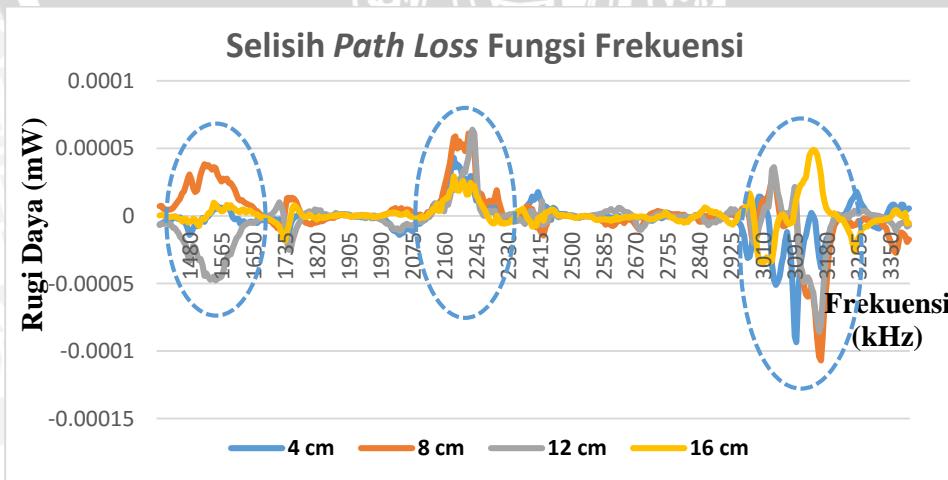


Gambar 4.27 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.26 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.27 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji. Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 menunjukkan bahwa pada jarak 16 cm dari ujung *horn*, umbi iles-iles pada frekuensi 1,53-1,66GHz, 1,77GHz, 2,115-2,3 GHz, 2,98GHz, dan 3,1-3,2 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang di transmisikan, sedangkan pada frekuensi 1,73 GHz, 3,02-3,05 GHz, dan 3,3 GHz umbi iles-iles cenderung menyerap energi.

e. Grafik Gabungan Hasil Deteksi Umbi Iles-iles

Berikut adalah salah satu grafik gabungan hasil deteksi pengujian umbi iles-iles pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari mulut *horn* ke bahan uji pada pengujian ke tiga yang ditunjukkan dalam Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung *Horn*.

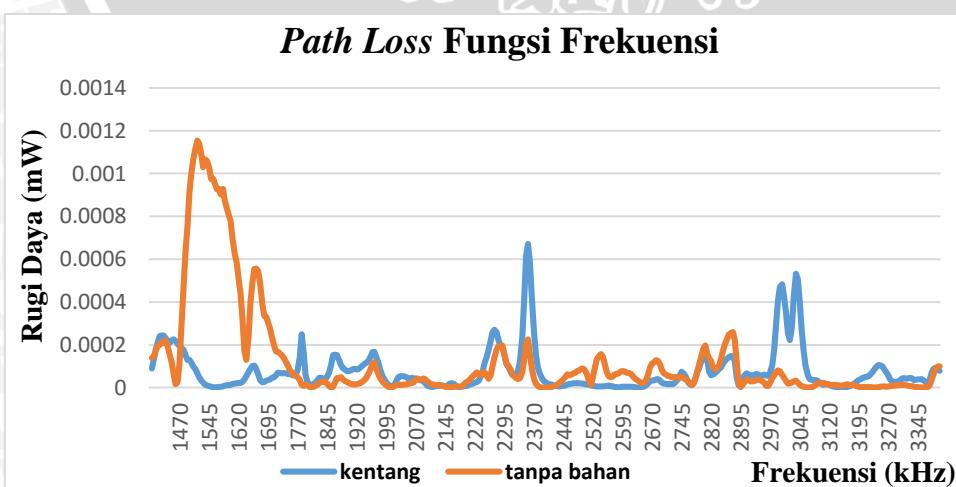
Gambar 4.28 menunjukkan bahwa umbi iles-iles ($9 \times 9 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 3 cm sensitif terhadap frekuensi 1,44-1,625 GHz, 2,16-2,25 GHz, dan 2,98-3,19 GHz. Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan, umbi iles-iles dapat dideteksi pada rentang frekuensi 1,77-1,78 GHz dan 2,185-2,25 GHz, sedangkan nilai puncak berada pada frekuensi 2,24 GHz dengan nilai daya pantul maksimum sebesar $0,061 \mu\text{W}$ pada jarak 12cm dari ujung *horn*. Pengambilan rentang frekuensi kerja ini di dasarkan atas kemiripan hasil pengujian dari beberapa pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian lainnya ditunjukkan dalam **Lampiran 3**. Gambar 4.28 juga menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dan 12 cm dari ujung *horn* memberikan respon yang lebih dominan dibandingkan dengan penambahan jarak yang lain. Hasil pengujian umbi iles-iles jika dibandingkan dengan umbi yang lain, umbi iles-iles memiliki respon frekuensi pada rentang frekuensi 2,185-2,21 GHz seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.60. Diluar rentang frekuensi tersebut sulit untuk membedakan antara umbi iles-iles dengan umbi yang lain.

4.4 Pengujian Umbi Kentang

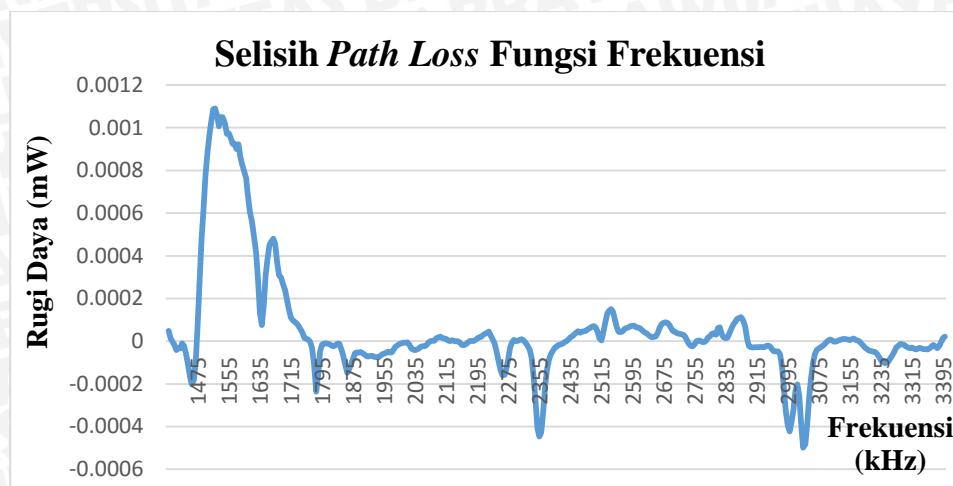
Umbi kentang dipotong berdasarkan dimensi terbesar yang dimiliki yaitu ($10 \times 6,5 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 3 cm yang ditunjukkan dalam **Lampiran 4**. Grafik hasil Pengujian umbi kentang pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari ujung *horn* lainnya juga ditunjukkan dalam **Lampiran 4**.

a. Jarak 4 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi kentang pada jarak 4 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 hasil pengujian umbi kentang yang ke dua.



Gambar 4.29 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*

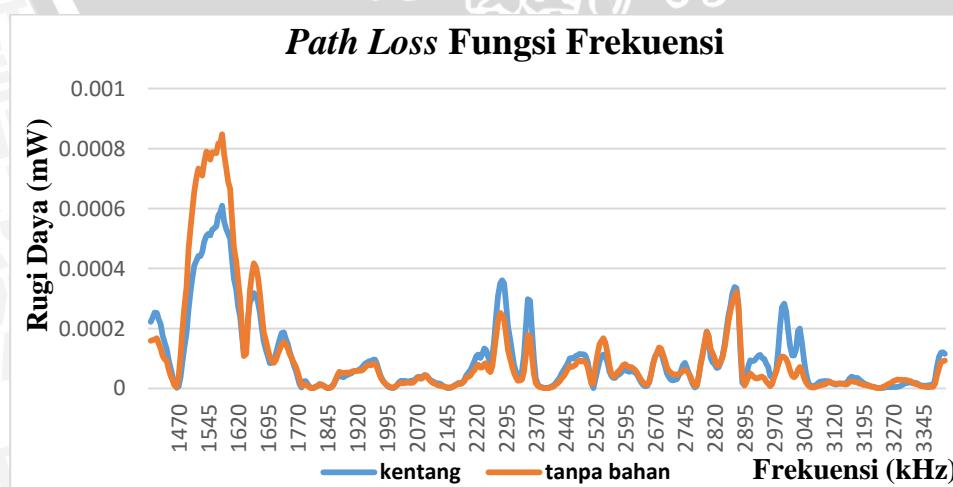


Gambar 4.30 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

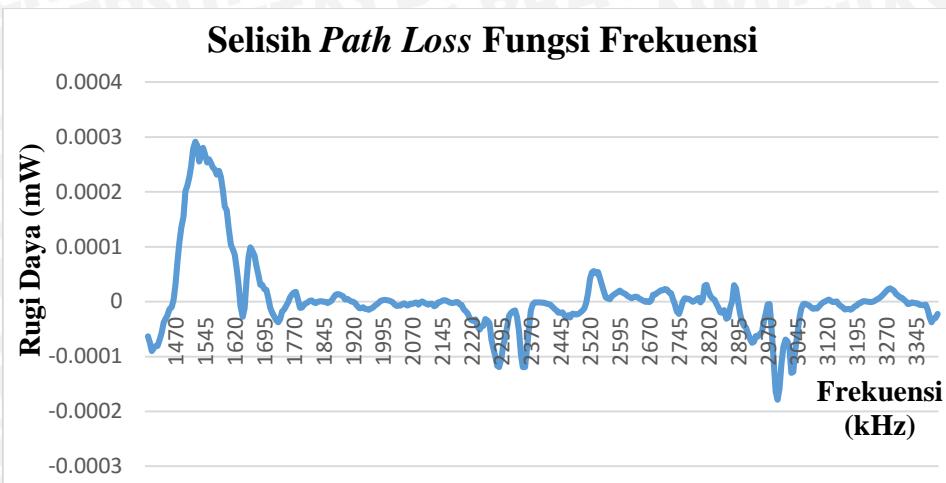
Gambar 4.29 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.30 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 menunjukkan bahwa pada jarak 4 cm dari ujung *horn*, umbi kentang pada frekuensi 1,44-1,74 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik atau sinyal RF yang ditransmisikan, sedangkan pada frekuensi 2,35 GHz dan 2,99-3,04 GHz umbi kentang cenderung menyerap energi sehingga sinyal yang diterima oleh antena penerima semakin kecil atau lemah.

b. Jarak 8 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi kentang pada jarak 8 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.31 dan Gambar 4.32 hasil pengujian umbi kentang yang ke dua.



Gambar 4.31 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

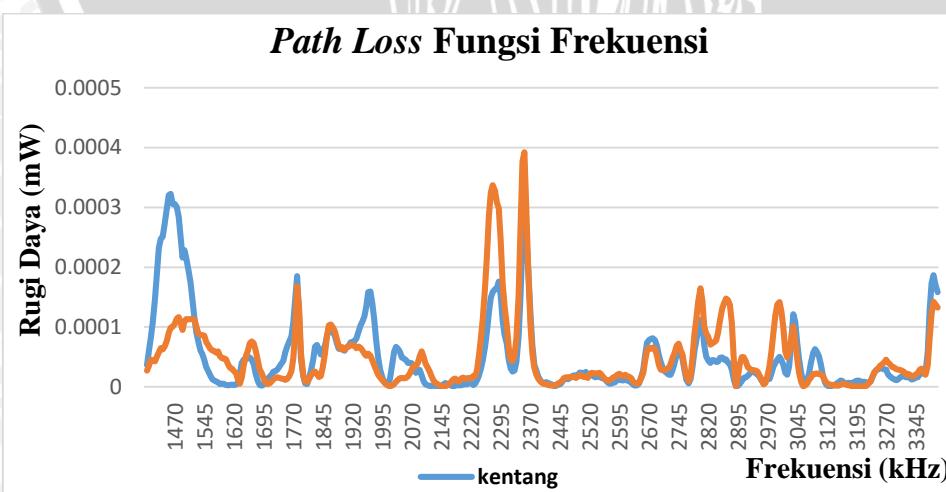


Gambar 4.32 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

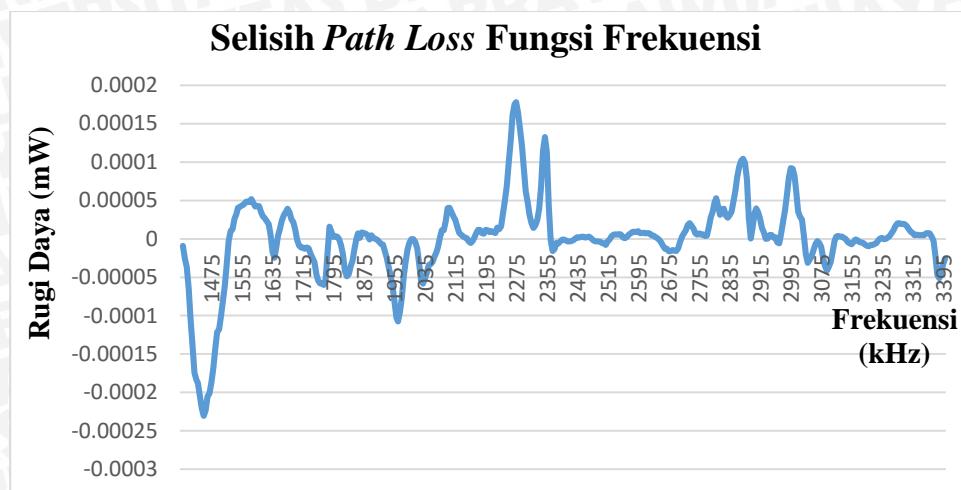
Gambar 4.31 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.32 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.31 dan Gambar 4.32 menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dari ujung *horn*, umbi kentang pada frekuensi 1,46-1,7 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan, sedangkan pada frekuensi 2,29-2,35 GHz dan 3-3,03GHz umbi kentang cenderung menyerap energi.

c. Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi kentang pada jarak 12cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.33 dan Gambar 4.34 hasil pengujian umbi kentang yang ke dua.



Gambar 4.33 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

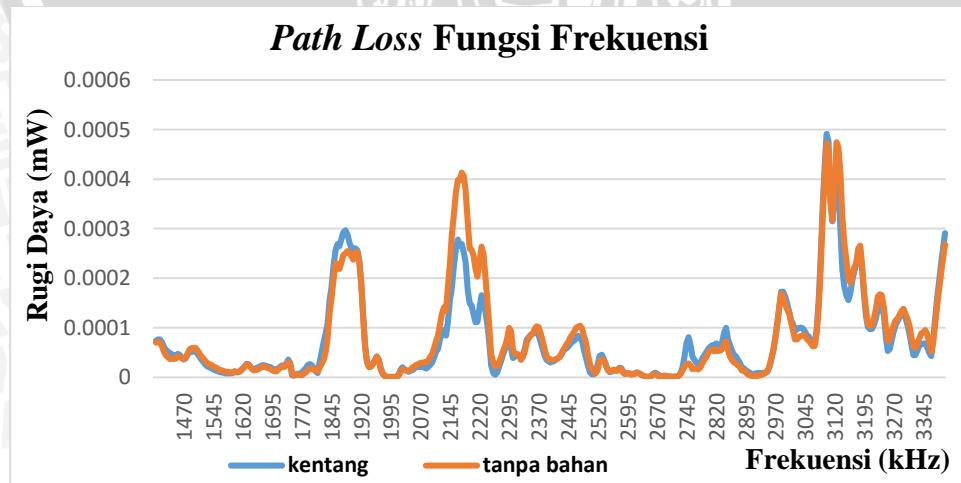


Gambar 4.34 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

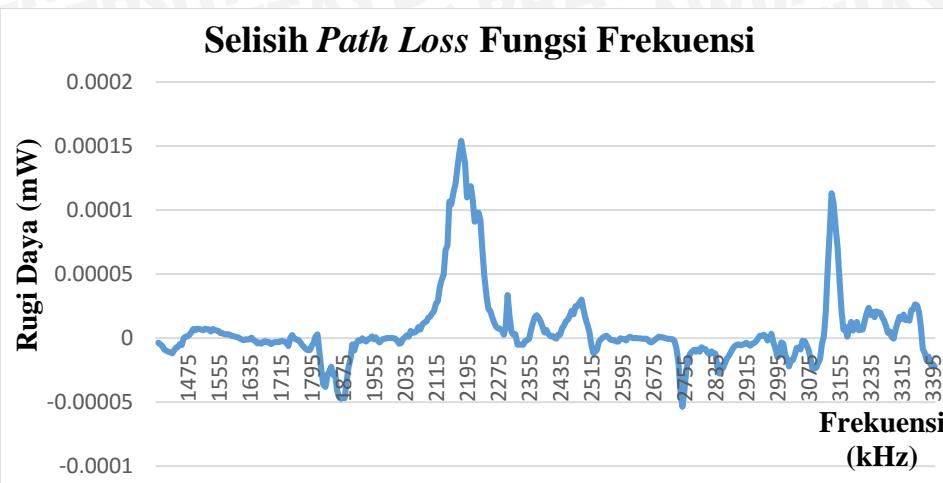
Gambar 4.33 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.34 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.33 dan Gambar 4.34 menunjukkan bahwa pada jarak 12cm dari ujung *horn*, umbi kentang pada frekuensi 1,42-1,49 GHz dan 1,96 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 1,53-1,63 GHz, 2,23-2,36 GHz umbi kentang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

d. Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi kentang pada jarak 16 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.35 dan Gambar 4.36 hasil pengujian umbi kentang yang ke dua.



Gambar 4.35 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

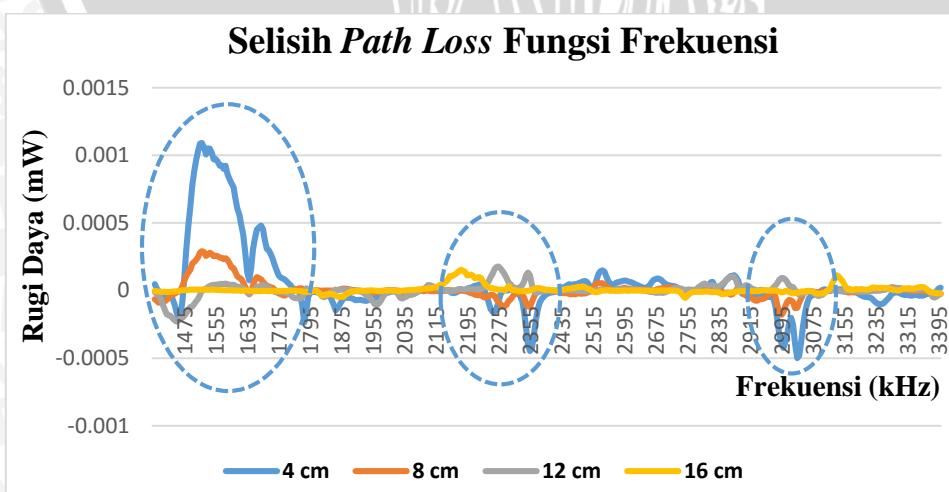


Gambar 4.36 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.35 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.36 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.35 dan Gambar 4.36 menunjukkan bahwa pada jarak 16 cm dari ujung *horn*, umbi kentang pada frekuensi 1,81-1,93 GHz dan 2,75 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 2,075-2,275 GHz dan 3,11-3,19 GHz umbi kentang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

e. Grafik Gabungan Hasil Deteksi Umbi Kentang

Berikut adalah salah satu grafik gabungan hasil deteksi pengujian umbi kentang pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari mulut horn ke bahan uji yang ditunjukkan dalam Gambar 4.37.



Gambar 4.37 Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung Horn.

Gambar 4.37 menunjukkan bahwa kentang ($10 \times 6,5 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 3 cm sensitif terhadap frekuensi 1,47-1,67 GHz, 2,26-2,38 GHz, dan 3-3,05 GHz. Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan umbi kentang dapat dideteksi pada rentang frekuensi 1,495-1,580 GHz, dan 2,245-2,26 GHz, sedangkan nilai daya pantul maksimum berada pada frekuensi 1,515 GHz sebesar $1,1 \mu\text{W}$ pada jarak 4 cm dari ujung *horn*. Pengambilan rentang frekuensi kerja ini didasarkan atas kemiripan hasil pengujian dari beberapa pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian lainnya ditunjukkan dalam **Lampiran 4**. Gambar 4.37 juga menunjukkan bahwa pada jarak 4 cm dan 8 cm dari ujung *horn* memberikan respon yang lebih dominan dibandingkan dengan penambahan jarak lainnya.

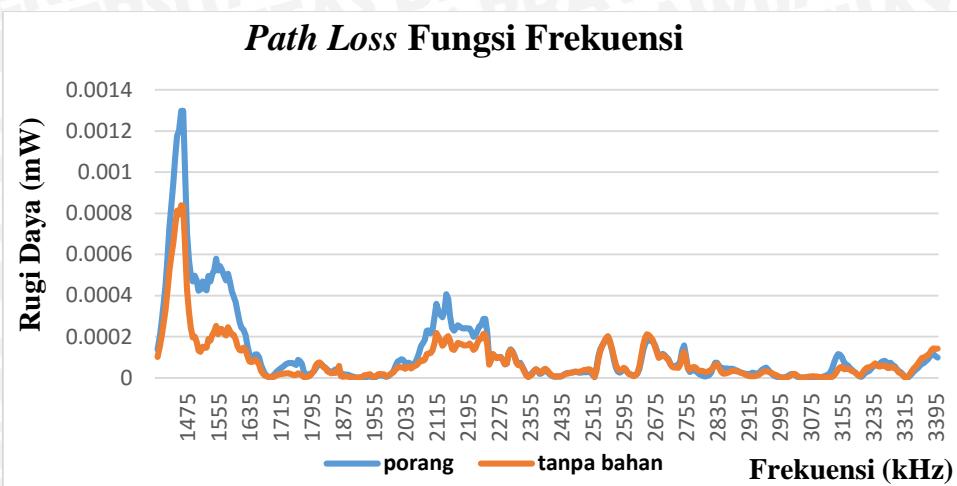
Hasil pengujian umbi kentang jika dibandingkan dengan umbi yang lain, umbi kentang memiliki respon frekuensi yang hampir sama dengan umbi bengkuang yaitu pada rentang frekuensi 1,495-1,58 GHz seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.60, namun umbi kentang memiliki daya pantul maksimum pada pada frekuensi 1,515 GHz sedangkan umbi bengkuang memiliki daya pantul maksimum pada frekuensi yang berbeda. Pada frekuensi 2,245-2,26 GHz respon frekuensi atau daya pantul yang terjadi sangat kecil dibandingkan dengan rentang frekuensi 1,495-1,58 GHz. diluar rentang frekuensi tersebut sulit untuk membedakan antara umbi kentang dengan umbi yang lain.

4.5 Pengujian Umbi Porang

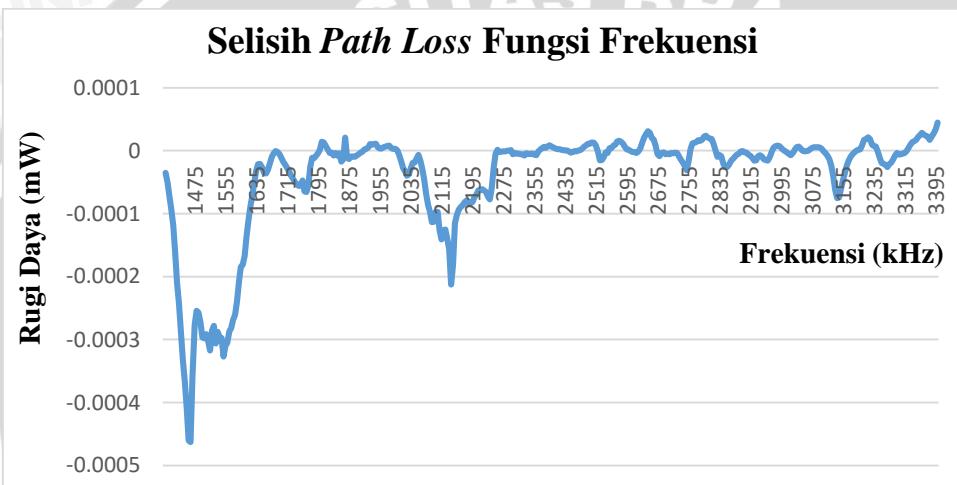
Umbi porang dipotong dengan dimensi ($10 \times 8 \text{ cm}^2$) dan ketebalan 2 cm yang ditunjukkan dalam **Lampiran 5**. Grafik hasil pengujian umbi porang pada jarak 4cm, 8cm, 12cm, dan 16cm dari ujung *horn* lainnya juga ditunjukkan dalam **Lampiran 5**.

a. Jarak 4 cm dari Ujung Horn

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi porang pada jarak 4cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.38 dan Gambar 4.39 hasil pengujian umbi porang yang ke dua.



Gambar 4.38 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*

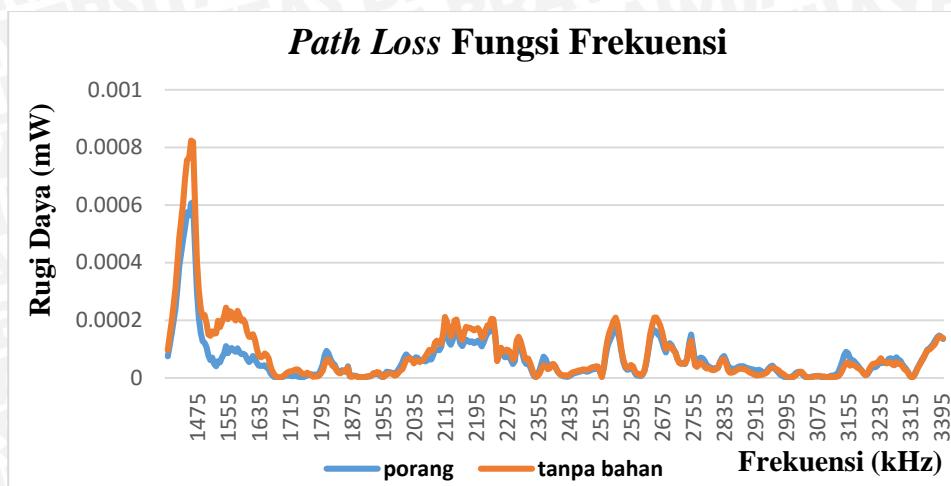


Gambar 4.39 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

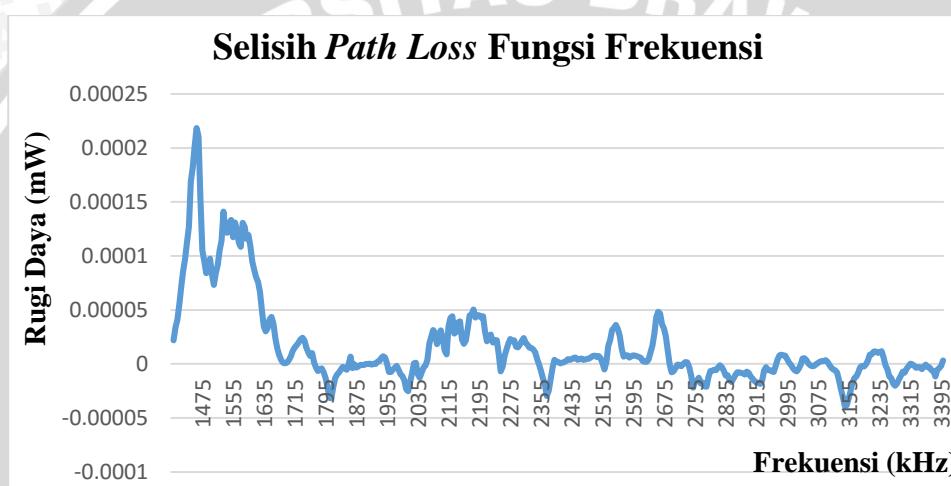
Gambar 4.38 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.39 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.38 dan Gambar 4.39 menunjukkan bahwa pada jarak 4cm dari ujung *horn*, umbi porang pada frekuensi 1,41-161 GHz dan 2,11-2,2 GHz cenderung menyerap energi atau sinyal RF yang ditransmisikan.

b. Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi porang pada jarak 8 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.40 dan Gambar 4.41 hasil pengujian umbi porang yang ke dua.



Gambar 4.40 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

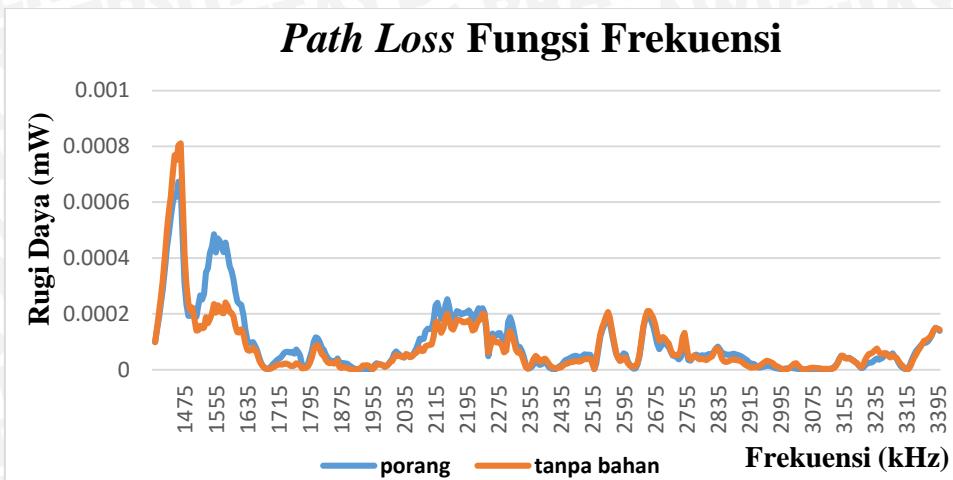


Gambar 4.41 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

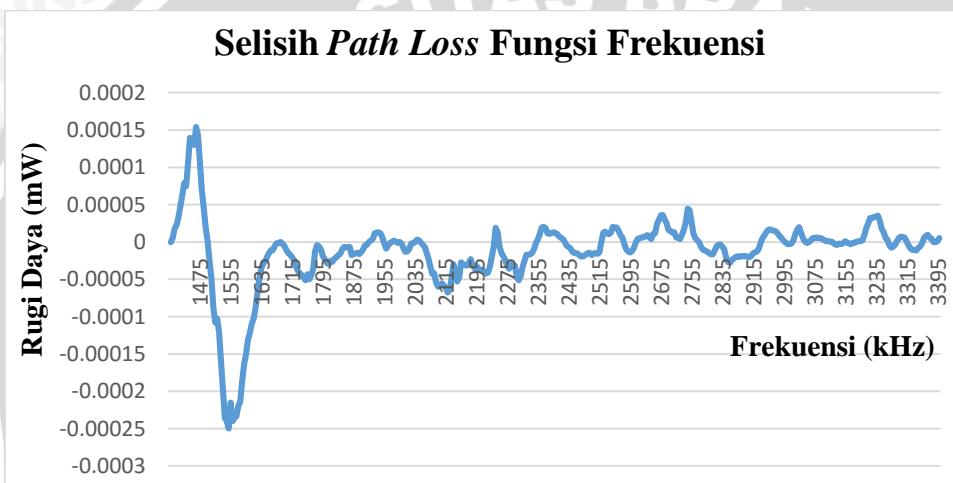
Gambar 4.40 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.41 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.40 dan Gambar 4.41 menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dari ujung *horn*, umbi porang pada frekuensi 1,4-1,66 GHz, 2,06-2,26 GHz, 2,56 GHz, dan 2,67 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang di transmisikan.

c. Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi porang pada jarak 12 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.42 dan Gambar 4.43 hasil pengujian umbi porang yang ke dua.



Gambar 4.42 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

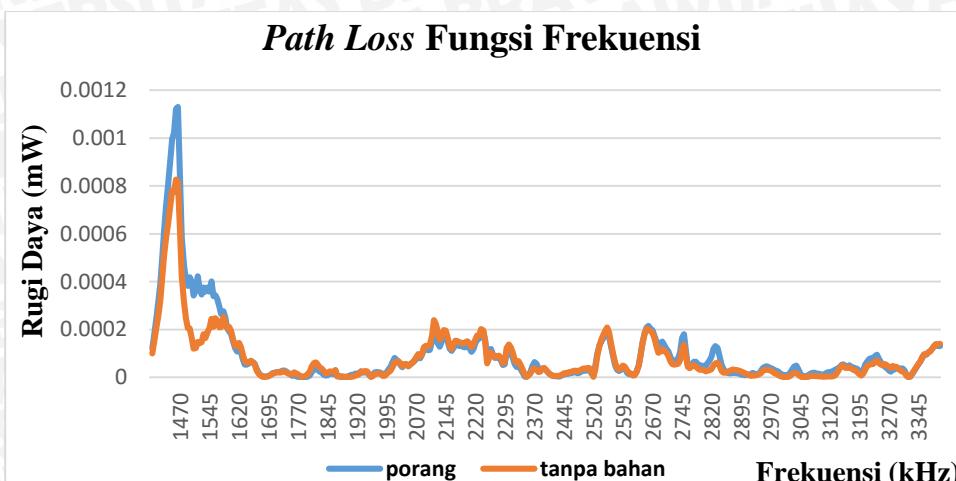


Gambar 4.43 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan uji

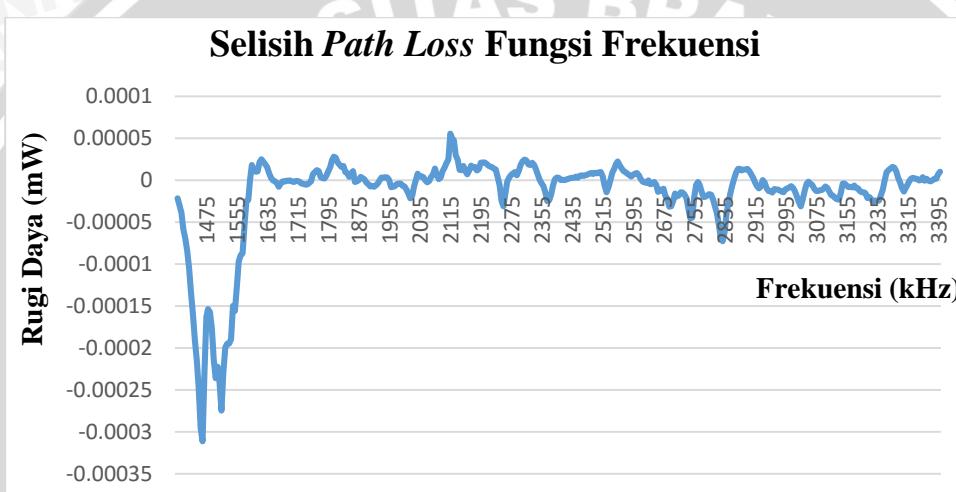
Gambar 4.42 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.43 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.42 dan Gambar 4.43 menunjukkan bahwa pada jarak 12cm dari ujung *horn*, umbi porang pada frekuensi 1,4-1,49 GHz dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan, sedangkan pada frekuensi 1,5-1,65 GHz umbi porang cenderung menyerap energi.

d. Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi porang pada jarak 16cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.44 dan Gambar 4.45 hasil pengujian umbi porang yang ke dua.



Gambar 4.44 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

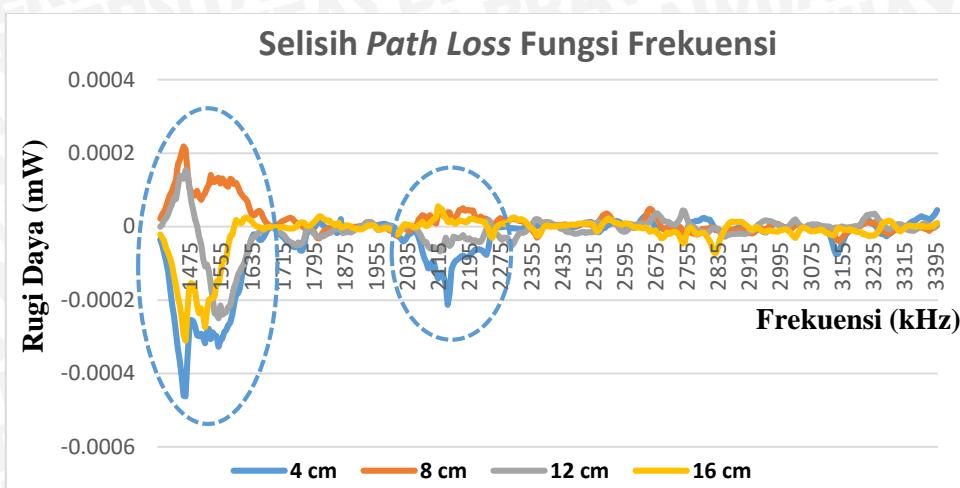


Gambar 4.45 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.44 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.45 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.44 dan Gambar 4.45 menunjukkan bahwa pada jarak 16 cm dari ujung *horn*, umbi porang pada frekuensi 1,42-1,56 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 2,12 GHz umbi porang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

e. Grafik Gabungan Hasil Deteksi Umbi Porang

Berikut adalah salah satu grafik gabungan hasil deteksi pengujian umbi porang pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari mulut *horn* ke bahan uji yang ditunjukkan dalam Gambar 4.46.



Gambar 4.46 Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung *Horn*.

Gambar 4.46 menunjukkan bahwa porang ($10 \times 8 \text{ cm}^2$) ketebalan 2 cm sensitif terhadap frekuensi 1,42-1,64 GHz dan 2,08-2,26 GHz. Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan, umbi porang dapat dideteksi pada rentang frekuensi 1,4-1,615 GHz dan 2,245-2,26 GHz, sedangkan nilai puncak atau daya pantul maksimumnya berada pada frekuensi 1,46 GHz sebesar $0,22 \mu\text{W}$ pada jarak 8cm dari ujung *horn*. Pengambilan rentang frekuensi kerja ini di dasarkan atas kemiripan hasil pengujian dari beberapa pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian lainnya ditunjukkan dalam **Lampiran 5**. Gambar 4.46 juga menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dan 12 cm dari ujung *horn*, memberikan respon yang lebih dominan dibandingkan dengan penambahan jarak yang lain.

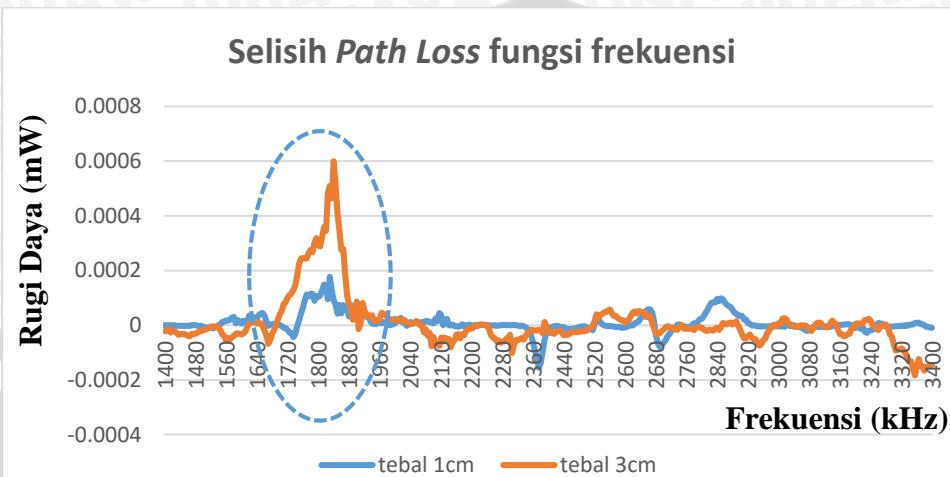
Hasil pengujian umbi porang jika dibandingkan dengan umbi yang lain, Umbi porang memiliki respon frekuensi yang hampir sama dengan umbi bengkuang dan kentang yaitu pada rentang frekuensi 1,4-1,615 GHz, namun umbi porang memiliki daya pantul maksimum pada frekuensi 1,46 GHz sedangkan umbi bengkuang dan kentang memiliki daya pantul maksimum pada frekuensi yang berbeda. Pada frekuensi 2,245-2,26 GHz respon frekuensi atau daya pantul yang terjadi sangat kecil dibandingkan dengan rentang frekuensi 1,4-1,615 GHz. Diluar rentang frekuensi tersebut sulit untuk membedakan antara umbi porang dengan umbi yang lain.

f. Pengujian Ulang Umbi Porang dengan Ketebalan 1 cm dan 3 cm

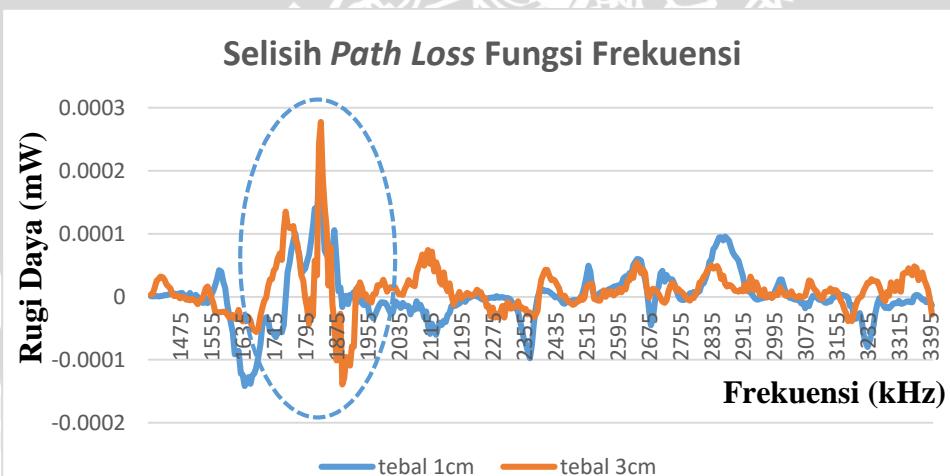
Pengujian umbi porang dengan ketebalan yang berbeda bertujuan untuk mencari kesamaan respon frekuensi atau frekuensi kerja yang sesuai dari umbi porang. Pengujian sebelumnya dilakukan pada tanggal 21-22 Maret 2016 dan pengujian ulang dilakukan pada tanggal 18 April 2016. Pengujian dilakukan dengan variasi ketebalan umbi yaitu 1 cm dan 3

cm. Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian ulang umbi porang dengan dimensi ($10 \times 8 \text{ cm}^2$) dan ketebalan 1 cm dan 3cm yang ditunjukkan dalam Gambar 4.47 dan Gambar 4.48. Gambar 4.47 dan Gambar 4.48 merupakan perbandingan respon frekuensi pada jarak 4 cm dan 12 cm dari ujung reflektor *horn*. Grafik hasil pengujian lainnya ditunjukkan dalam

Lampiran 5.

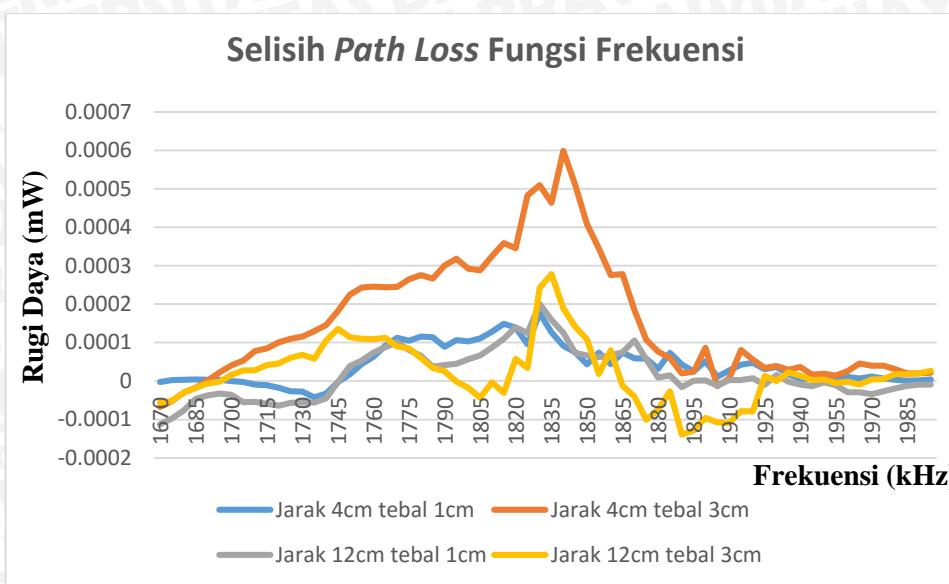


Gambar 4.47 Perbandingan Hasil Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn* dengan Ketebalan 1 cm dan 3 cm



Gambar 4.48 Perbandingan Hasil Pengujian Umbi Porang pada Jarak 12cm dari Ujung *Horn* dengan Ketebalan 1 cm dan 3 cm





Gambar 4.49 Grafik Gabungan Hasil Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dan 12cm dari Ujung *Horn* dengan Ketebalan 1 cm dan 3 cm

Gambar 4.47 menunjukkan bahwa pada jarak 4 cm dari ujung *horn*, umbi porang dengan ketebalan 1 cm dapat memantulkan gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 1,73- 1,88 GHz dengan daya pantul maksimum sebesar 0,15 μ W pada frekuensi 1,83 GHz, sedangkan pada ketebalan 3cm umbi porang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 1,7-1,88GHz dengan daya pantul maksimum sebesar 0,6 μ W pada frekuensi 1,84 GHz.

Gambar 4.48 menunjukkan bahwa pada jarak 12 cm dari ujung *horn*, umbi porang dengan ketebalan 1 cm dapat memantulkan gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 1,74- 1,92 GHz dengan daya pantul maksimum sebesar 0,2 μ W pada frekuensi 1,83 GHz, sedangkan pada ketebalan 3cm umbi porang dapat memantulkan gelombang elektromagnetik pada rentang frekuensi 1,7-1,85GHz dengan daya pantul maksimum sebesar 0,277 μ W pada frekuensi 1,835 GHz.

Gambar 4.49 merupakan grafik gabungan dari Gambar 4.47 dan Gambar 4.48 pada rentang frekuensi 1,67-1,985 GHz. Penggabungan Gambar 4.47 dan Gambar 4.48 dilakukan untuk memperjelas respon frekuensi dari hasil pengujian umbi porang dengan ketebalan 1 cm dan 3m. Hasil pengujian menunjukkan bahwa umbi porang ($10 \times 8 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 1cm dan 3cm memiliki respon frekuensi yang hampir sama pada rentang frekuensi 1,745- 1,88 GHz dengan daya pantul maksimum berada pada frekuensi 1,84 GHz sebesar 0,6 μ W pada ketebalan 3 cm. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan tidak terlalu berpengaruh dalam

penentuan respon frekuensi pada umbi, namun semakin tebal umbi uji maka semakin besar daya pantul yang dihasilkan.

Gambar 4.47 dan Gambar 4.48 menunjukkan bahwa umbi porang dapat dideteksi pada rentang frekuensi 1,745-1,88 GHz, namun jika dibandingkan dengan pengujian sebelumnya seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.46, ada perbedaan respon frekuensi yang dihasilkan. Pada Gambar 4.46 respon frekuensi yang dihasilkan umbi porang dengan ketebalan 2cm sensitif pada rentang frekuensi 1,42-1,64 GHz dengan daya pantul maksimum berada pada frekuensi 1,46 GHz sebesar $0,22\mu\text{W}$, sedangkan hasil pengujian ulang umbi porang dengan ketebalan 1 cm dan 3 cm menghasilkan respon frekuensi pada rentang frekuensi 1,745-1,88 GHz dengan daya pantul maksimum berada pada frekuensi 1,84 GHz sebesar $0,6 \mu\text{W}$. Perbedaan hasil pengujian ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kondisi permukaan umbi dan kandungan air pada umbi.

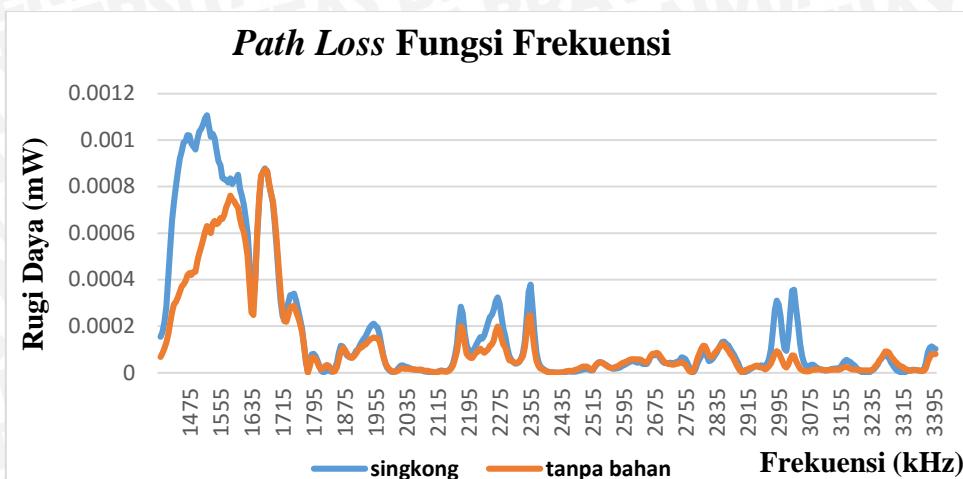
Dari hasil pengujian secara keseluruhan dapat diambil respon frekuensi atau frekuensi kerja umbi porang berada pada rentang frekuensi 1,745-1,88 GHz. Pengambilan rentang frekuensi kerja tersebut karena pada rentang frekuensi tersebut respon frekuensi atau daya pantul yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan rentang frekuensi pengujian sebelumnya yang ditunjukkan dalam Gambar 4.46. Jadi untuk membedakan antara umbi porang dengan umbi yang lain, dapat dilakukan pengujian pada rentang frekuensi 1,71-1,9GHz seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.60. Diluar rentang frekuensi tersebut sulit untuk membedakan antara umbi porang dengan umbi yang lain.

4.6 Pengujian Umbi Singkong

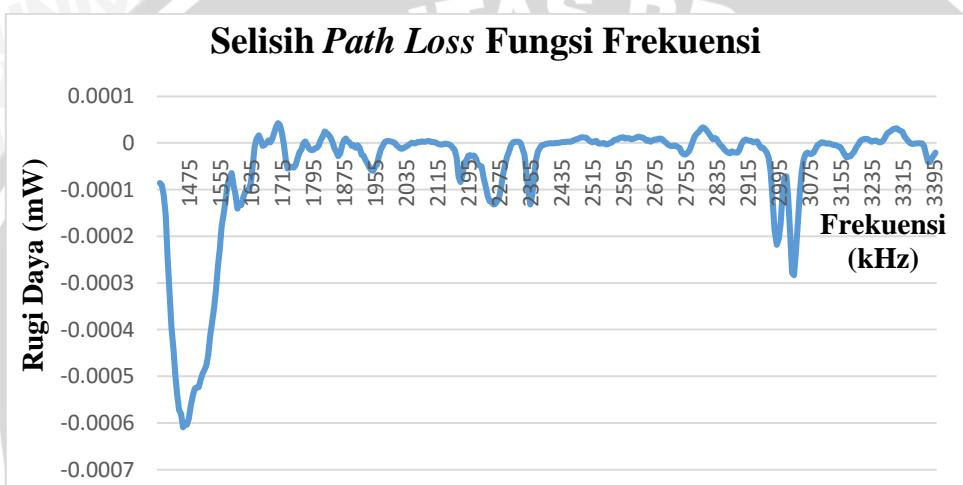
Umbi singkong dipotong berdasarkan dimensi terbesar yang dimiliki yaitu ($10 \times 7,5 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 3 cm yang ditunjukkan dalam **Lampiran 6**. Grafik hasil pengujian umbi singkong pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari ujung *horn* juga ditunjukkan dalam **Lampiran 6**.

a. Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi singkong pada jarak 4 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.50 dan Gambar 4.51 hasil pengujian umbi singkong yang pertama.



Gambar 4.50 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*

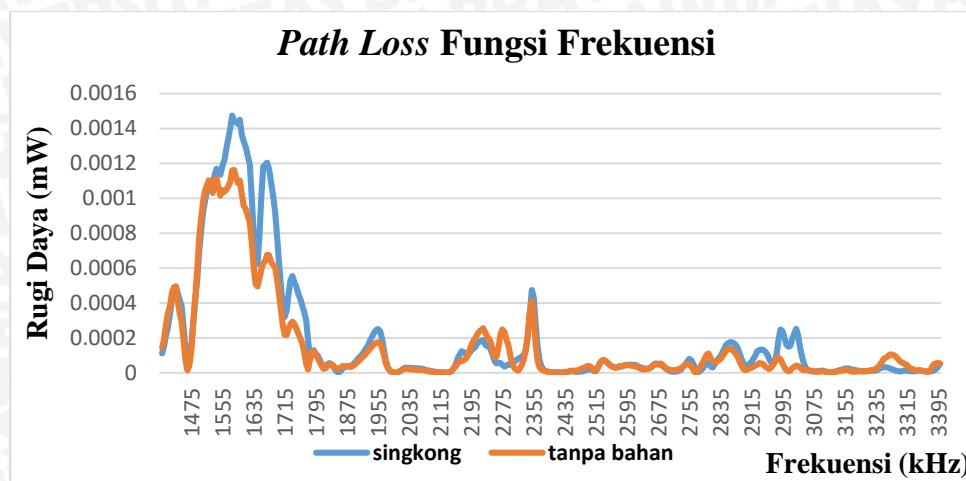


Gambar 4.51 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

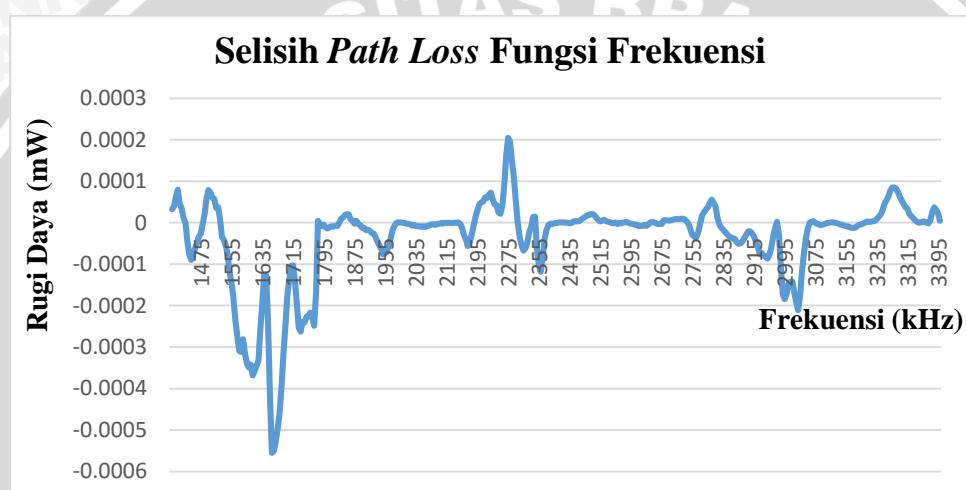
Gambar 4.50 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.51 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.50 dan Gambar 4.51 menunjukkan bahwa pada jarak 4cm dari ujung *horn*, umbi singkong pada frekuensi 1,41-1,56 GHz dan 2,98-3,04 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada rentang frekuensi yang lain tidak menunjukkan adanya perubahan respon sistem pengukuran ketika tidak terdapat bahan uji dan ketika terdapat bahan uji.

b. Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi singkong pada jarak 8 cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.52 dan Gambar 4.53 hasil pengujian umbi singkong yang pertama.



Gambar 4.52 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*

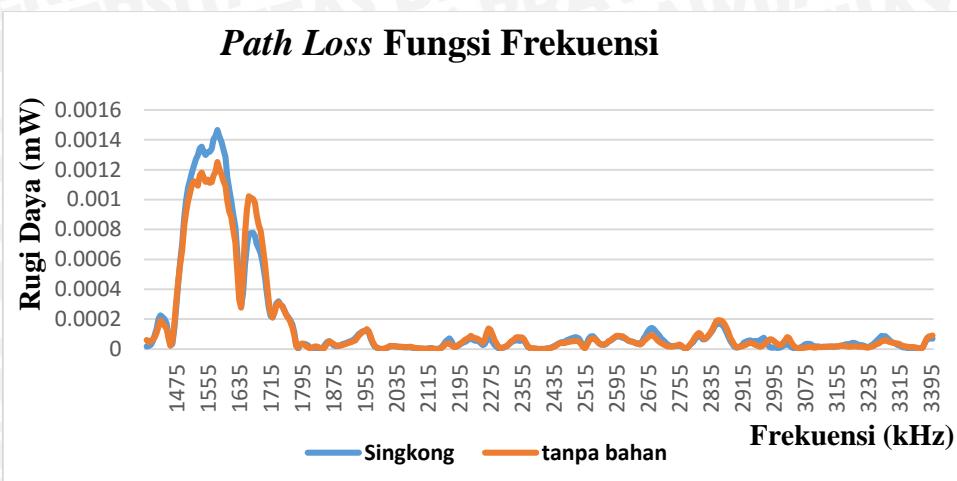


Gambar 4.53 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

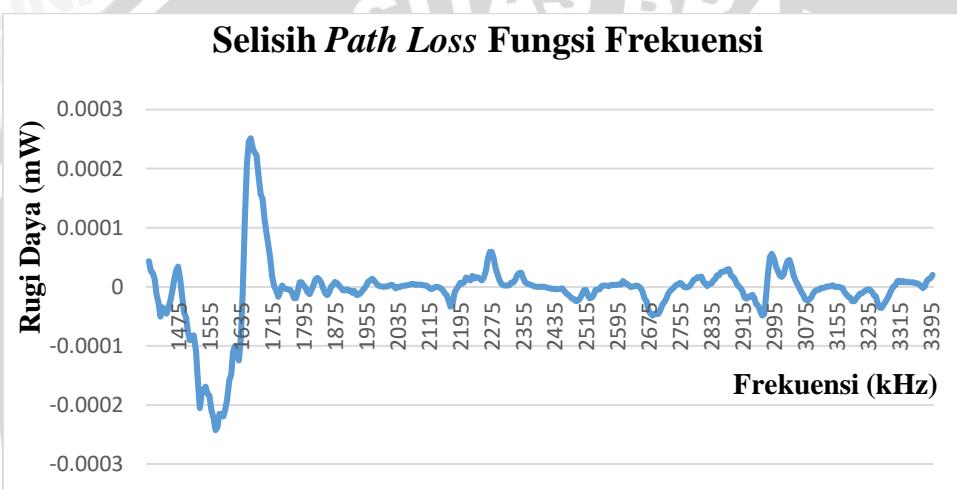
Gambar 4.52 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.53 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.52 dan Gambar 4.53 menunjukkan bahwa pada jarak 8 cm dari ujung *horn*, umbi singkong pada frekuensi 1,56-1,76 GHz dan 2,99-3,04 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 2,19-2,29 GHz umbi singkong dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

c. Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi singkong pada jarak 12cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.54 dan Gambar 4.55 hasil pengujian umbi singkong yang pertama.



Gambar 4.54 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

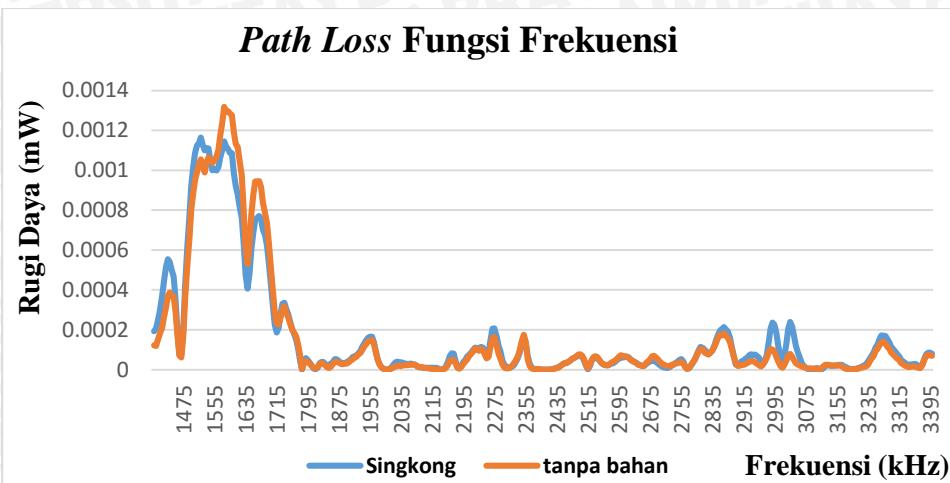


Gambar 4.55 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

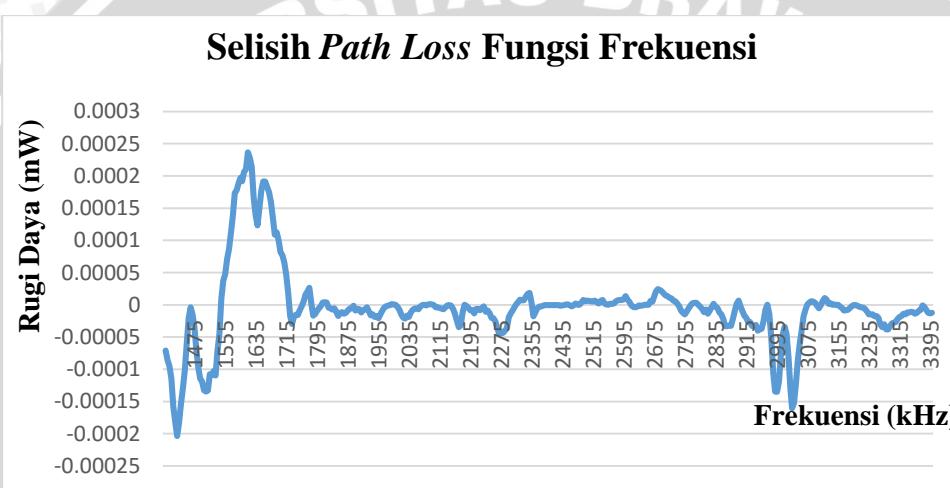
Gambar 4.54 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.55 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.54 dan Gambar 4.55 menunjukkan bahwa pada jarak 12 cm dari ujung *horn*, umbi singkong pada frekuensi 1,52-1,63 GHz cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 1,64-1,74 GHz umbi singkong dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

d. Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

Berikut adalah salah satu grafik hasil pengujian umbi singkong pada jarak 16cm dari ujung *horn* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.56 dan Gambar 4.57 hasil pengujian umbi singkong yang pertama.



Gambar 4.56 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

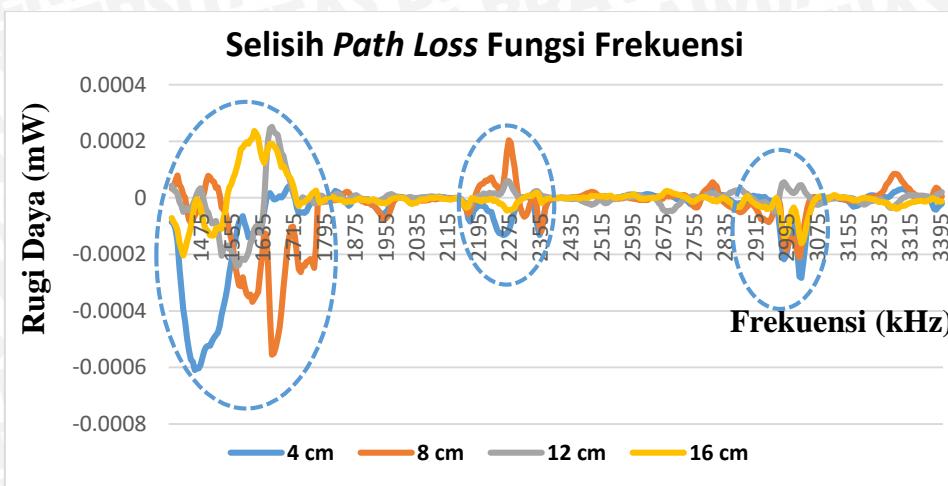


Gambar 4.57 Grafik Selisih Pengujian Respon Frekuensi Tanpa Bahan uji Dikurangi ketika Terdapat Bahan Uji

Gambar 4.56 merupakan grafik hasil pengujian respon frekuensi ketika tanpa bahan uji dan terdapat bahan uji, sedangkan Gambar 4.57 merupakan grafik selisih pengujian ketika tanpa bahan uji dikurangi respon frekuensi ketika terdapat bahan uji. Gambar 4.56 dan Gambar 4.57 menunjukkan bahwa pada jarak 12 cm dari ujung *horn*, umbi singkong pada frekuensi 1,43-1,51GHz dan 3-3,04 GH cenderung menyerap energi, sedangkan pada frekuensi 1,54-1,72 GHz umbi singkong dapat memantulkan gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan.

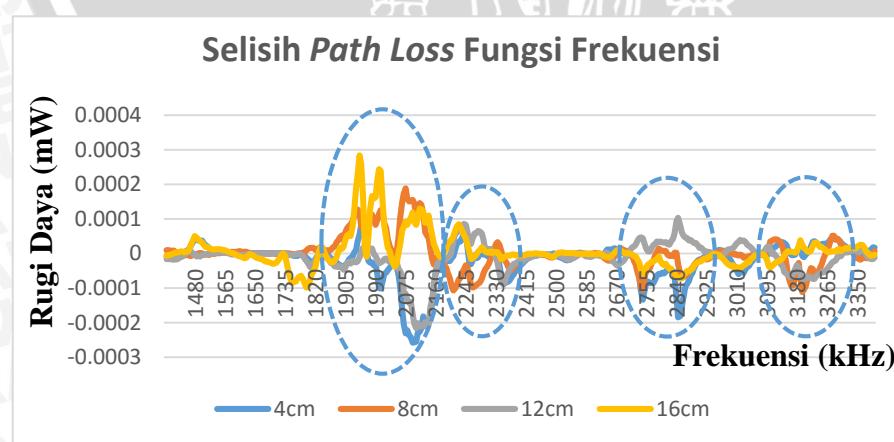
e. Grafik Gabungan Hasil Deteksi Umbi Singkong

Berikut adalah salah satu grafik gabungan hasil deteksi pengujian umbi singkong pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari mulut *horn* ke bahan uji pada pengujian yang pertama yang ditunjukkan dalam Gambar 4.58.



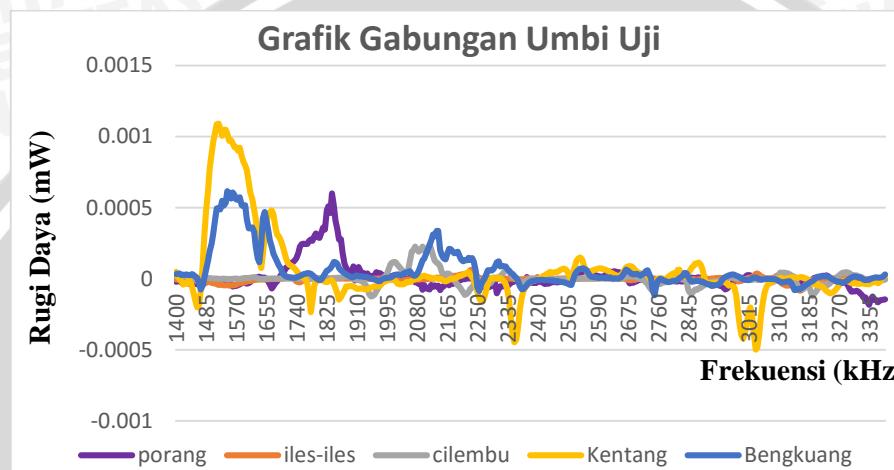
Gambar 4.58 Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung *Horn*.

Gambar 4.58 menunjukkan bahwa umbi singkong ($10 \times 7,5 \text{ cm}^2$) dengan ketebalan 3cm sensitif terhadap frekuensi 1,45-1,75 GHz, 2,18-2,36 GHz, dan 2,97-3,06 GHz. Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan, sulit untuk menentukan respon frekuensi atau frekuensi kerja dari umbi singkong. Hal ini dikarenakan umbi singkong memiliki respon frekuensi yang berbeda-beda dalam setiap pengujian yang telah dilakukan. Salah satu pengujian yang lain ditunjukkan dalam Gambar 4.59. Gambar 4.59 merupakan grafik gabungan hasil deteksi pengujian umbi singkong pada jarak 4 cm, 8 cm, 12 cm, dan 16 cm dari mulut *horn* ke bahan uji pada pengujian yang kedua. Gambar 4.58 menunjukkan bahwa umbi singkong sensitif terhadap frekuensi 1,92-2,16 GHz, 2,72-2,87 GHz, dan 3,16-3,27 GHz. Dari Gambar 4.58 dan Gambar 4.59 menunjukkan bahwa umbi singkong memiliki respon frekuensi yang berbeda dalam setiap pengujian. Hasil pengujian lainnya ditunjukkan dalam **Lampiran 7**.



Gambar 4.59 Grafik Gabungan Selisih Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari Ujung *Horn*.

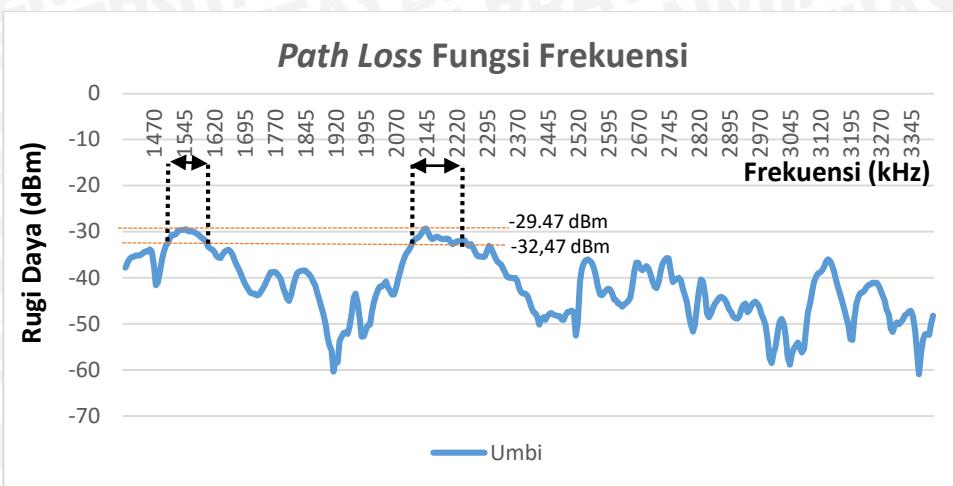
Hasil Pengujian keseluruhan umbi ditunjukkan dalam Gambar 4.60. Gambar 4.60 menunjukkan bahwa umbi kentang memiliki respon frekuensi yang hampir sama dengan umbi bengkuang pada rentang frekuensi 1,49–1,67 GHz, namun umbi kentang memiliki amplitudo atau daya pantul yang lebih besar dibandingkan dengan umbi yang lain. Gambar 4.60 juga menunjukkan umbi porang dapat dibedakan dengan umbi yang lain pada rentang frekuensi 1,745–1,88 GHz, sedangkan umbi iles-iles memiliki amplitudo atau daya pantul yang sangat kecil dibandingkan dengan hasil pengujian umbi yang lain, dan umbi cilembu dapat dibedakan dengan umbi yang lain pada rentang frekuensi 2,055–2,17 GHz.



Gambar 4.60 Grafik Gabungan Hasil Pengujian Semua Umbi Uji

4.7 Respon Frekuensi untuk Daya -3 dBm

Respon frekuensi diambil pada saat daya maksimum yang dihasilkan turun menjadi setengah dari daya maksimum atau turun 3 dBm. Respon frekuensi daya -3 dBm dilakukan untuk menentukan bandwidth atau rentang frekuensi kerja dari umbi uji. Salah satu contoh pengambilan respon frekuensi pada saat daya pantul maksimum turun 3 dBm ditunjukkan dalam Gambar 4.61. Gambar 4.61 merupakan salah satu grafik hasil pengujian umbi bengkuang, dari Gambar 4.61 menunjukkan bahwa umbi bengkuang memiliki respon frekuensi pada rentang frekuensi 1,52–1,59 GHz dan pada frekuensi 2,13–2,23 GHz. Pengambilan rentang respon frekuensi ini diambil pada saat amplitudo maksimum turun 3 dBm.



Gambar 4.61 Penentuan Respon Frekuensi -3 dBm

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, keenam umbi tropis berhasil dievaluasi dan dideteksi keberadannya dengan metode *far field* menggunakan antena mikrostrip dan reflektor *horn* yang terbuat dari plat aluminium. Frekuensi pengujian dilakukan pada rentang 1,4GHz – 3,4GHz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa umbi bengkuang, dan kentang memiliki rentang frekuensi kerja yang hampir sama yaitu pada rentang frekuensi 1,4-2,17 GHz, namun daya pantul maksimum yang dimiliki masing umbi tersebut berbeda-beda. Pada umbi bengkuang daya pantul maksimum terjadi pada frekuensi 1,45 GHz sebesar $0,61\mu\text{W}$, sedangkan pada umbi kentang daya pantul maksimumnya terjadi pada frekuensi 1,515 GHz sebesar $1,1\mu\text{W}$. Diluar rentang frekuensi tersebut, masing-masing umbi sulit untuk dibedakan.

Hasil pengujian ubi cilembu menunjukkan bahwa ubi cilembu sensitif pada rentang frekuensi 2,055-2,17 GHz, dengan daya pantul maksimum terjadi pada frekuensi 2,115 GHz sebesar $0,24\mu\text{W}$, sedangkan hasil pengujian ubi singkong, sulit untuk menentukan respon frekuensi atau frekuensi kerja dari ubi singkong. Hal ini dikarenakan ubi singkong memiliki respon frekuensi yang berbeda-beda dalam setiap pengujian yang telah dilakukan.

Umbi iles-iles sensitif pada rentang frekuensi 2,185-2,25 GHz dengan daya pantul maksimum terjadi pada frekuensi 2,24 GHz sebesar $0,061\mu\text{W}$, sedangkan umbi porang sensitif pada rentang frekuensi 1,745-1,88 GHz dengan daya pantul maksimum terjadi pada frekuensi 1,84 GHz sebesar $0,6\mu\text{W}$. Diluar rentang frekuensi tersebut sulit untuk membedakan antara umbi iles-iles dan porang dengan umbi yang lain.

Variasi perubahan jarak juga dilakukan dalam penelitian ini. Perubahan jarak yang dilakukan dengan menambah jarak antara mulut *reflektor horn* dengan ubi uji yaitu 4cm, 8cm, 12cm, dan 16cm. Penambahan jarak 8cm menghasilkan respon frekuensi atau pantulan gelombang elektromagnetik yang lebih dominan dibandingkan dengan penambahan jarak yang lain. Semakin jauh penambahan jarak yang diberikan maka semakin besar nilai *path loss* (daya hilang) yang diterima antena atau daya pantul yang dihasilkan semakin kecil. Variasi ketebalan ubi uji juga dilakukan dalam penelitian ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketebalan tidak terlalu berpengaruh dalam penentuan





respon frekuensi atau frekuensi kerja dari umbi, namun semakin tebal umbi uji maka semakin besar daya pantul yang dihasilkan.

5.2 Saran

Sistem pengujian deteksi *range* frekuensi umbi tropis menggunakan metode *far field* yang telah dilakukan ini masih belum sempurna, untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan akurat, pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengukuran dengan menggunakan *chamber room*, sehingga sinyal hasil pengukuran yang dideteksi tidak tercampur dengan sinyal dari luar yang tidak diinginkan seperti sinyal *wifi* yang berada di sekitar pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Balanis, C.a. 2005. *Antenna Theory: Analysis and Design, 3rd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.
- Bargumono, & Wongsowijaya, S. 2013. *9 Umbi Utama Sebagai Pangan Alternatif Nasional*. Jakarta: Gramedia.
- Deswari, D., Hendrick., & Derisma. 2008. *Identifikasi Kematangan Buah Tomat Menggunakan Metode Backpropagation*, Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Aplikasinya-Snika 2008, 27 November 2008.
- Keysight. 2008. *Near-Far Field Theory*. Singapore: Keysight.
- Mujahidin, I. 2015. *Rancang Bangun Rectifier Antenna Mikrostrip UFO pada Frekuensi Ultra Wideband (UWB) sebagai pemanen Energi Elektromagnetik*. SKRIPSI. Malang: Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- Signal Hound. 2015. *USB-SA44B User Manual*. USA: Signal Hound
- Signal Hound. 2010. *USB-TG44A User Manual*. USA: Signal Hound
- Soltani, M., Alimardani, R., & Omid, M. 2011. Design and Development of a Portable Banana Ripeness Inspection System. *Journal of American Science*. 7(6): 401-405.
- Soltani, M. & Alimardani, R. 2013. Investigation of the relationship between Moisture-dependent and dielectric constant of wheat and millet. *Jurnal of scientific and industrial research*. vol 72, pp 415-418.





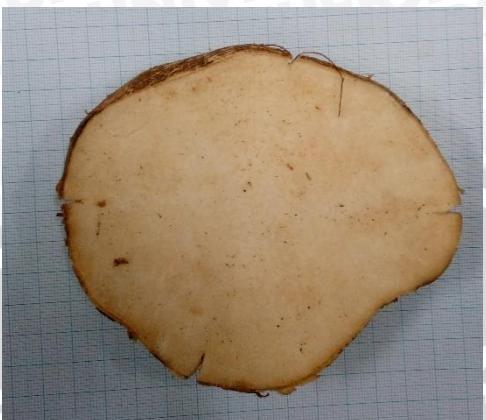
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Pengujian Umbi Bengkuang

A. Bengkuang dan Set-Up Pengukuran

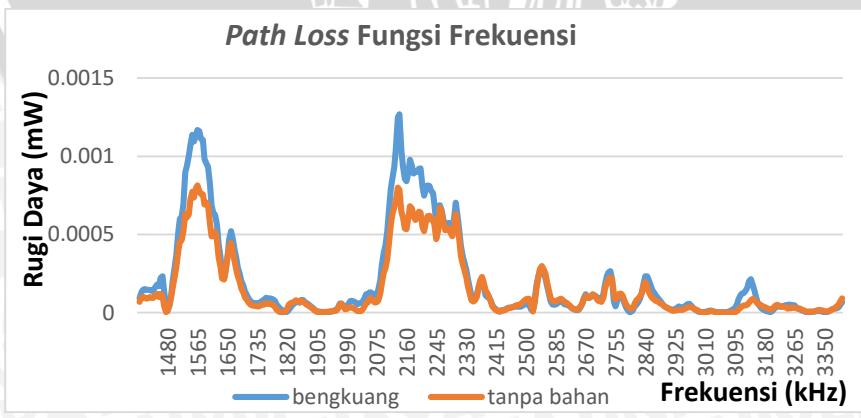


Gambar 1 Umbi Bengkuang Uji



Gambar 2 Set-Up Pengukuran Umbi Bengkuang

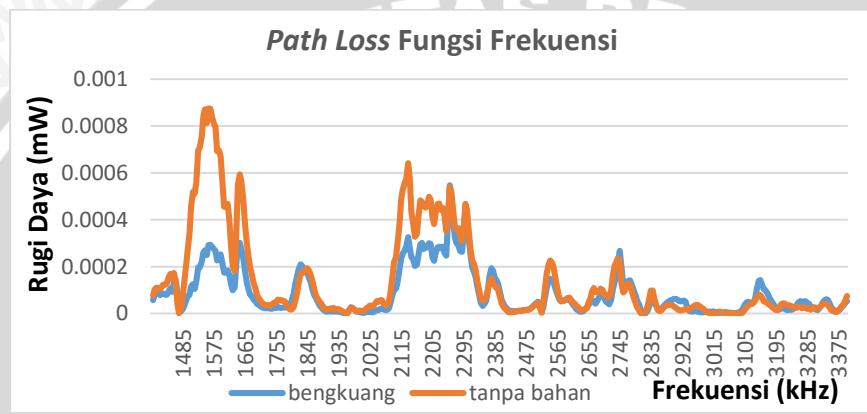
B. Pengujian Ke-Dua



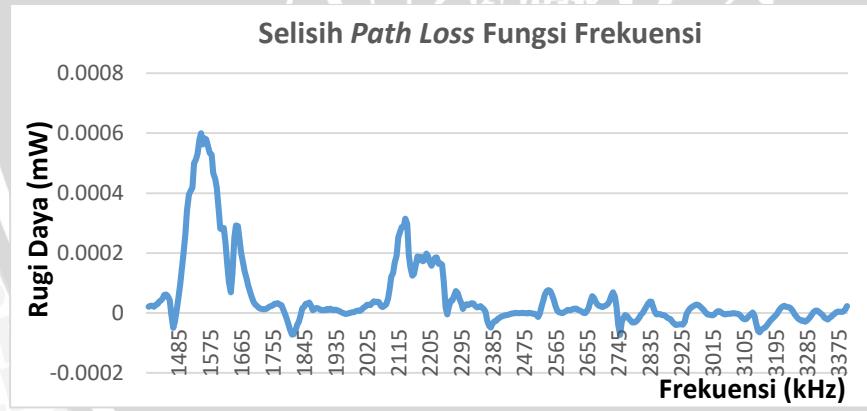
Gambar 3 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



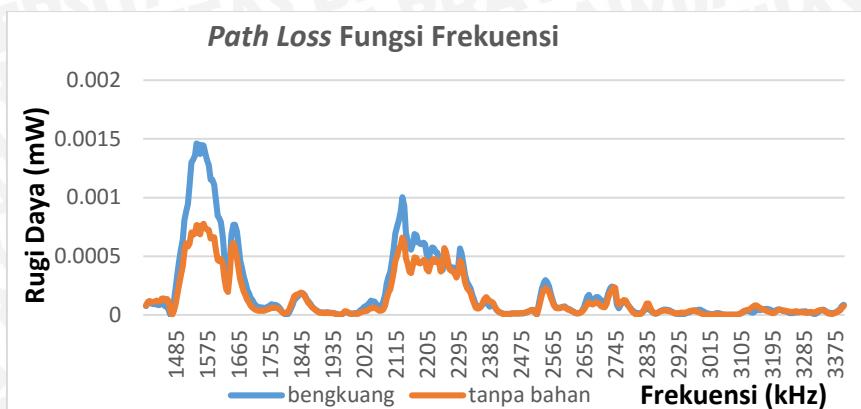
Gambar 4 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



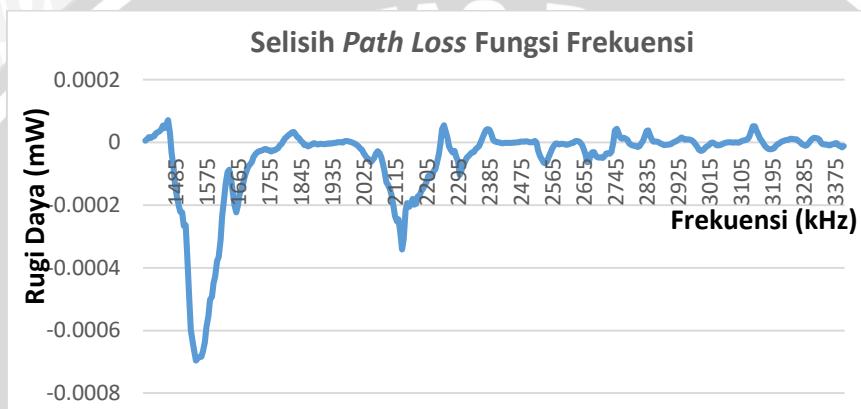
Gambar 5 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



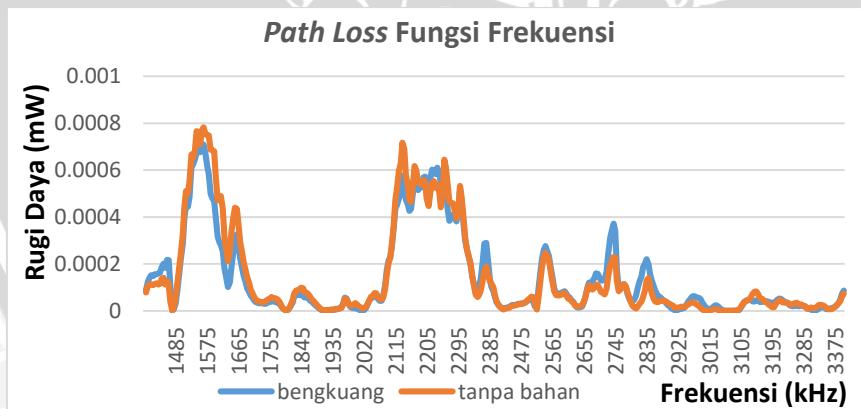
Gambar 6 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



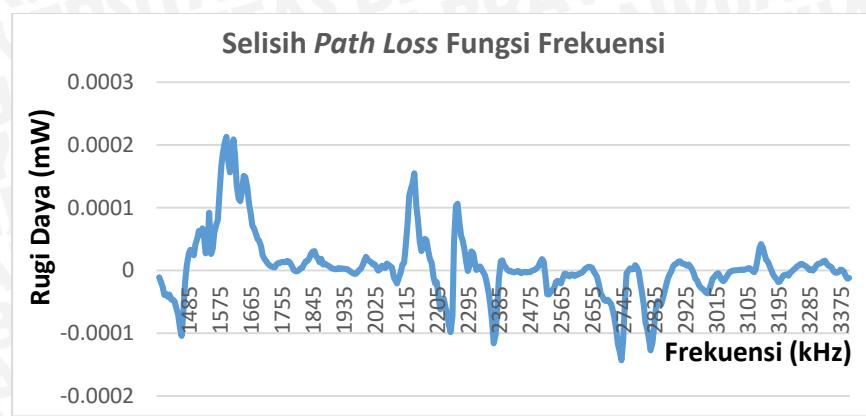
Gambar 7 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



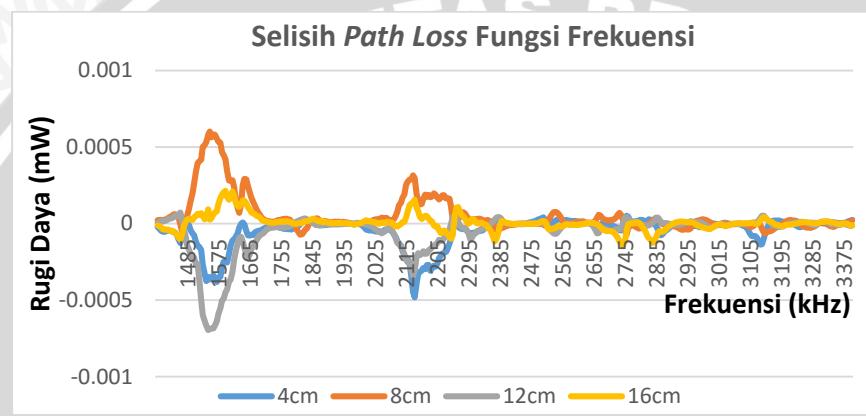
Gambar 8 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 9 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

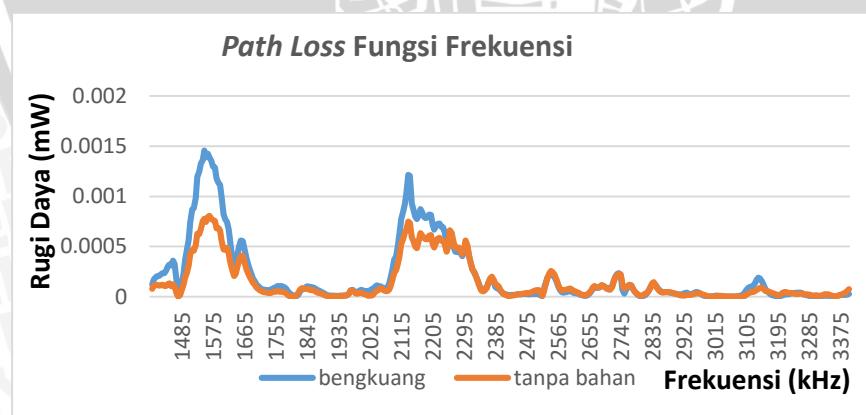


Gambar 10 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

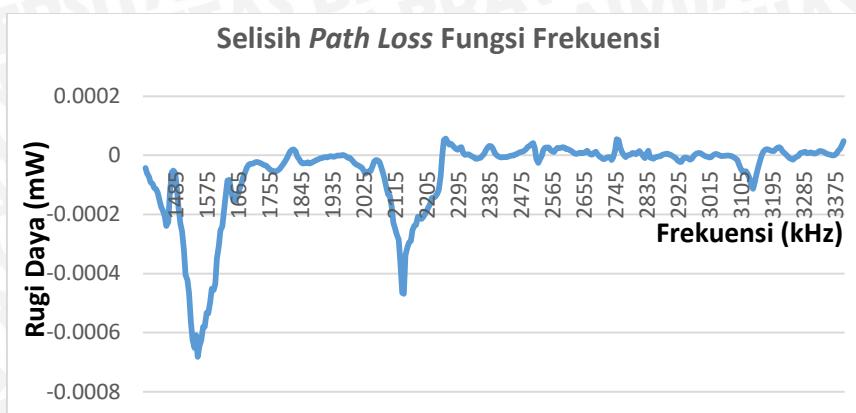


Gambar 11 Grafik gabungan selisih pengujian umbi bengkuang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

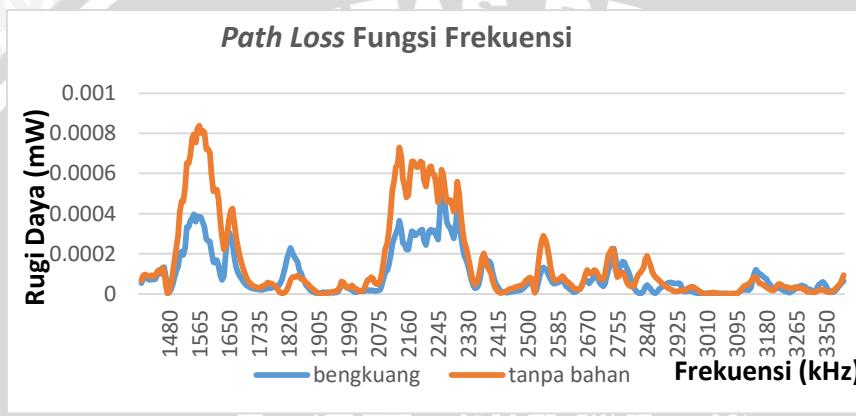
C. Pengujian Ke-Tiga



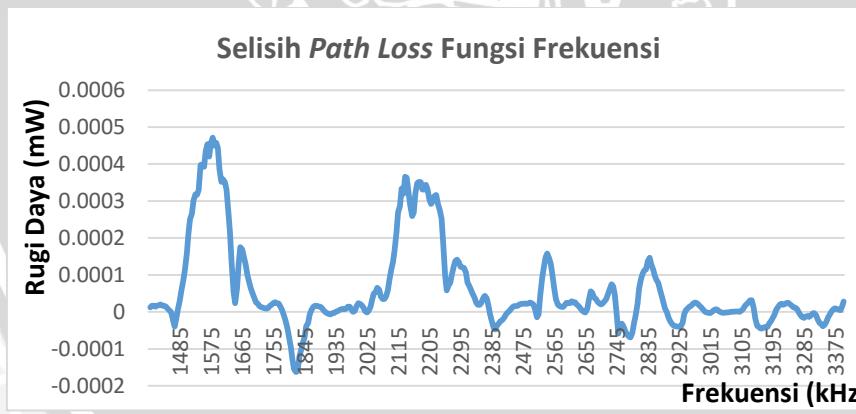
Gambar 12 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*



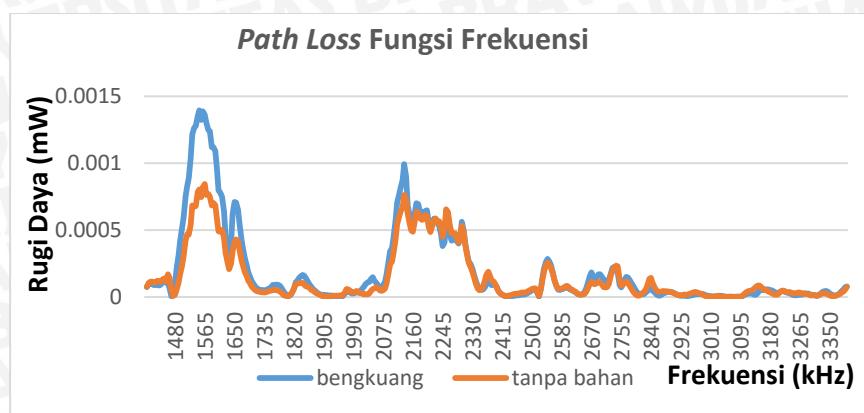
Gambar 13 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



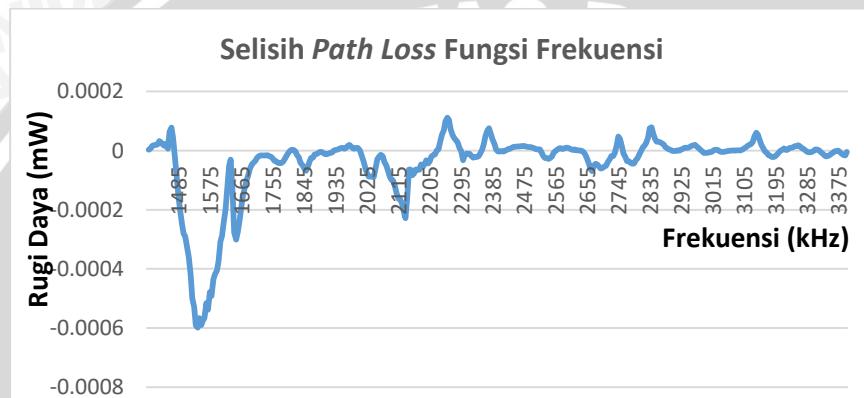
Gambar 14 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*



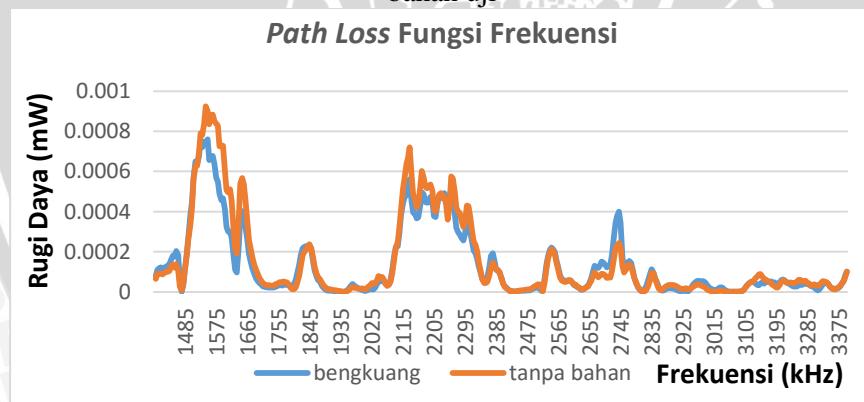
Gambar 15 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



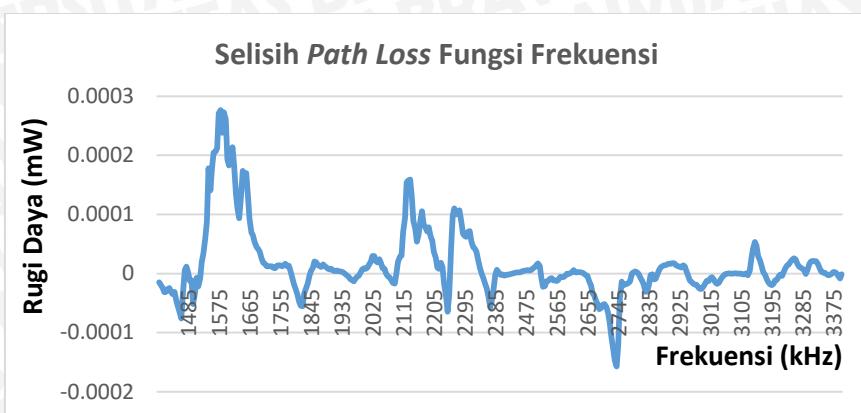
Gambar 16 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



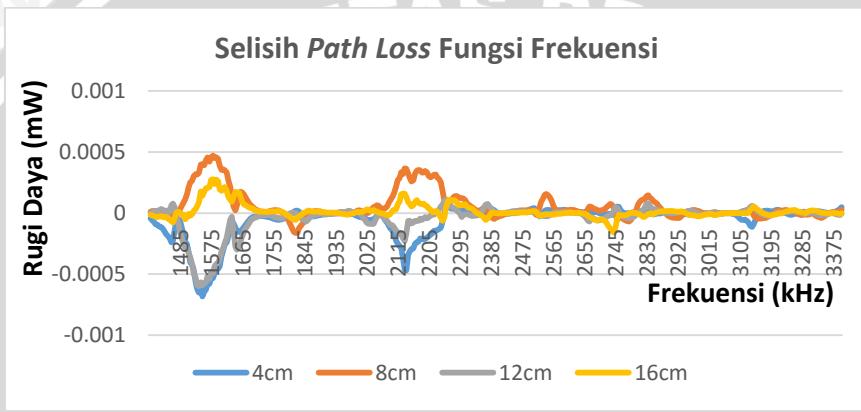
Gambar 17 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 18 Pengujian Umbi Bengkuang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*



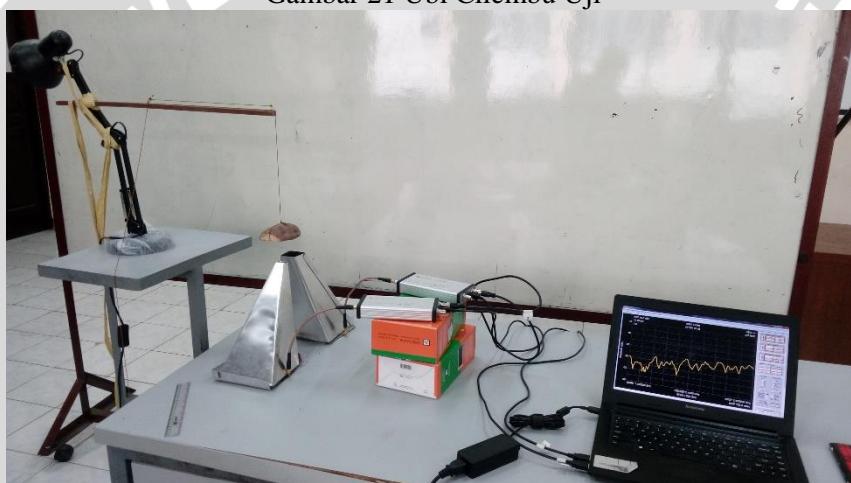
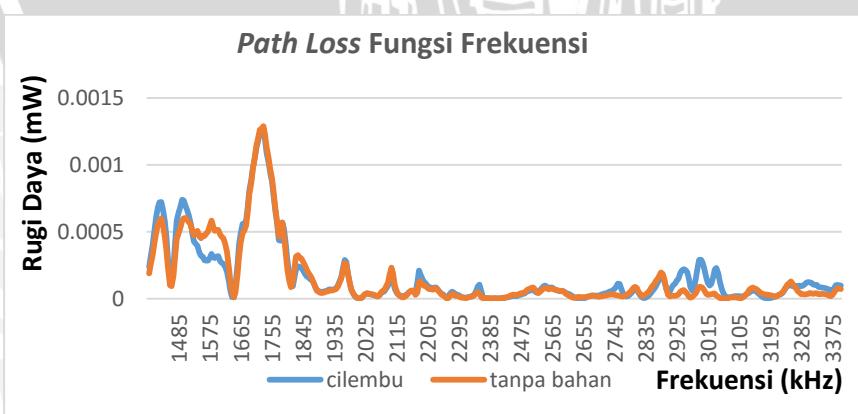
Gambar 19 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



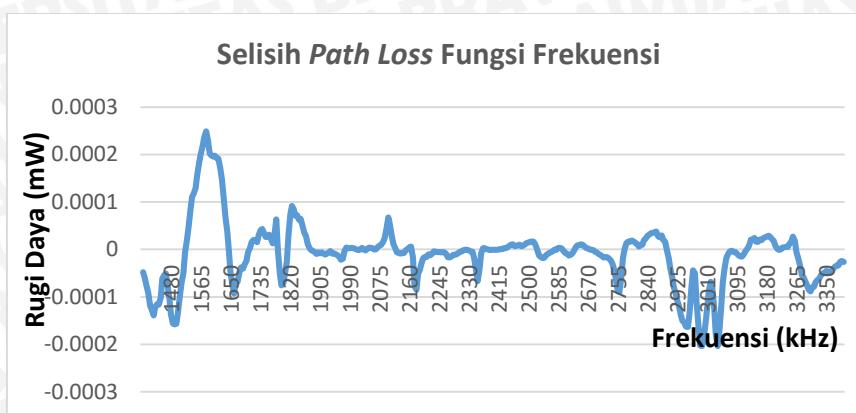
Gambar 20 Grafik gabungan selisih pengujian umbi bengkuang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*.

Lampiran 2. Gambar Pengujian Umbi Cilembu**A. Gambar Ubi Cilembu dan *Set-Up* Pengukuran**

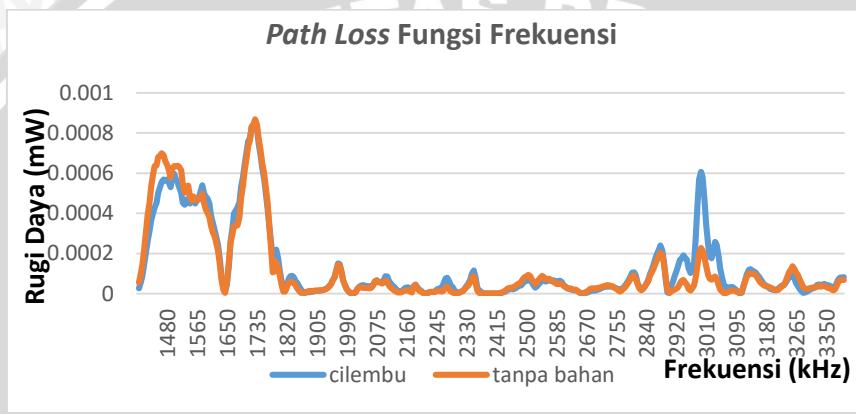
Gambar 21 Ubi Cilembu Uji

Gambar 22 *Set-UP* Pengukuran Ubi Cilembu**B. Pengujian Pertama**

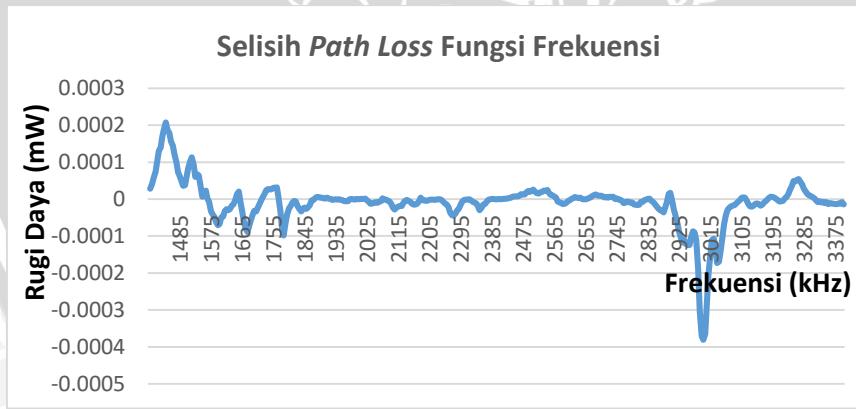
Gambar 23 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



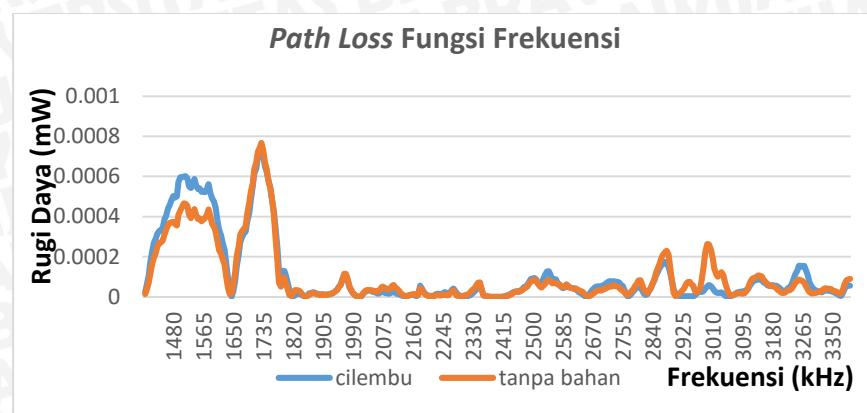
Gambar 24 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



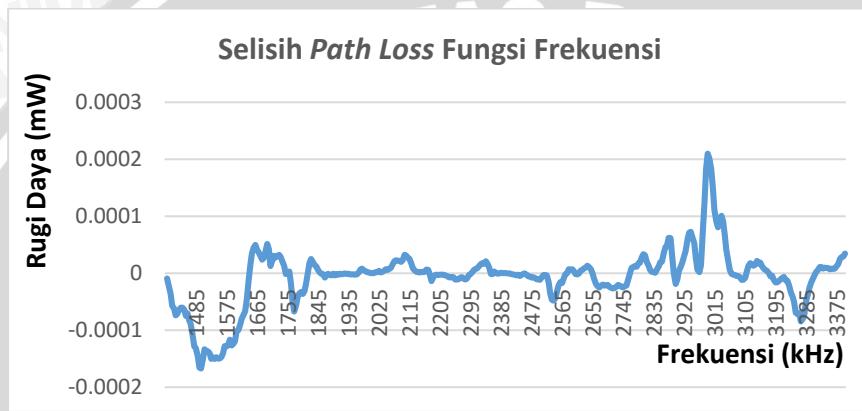
Gambar 25 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



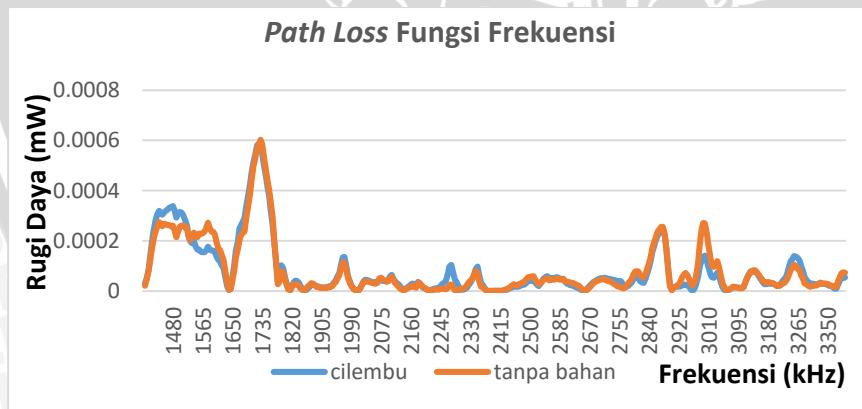
Gambar 26 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



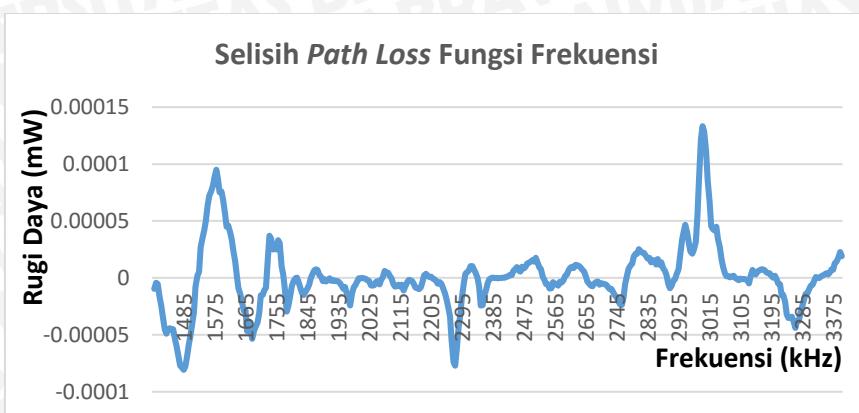
Gambar 27 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



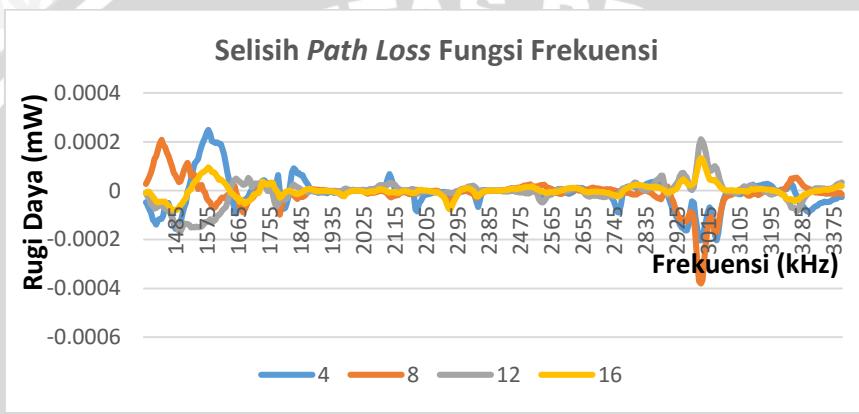
Gambar 28 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 29 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

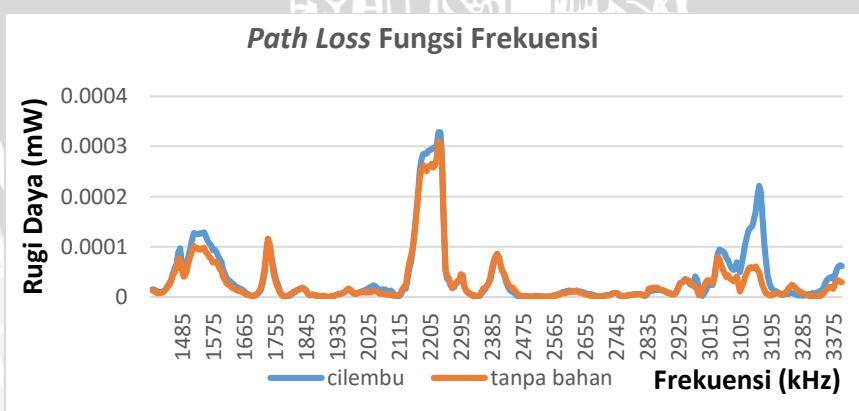


Gambar 30 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

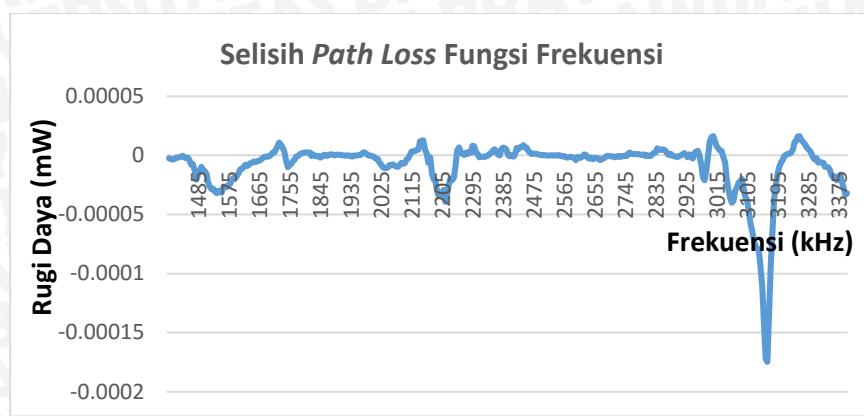


Gambar 31 Grafik gabungan selisih pengujian ubi cilembu pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*.

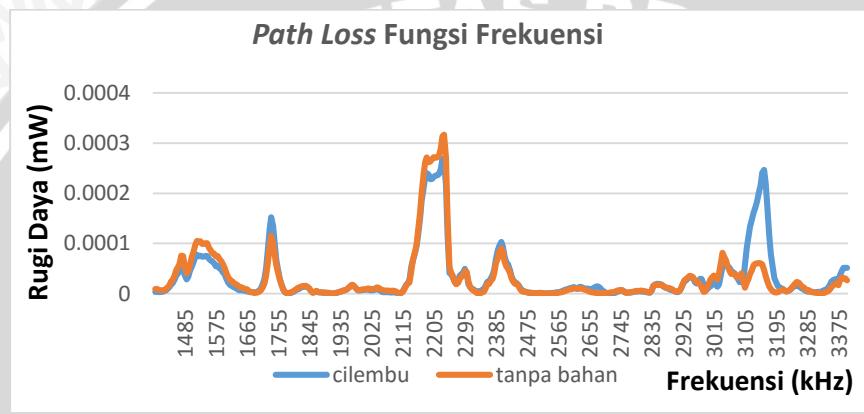
C. Pengujian Ke-Tiga



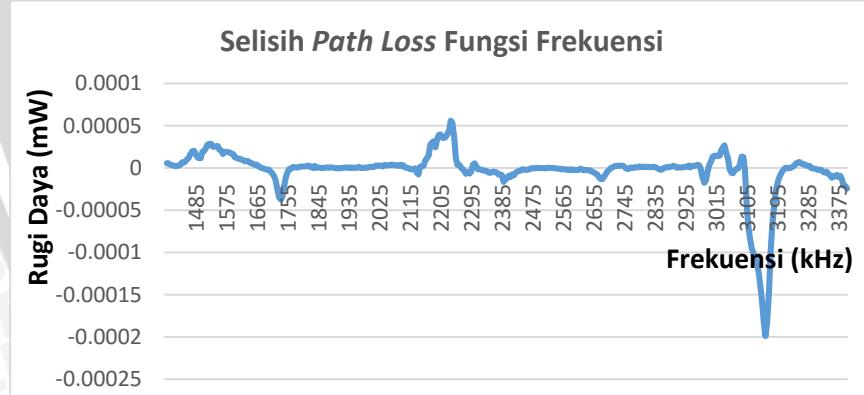
Gambar 32 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*



Gambar 33 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

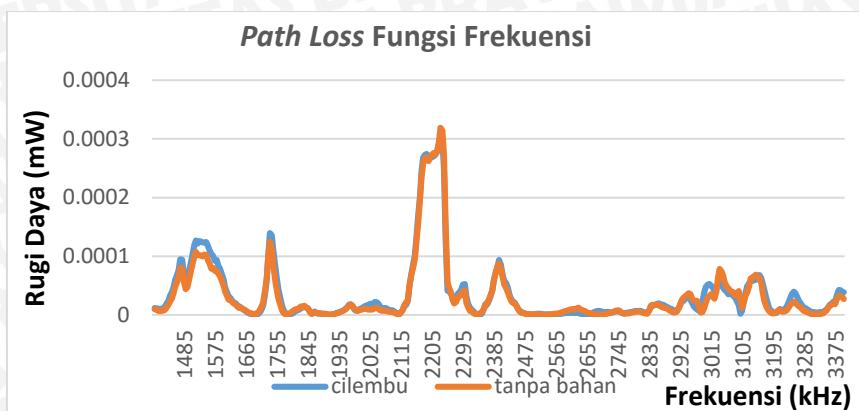


Gambar 34 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn

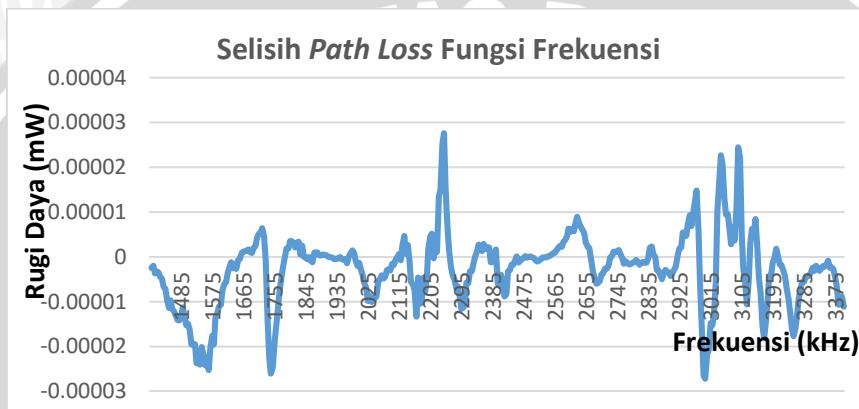


Gambar 35 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

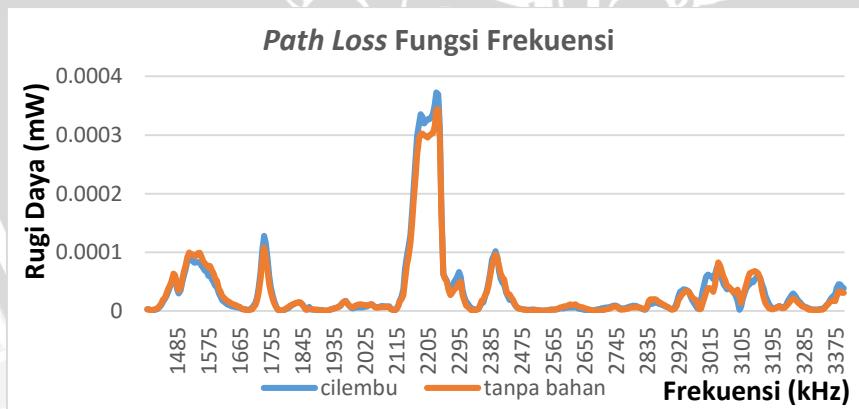




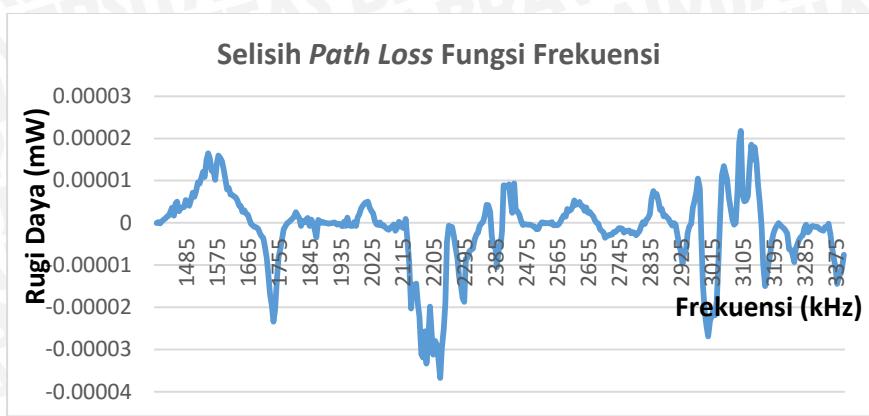
Gambar 36 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



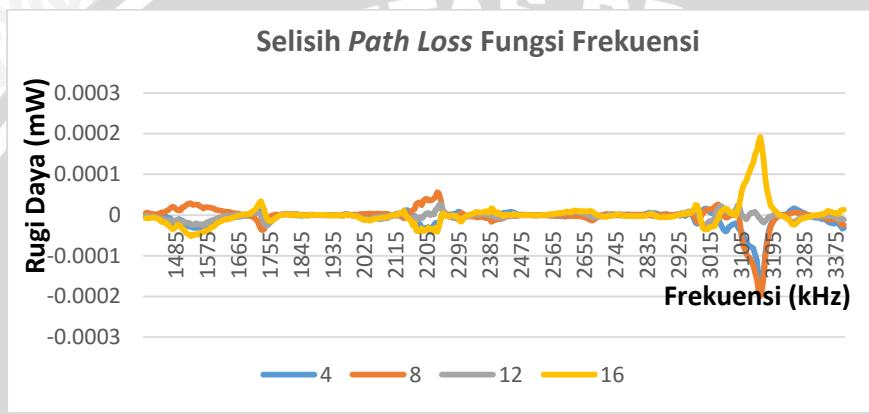
Gambar 37 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 38 Pengujian Ubi Cilembu pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*



Gambar 39 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



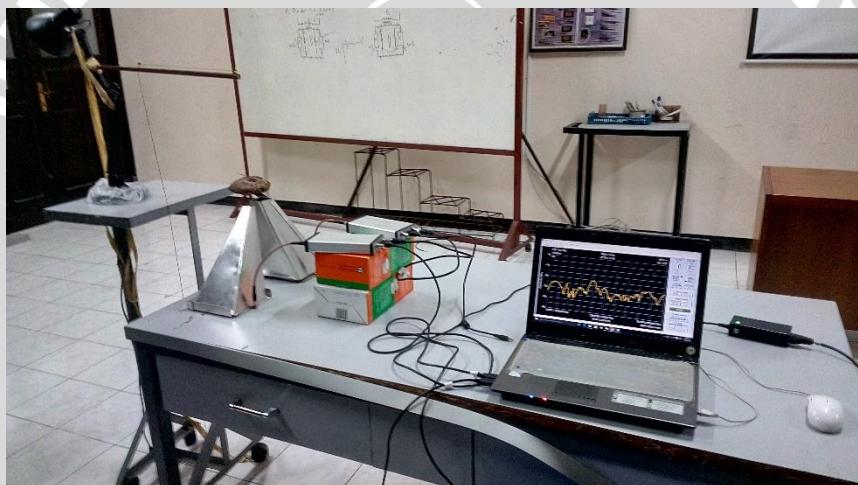
Gambar 40 Grafik gabungan selisih pengujian ubi cilembu pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung horn.

Lampiran 3. Gambar Pengujian Umbi Iles-iles

A. Gambar Umbi Iles-iles Uji dan Set-Up Pengukuran

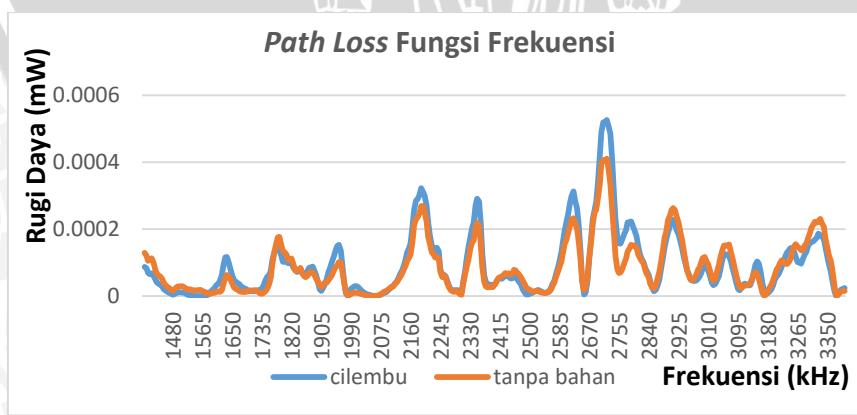


Gambar 41 Umbi Iles-iles uji

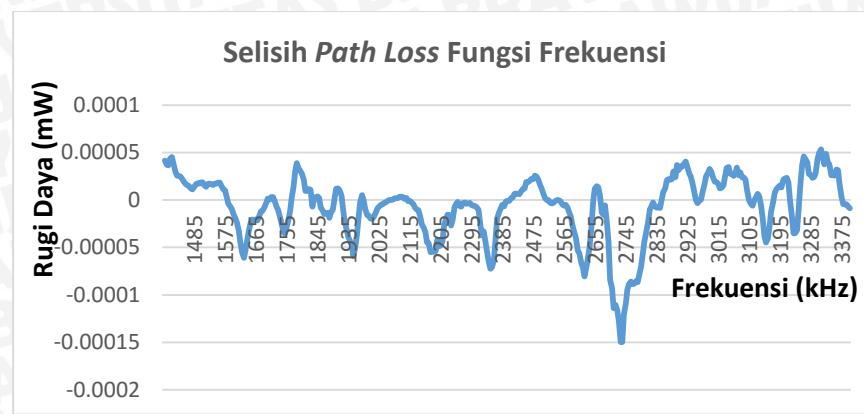


Gambar 42 Set-UP Pengukuran Umbi Iles-iles

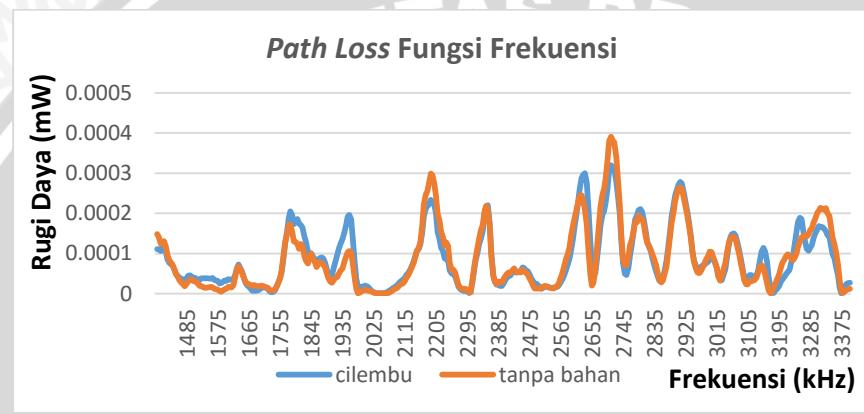
B. Pengujian Pertama



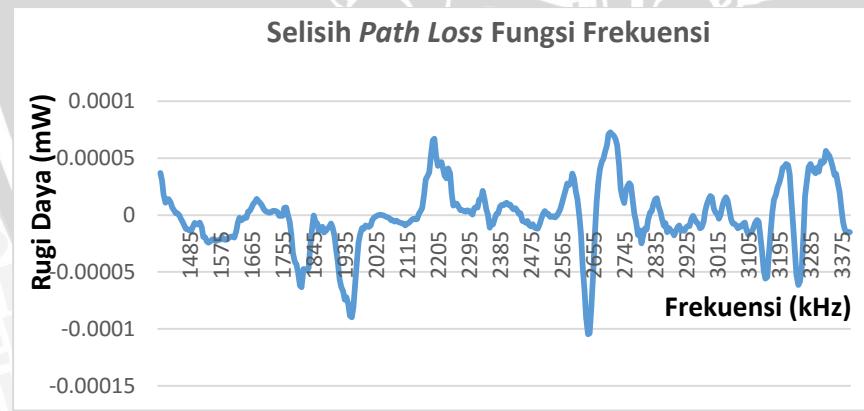
Gambar 43 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



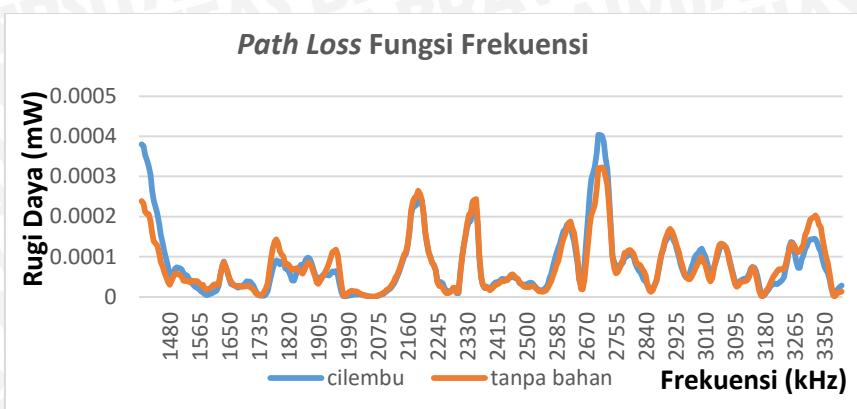
Gambar 44 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



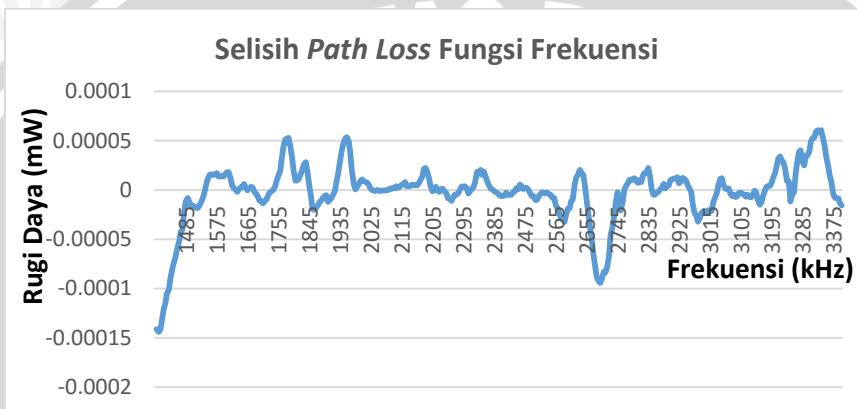
Gambar 45 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



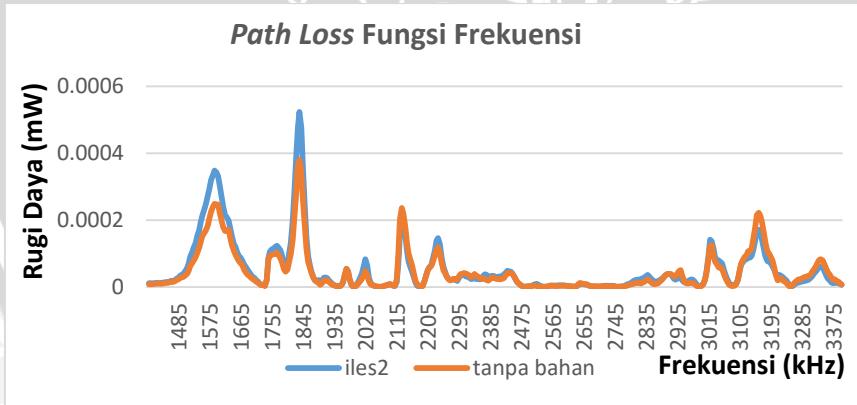
Gambar 46 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



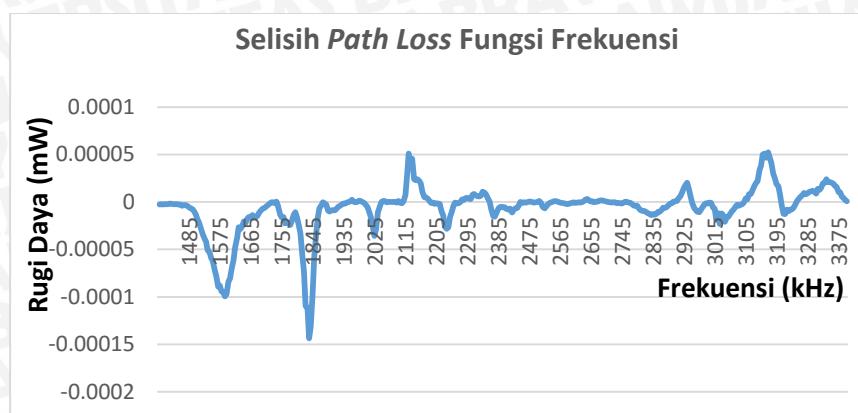
Gambar 47 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 12 cm dari Ujung Horn



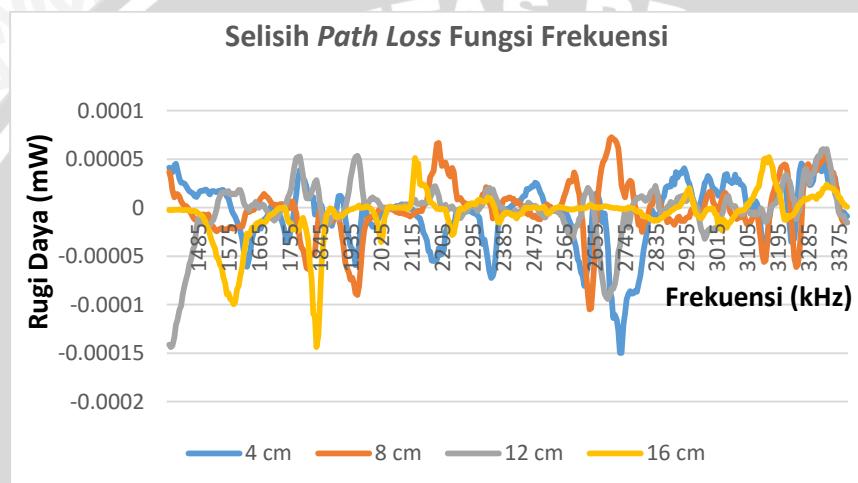
Gambar 48 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 49 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 16 cm dari Ujung Horn

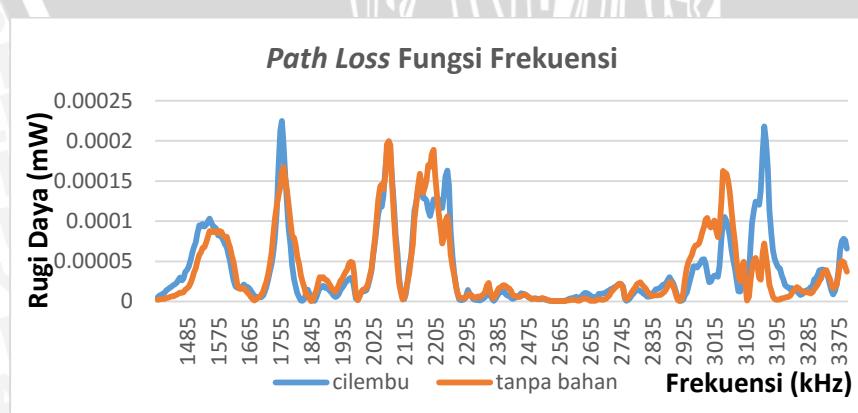


Gambar 50 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

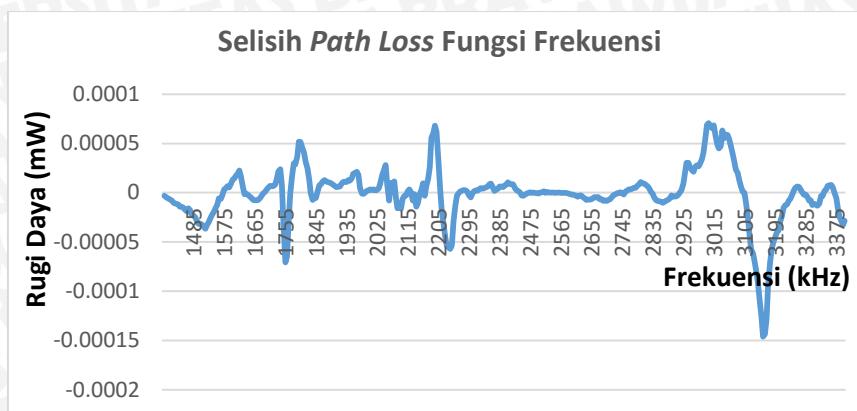


Gambar 51 Grafik gabungan selisih pengujian umbi ilies-iles pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung horn.

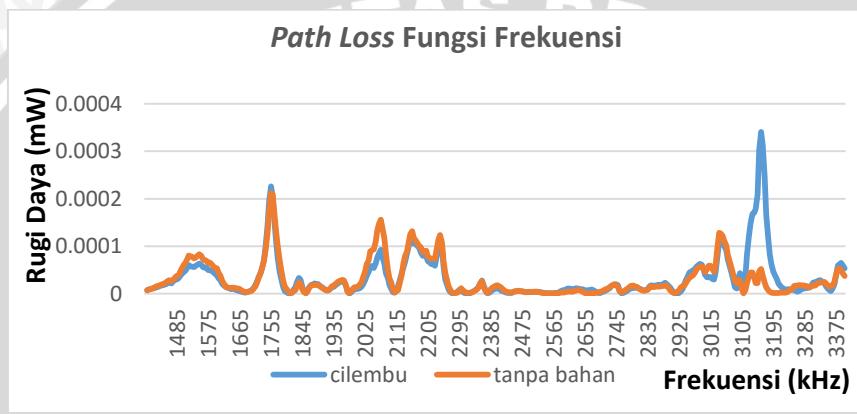
C. Pengujian Ke-Dua



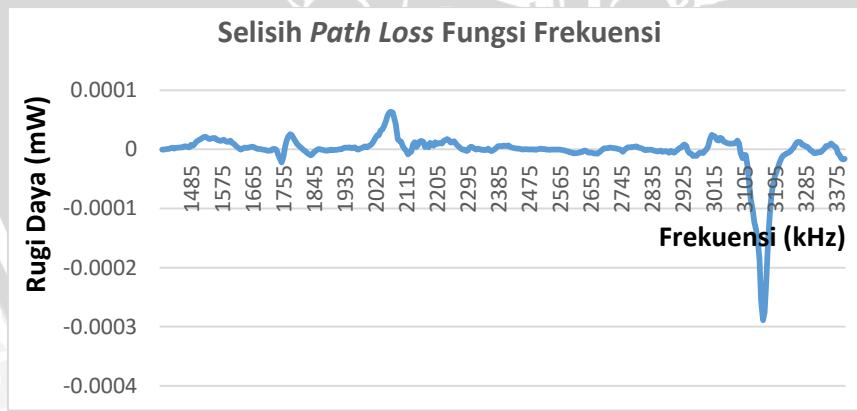
Gambar 52 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



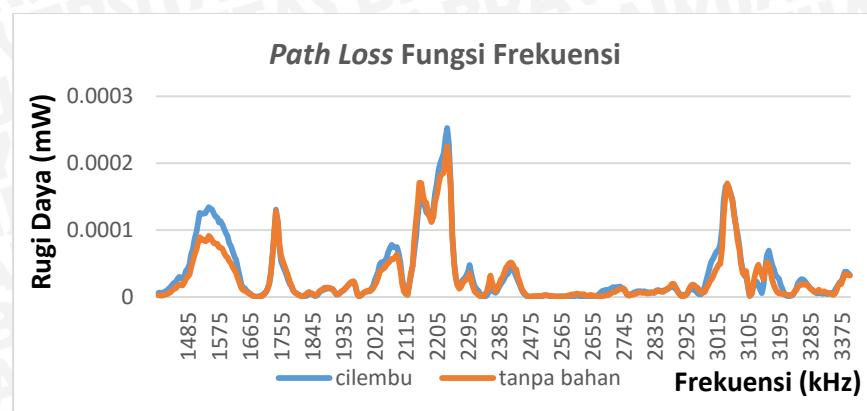
Gambar 53 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



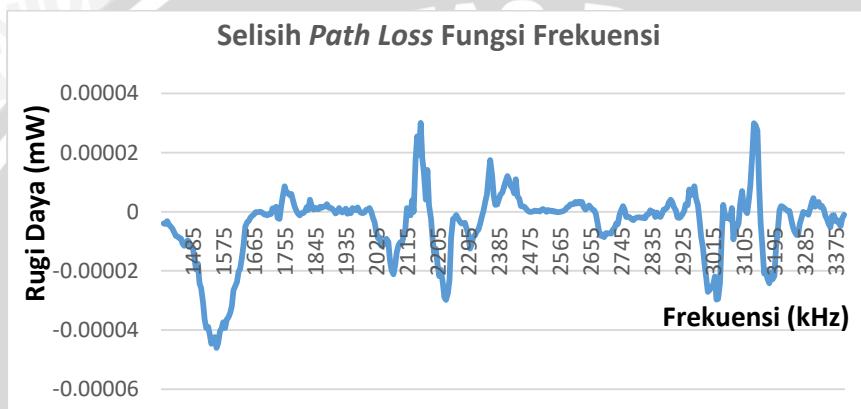
Gambar 54 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



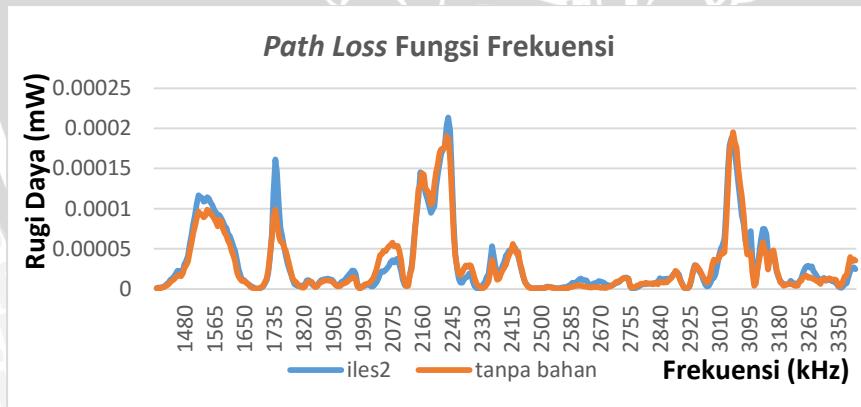
Gambar 55 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



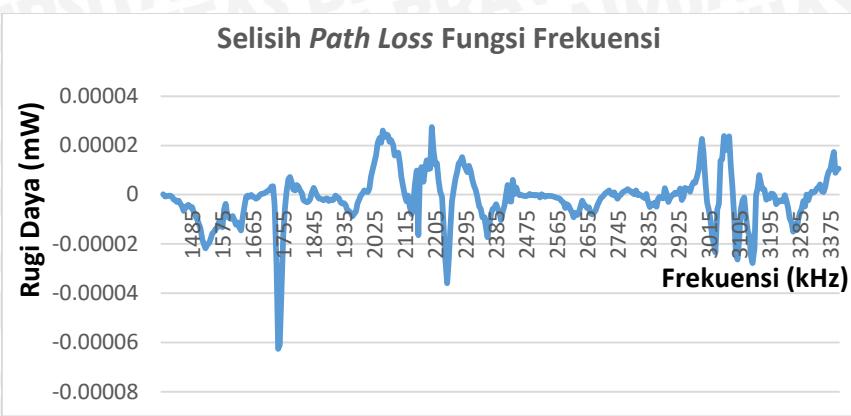
Gambar 56 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 12 cm dari Ujung Horn



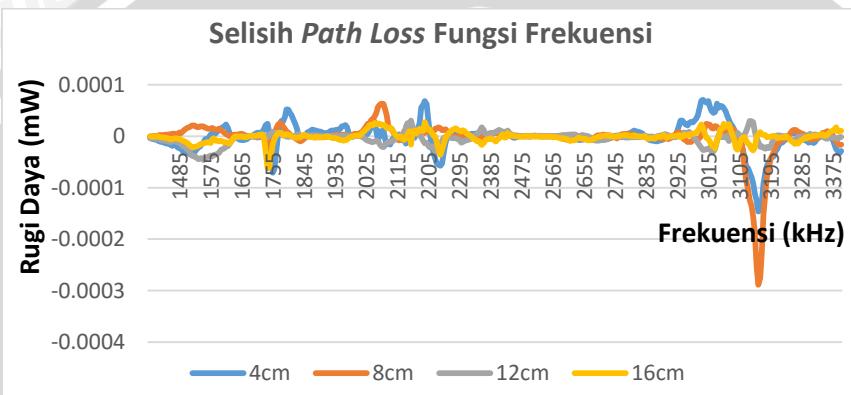
Gambar 57 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



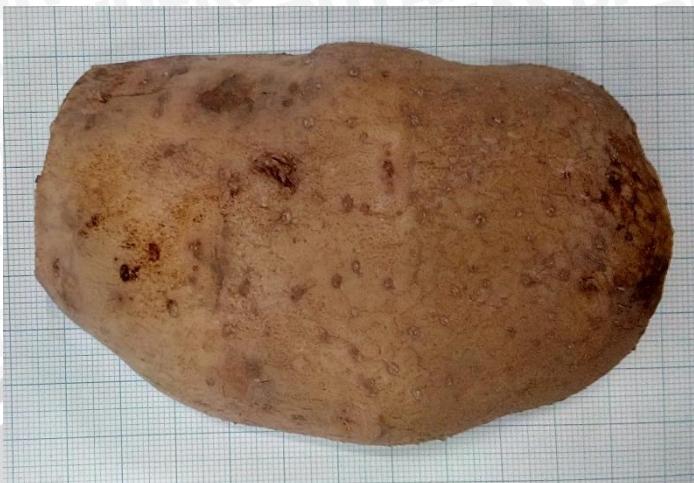
Gambar 58 Pengujian Umbi Iles-iles pada Jarak 16 cm dari Ujung Horn



Gambar 59 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



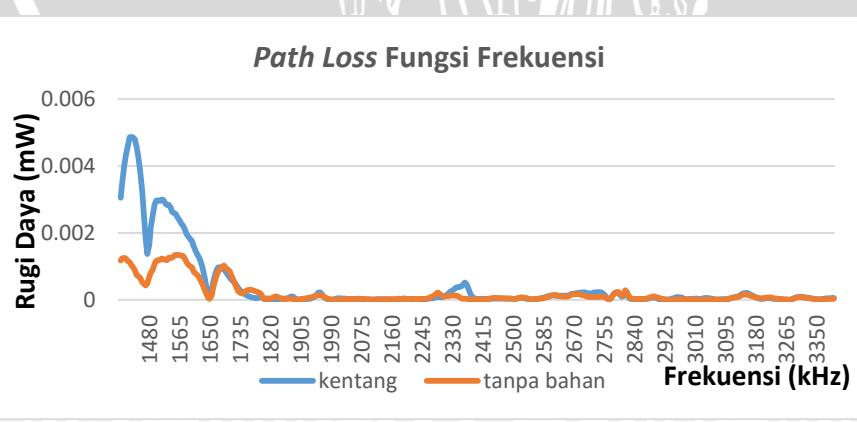
Gambar 60 Grafik gabungan selisih pengujian umbi iles-iles pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

Lampiran 4. Gambar Pengujian Umbi Kentang**A. Gambar Umbi Kentang Uji dan Set-Up Pengukuran**

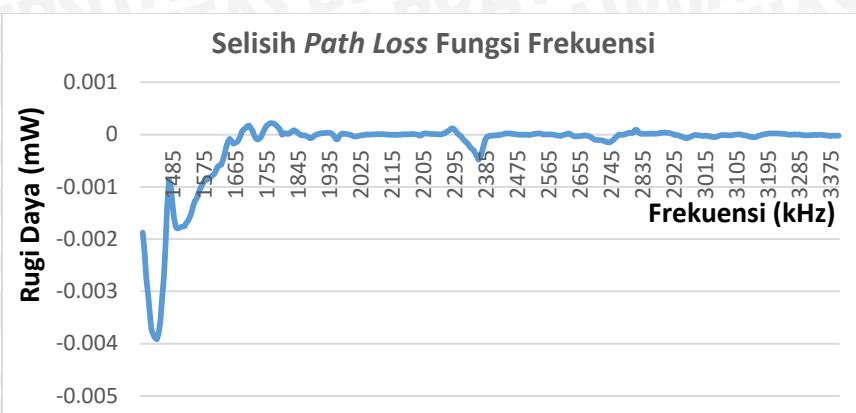
Gambar 61 Umbi Kentang uji



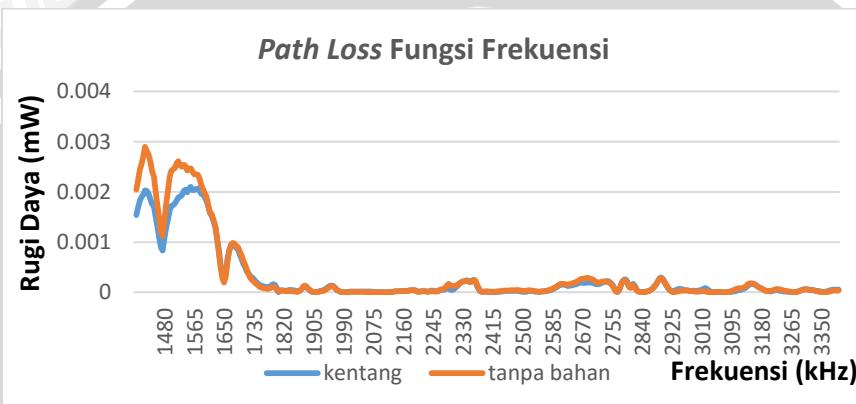
Gambar 62 Set-UP Pengukuran Umbi Kentang

B. Pengujian Pertama

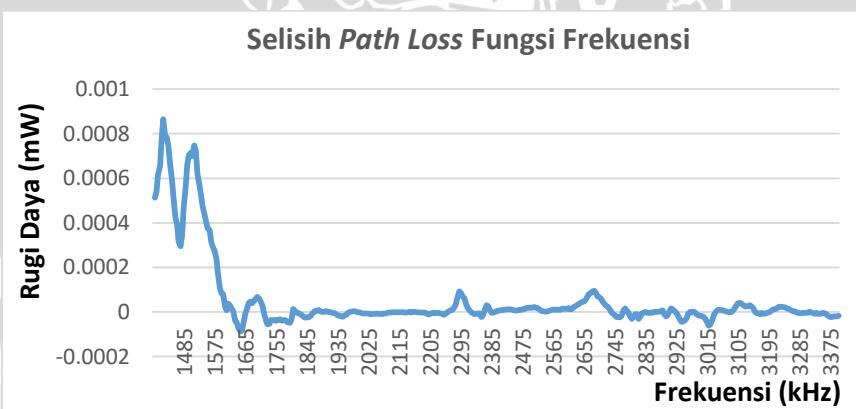
Gambar 63 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



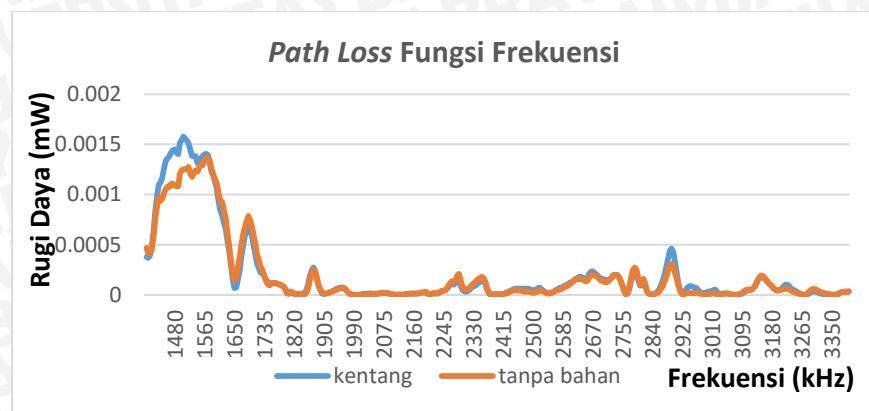
Gambar 64 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



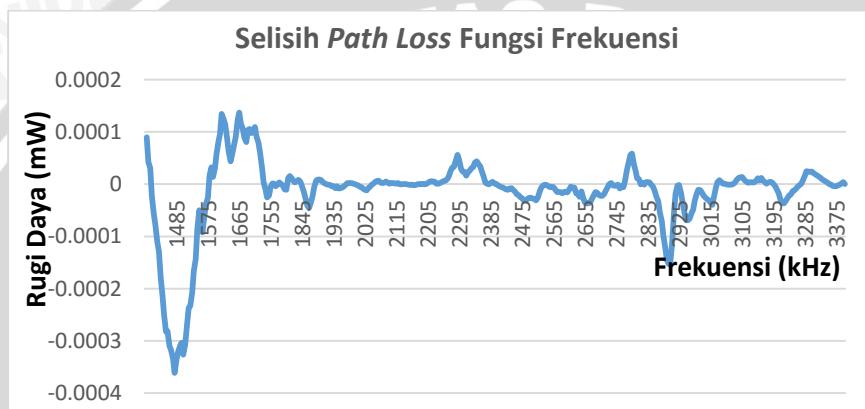
Gambar 65 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



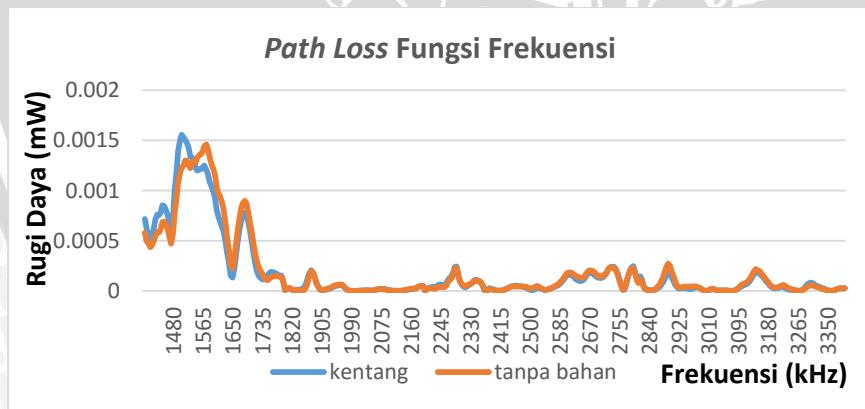
Gambar 66 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



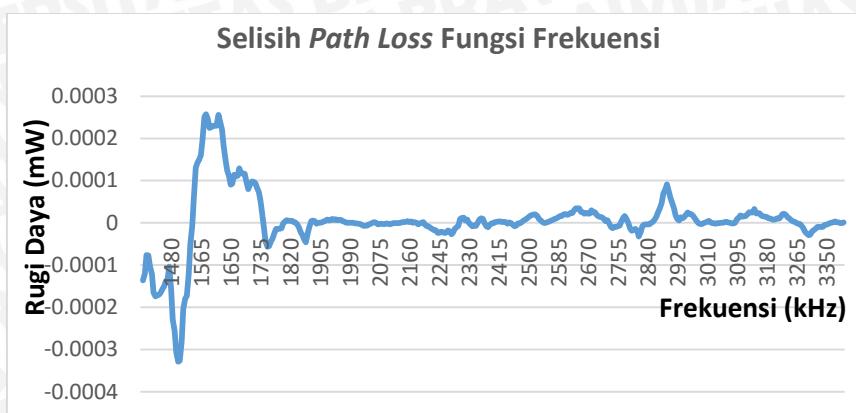
Gambar 67 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



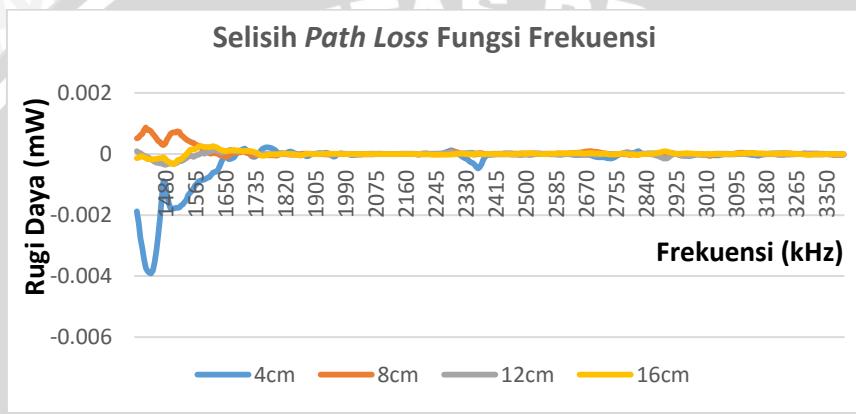
Gambar 68 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 69 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

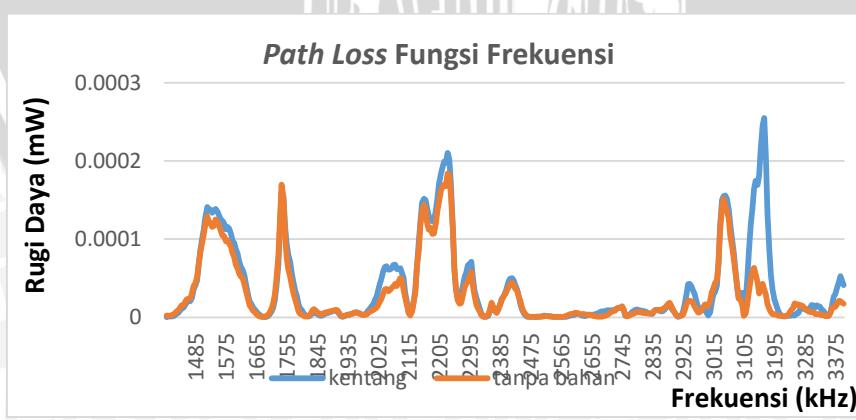


Gambar 70 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

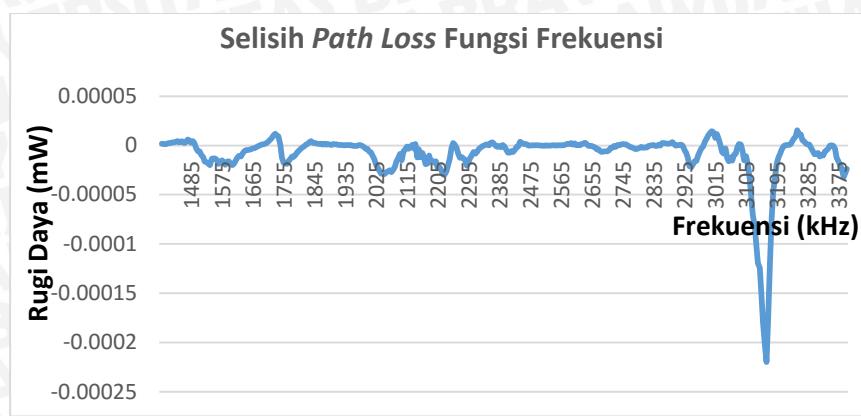


Gambar 71 Grafik gabungan selisih pengujian umbi kentang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*.

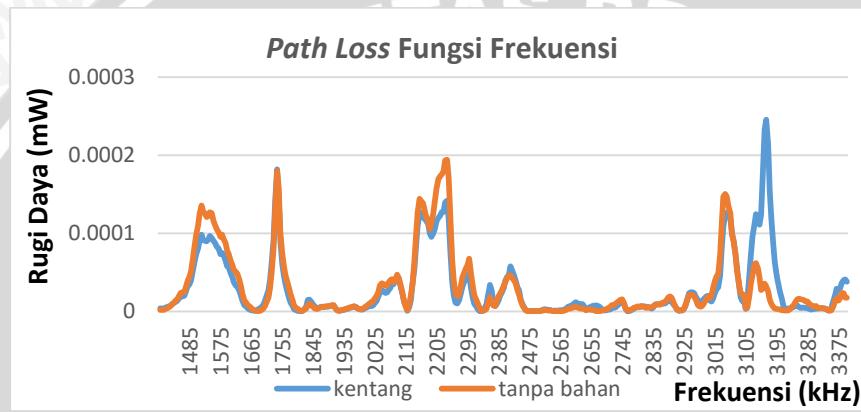
C. Pengujian Ke-Tiga



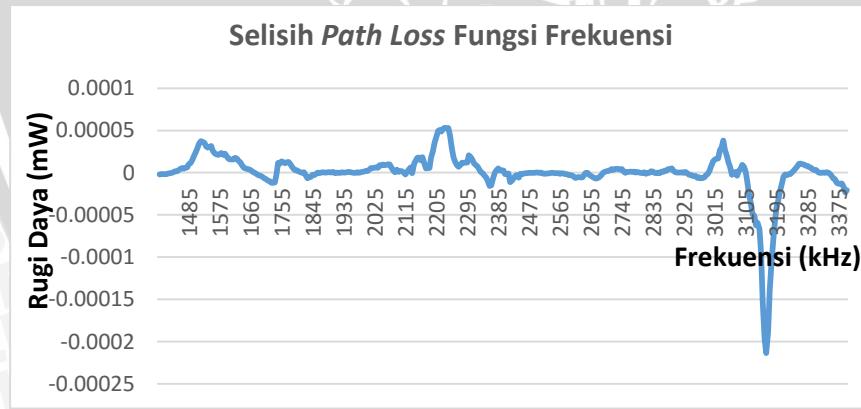
Gambar 72 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*



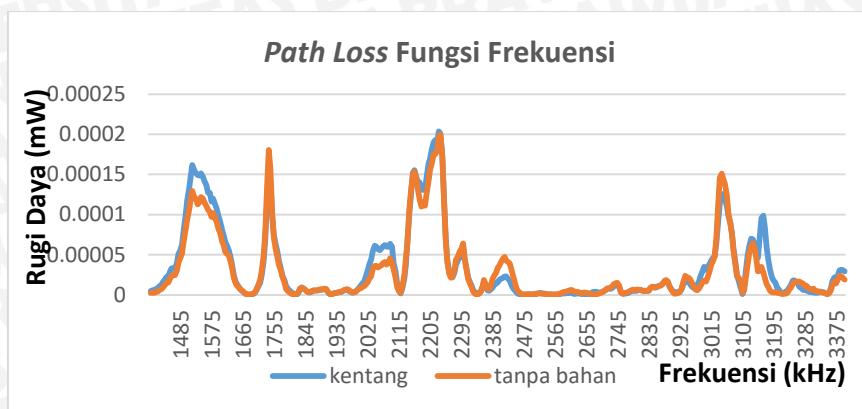
Gambar 73 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



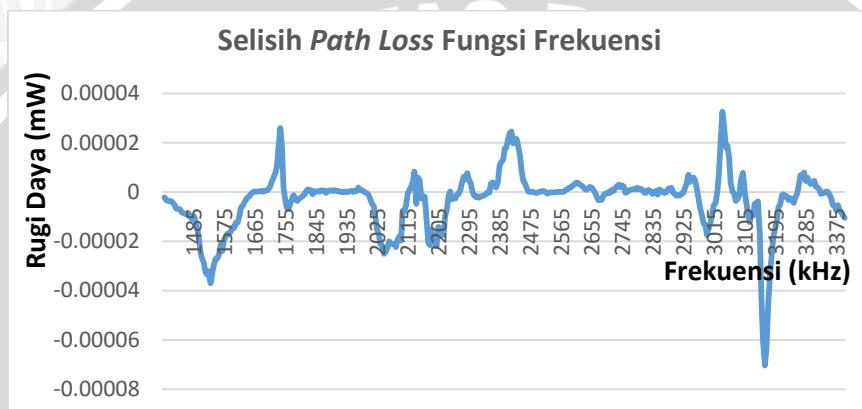
Gambar 74 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



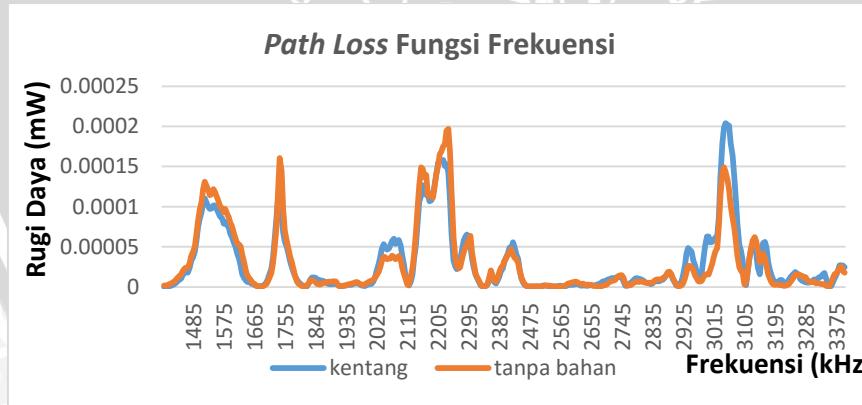
Gambar 75 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 76 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

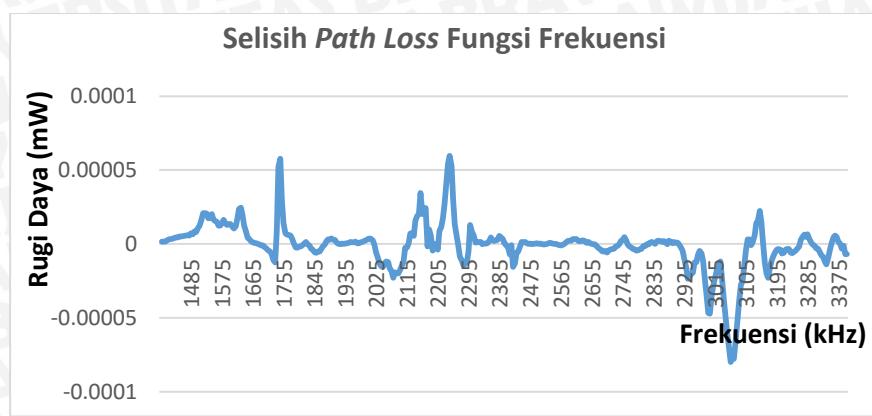


Gambar 77 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

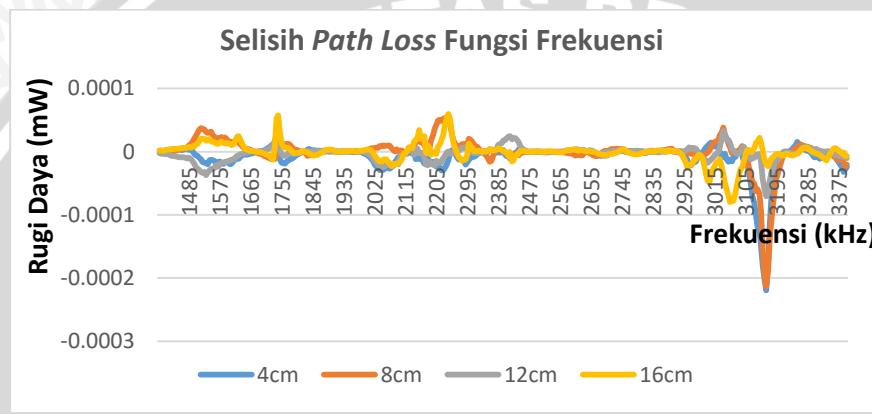


Gambar 78 Pengujian Umbi Kentang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*





Gambar 79 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 80 Grafik gabungan selisih pengujian umbi kentang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*.

Lampiran 5. Gambar Pengujian Umbi Porang

A. Gambar Umbi Porang Uji dan Set-UP Pengukuran

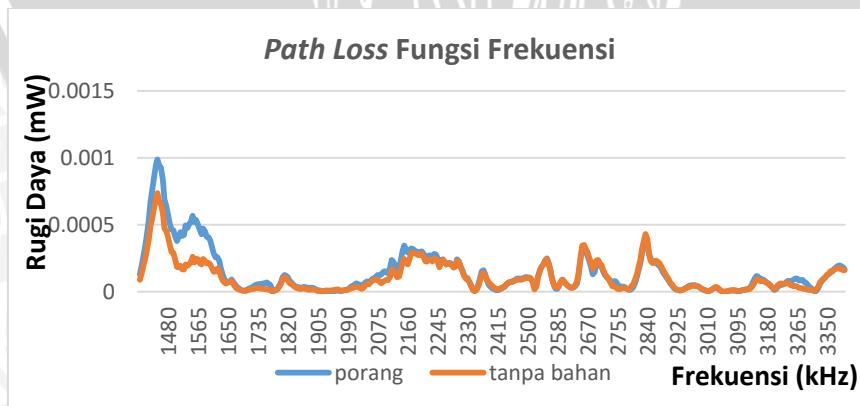


Gambar 81 Umbi Porang Uji

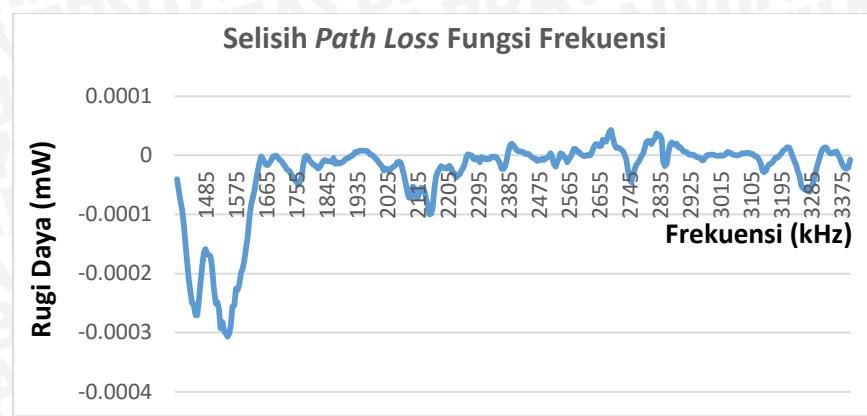


Gambar 82 Set-UP Pengukuran Umbi Porang

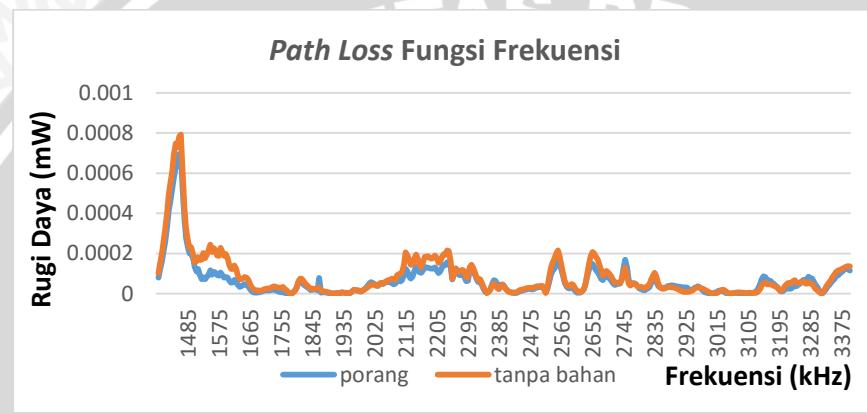
B. Pengujian Pertama



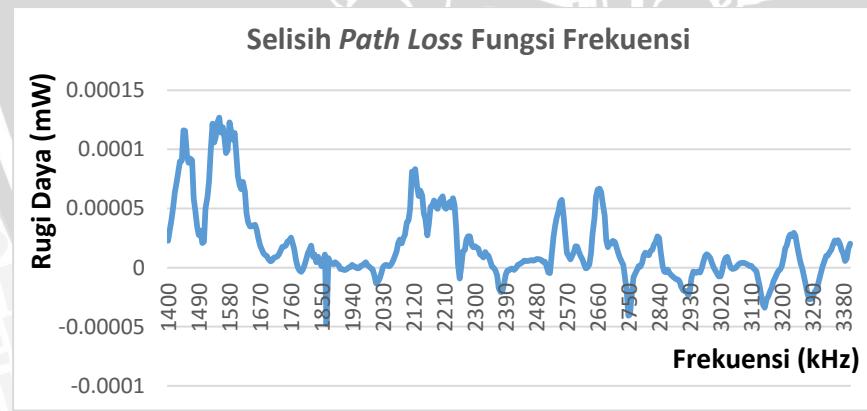
Gambar 83 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



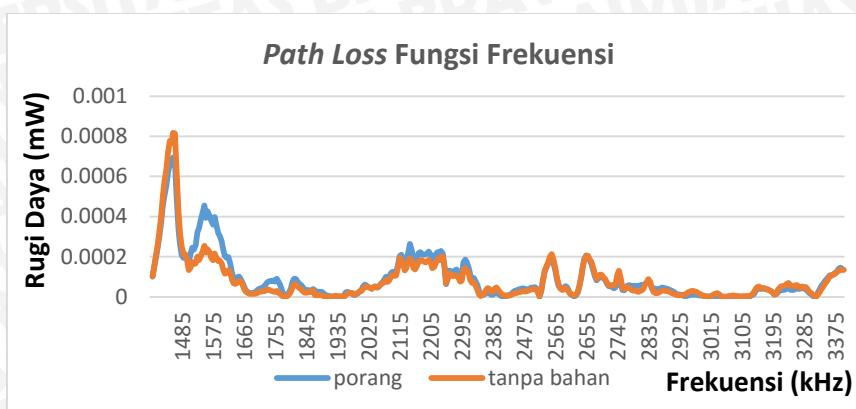
Gambar 84 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



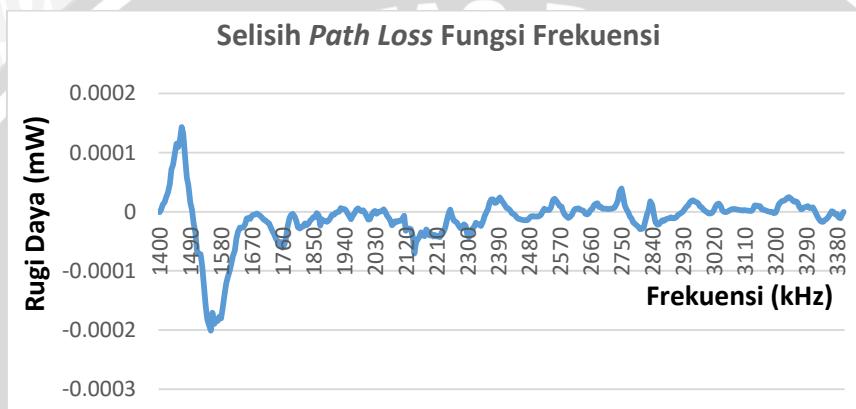
Gambar 85 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



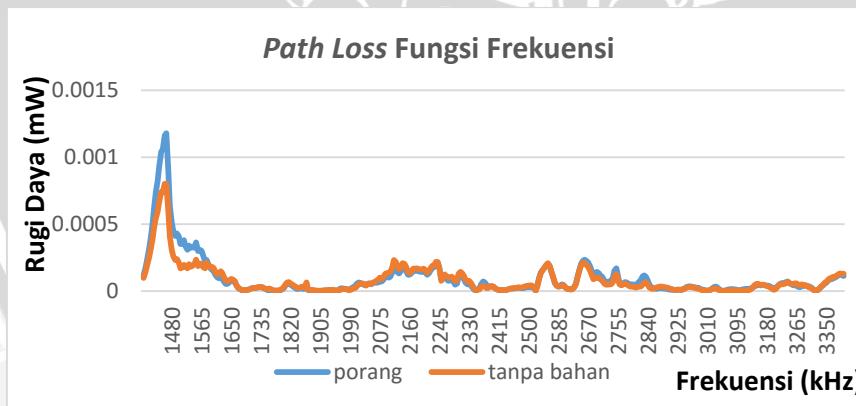
Gambar 86 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



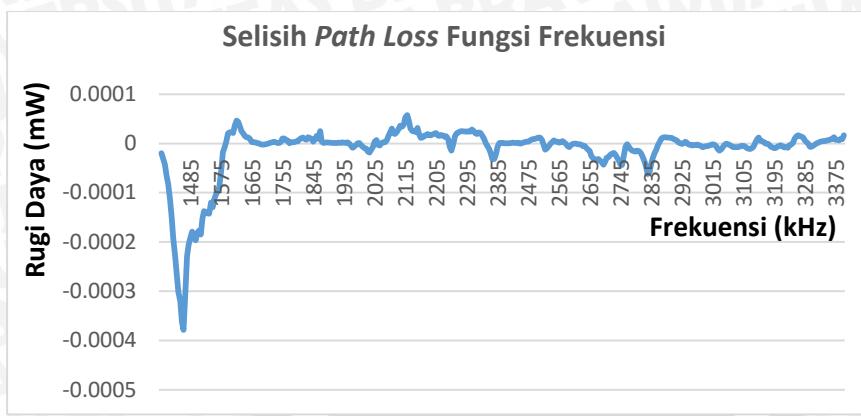
Gambar 87 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



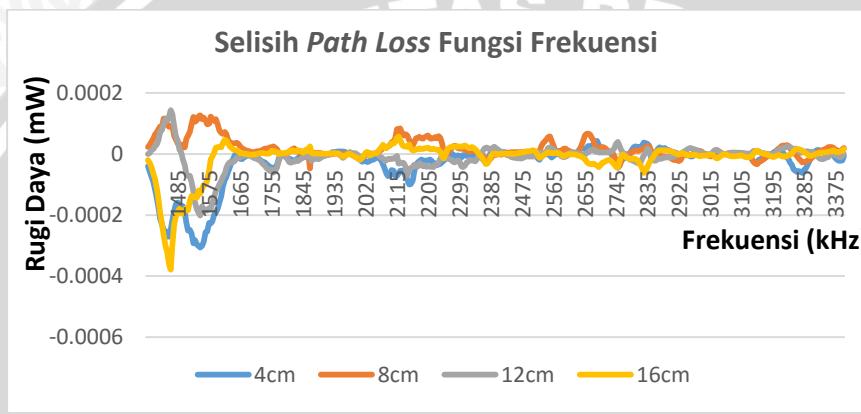
Gambar 88 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 89 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

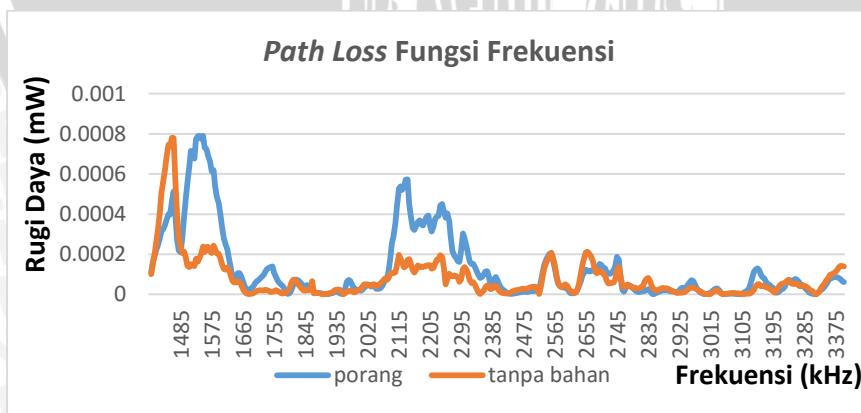


Gambar 90 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

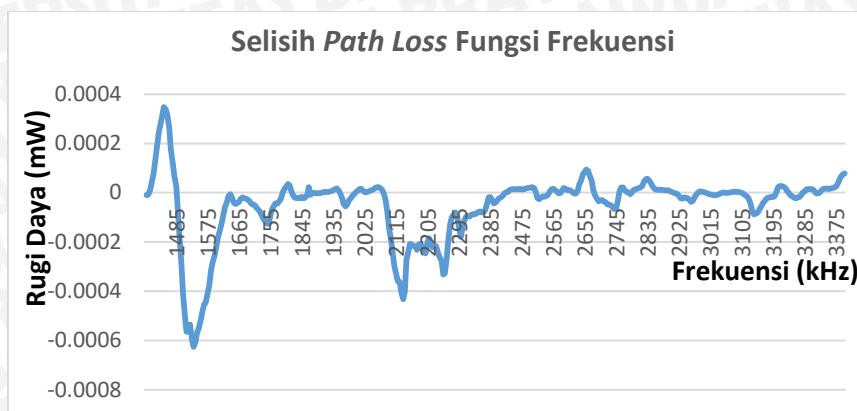


Gambar 91 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

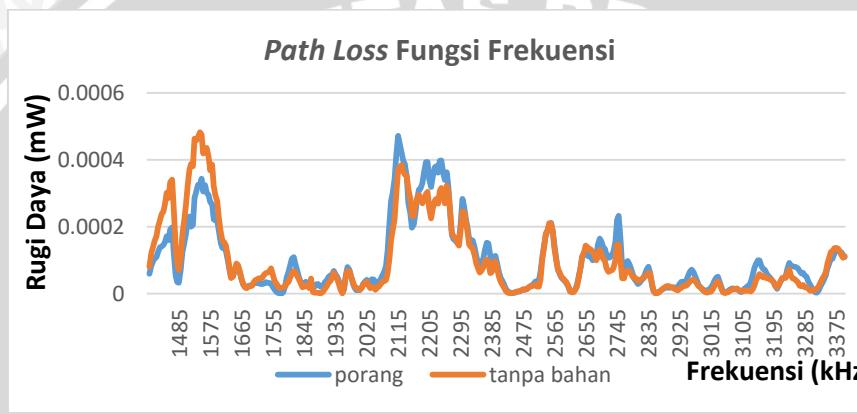
C. Pengujian Ke-Tiga



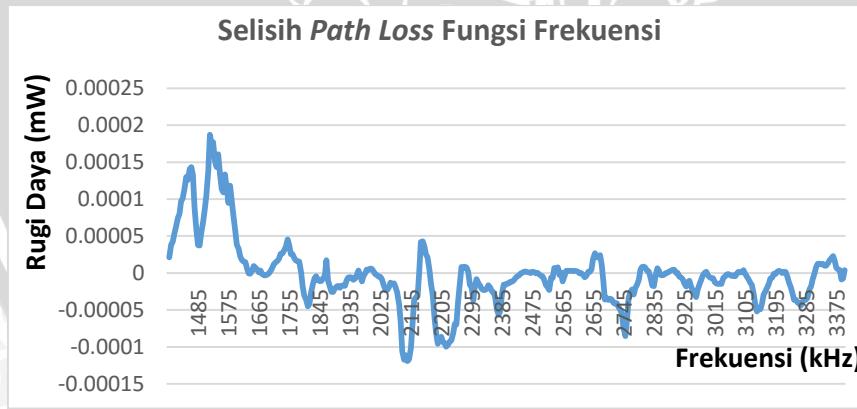
Gambar 92 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 4 cm dari Ujung *Horn*



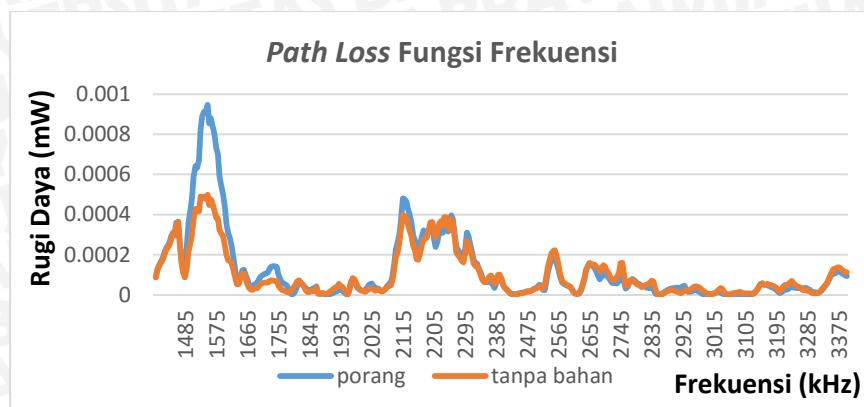
Gambar 93 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



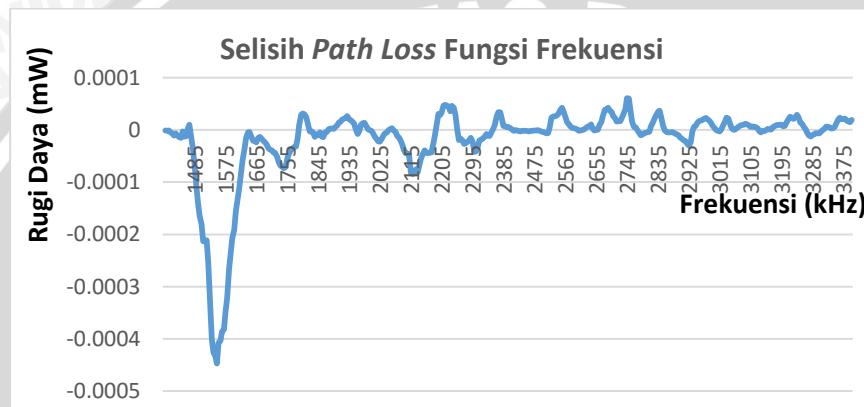
Gambar 94 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



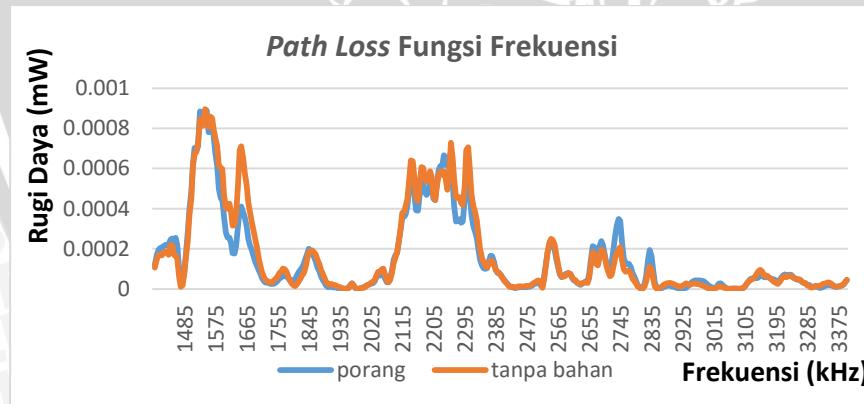
Gambar 95 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



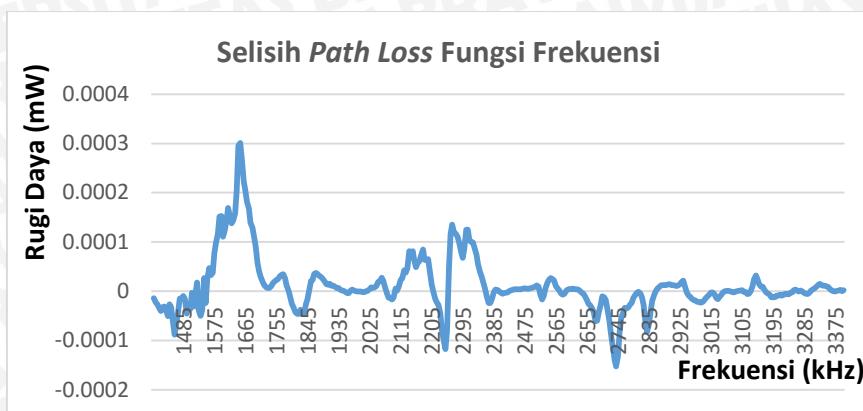
Gambar 96 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



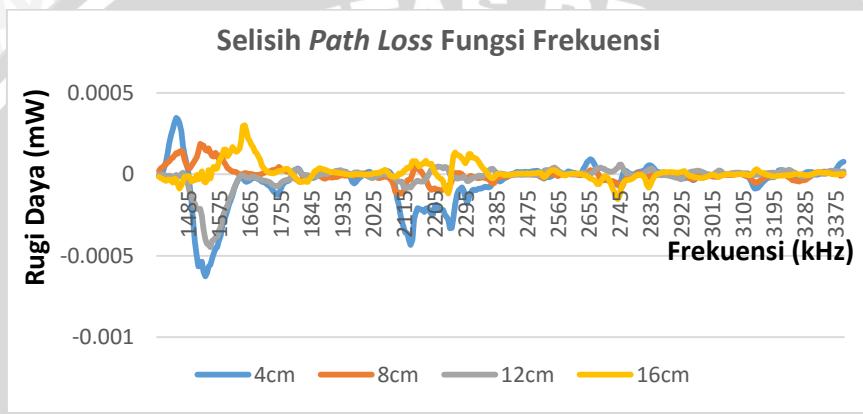
Gambar 97 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 98 Pengujian Umbi Porang pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

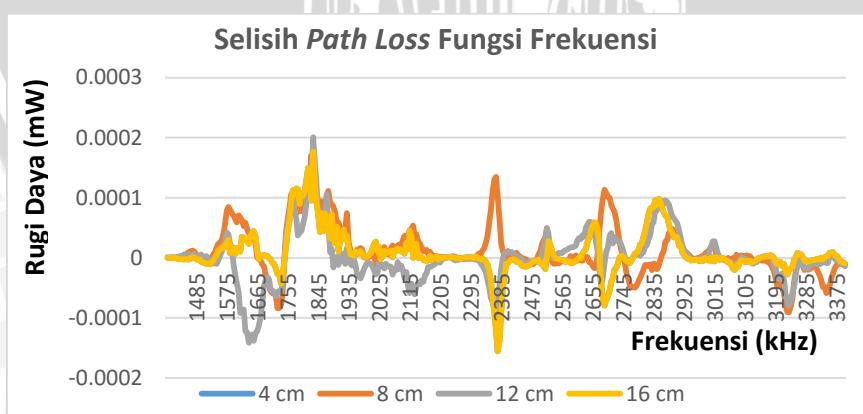


Gambar 99 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

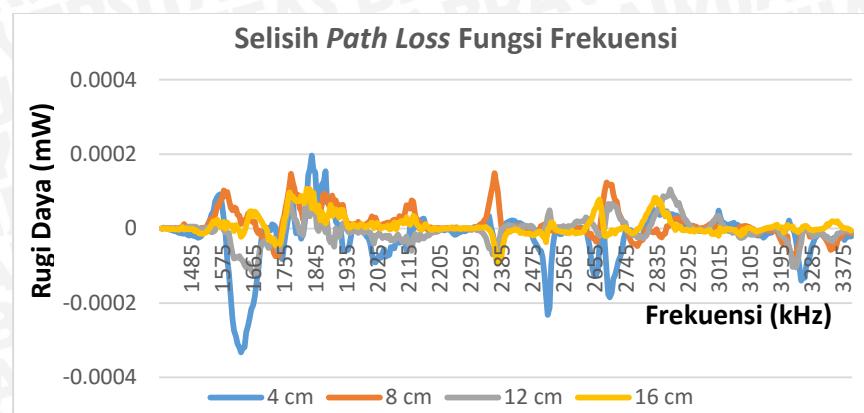


Gambar 100 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

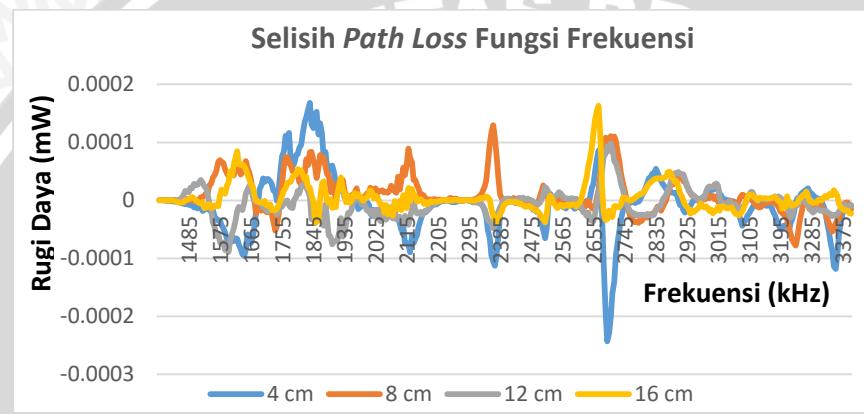
D. Pengujian Ulang Umbi Porang Ketebalan 1 cm



Gambar 101 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

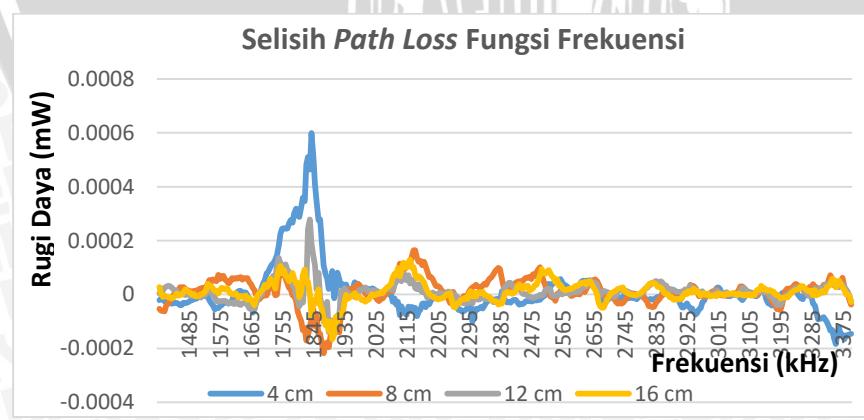


Gambar 102 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

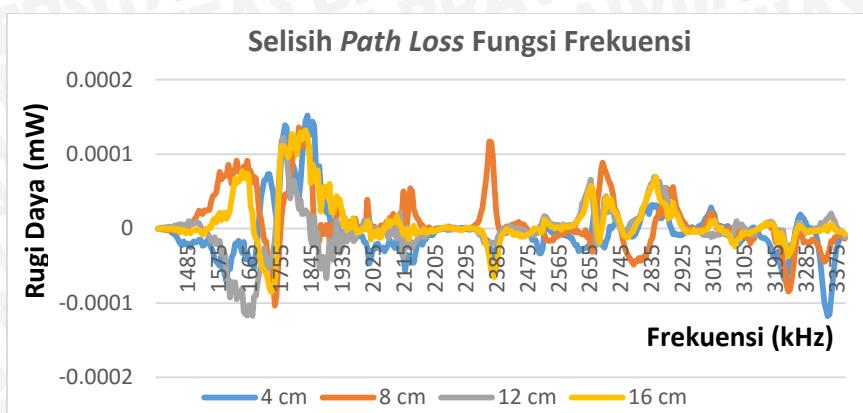


Gambar 103 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

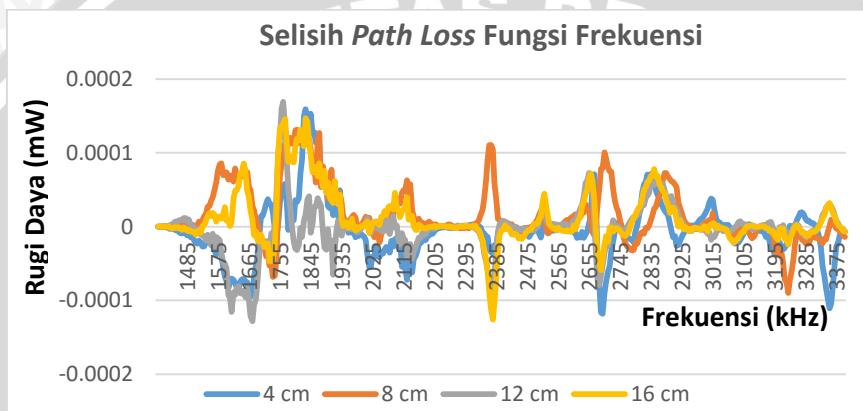
E. Pengujian Ulang Umbi Porang Ketebalan 3 cm



Gambar 104 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*



Gambar 105 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*



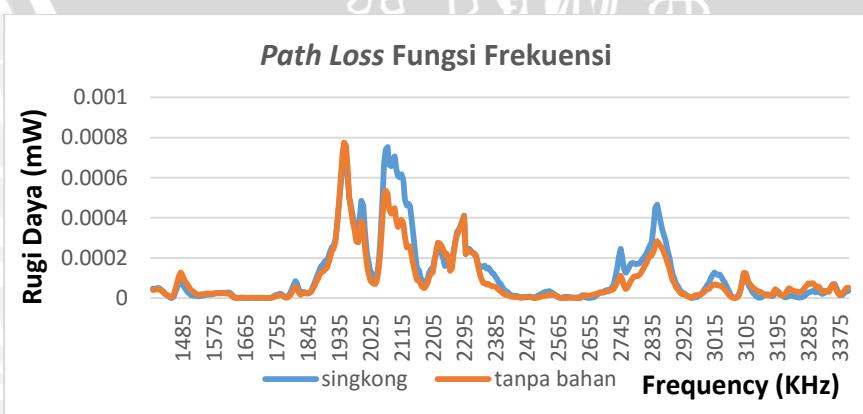
Gambar 106 Grafik gabungan selisih pengujian umbi porang pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

Lampiran 6. Gambar Pengujian umbi Singkong**A. Gambar Umbi Singkong Uji dan Set-Up Pengukuran**

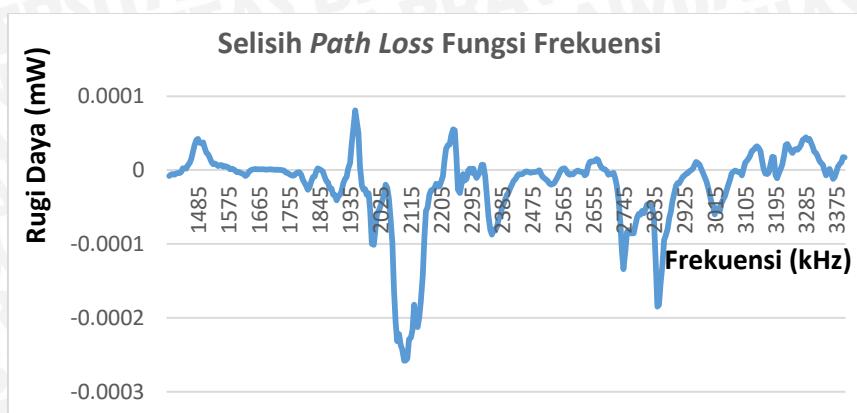
Gambar 107 Umbi Singkong



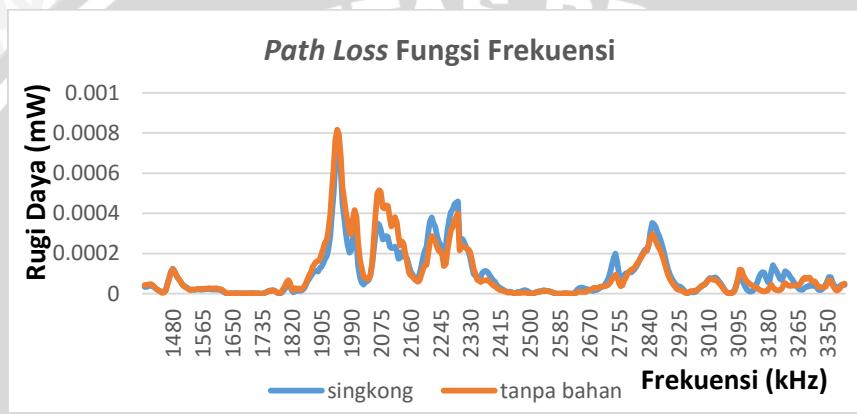
Gambar 108 Set-UP Pengukuran Umbi Singkong

B. Pengujian Ke-Dua

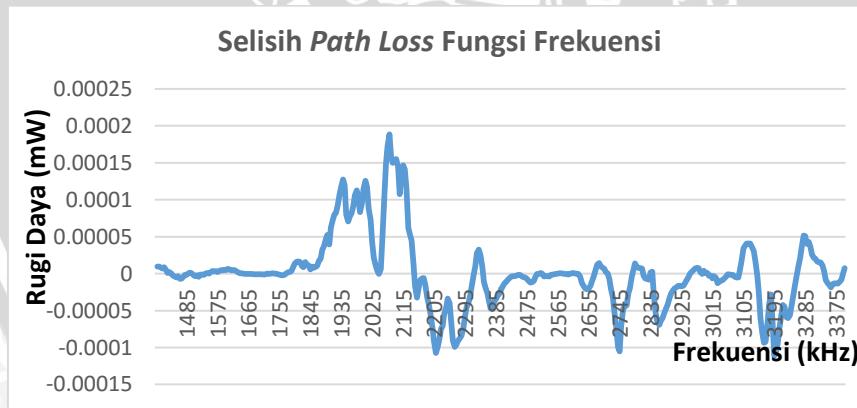
Gambar 109 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 4 cm dari Ujung Horn



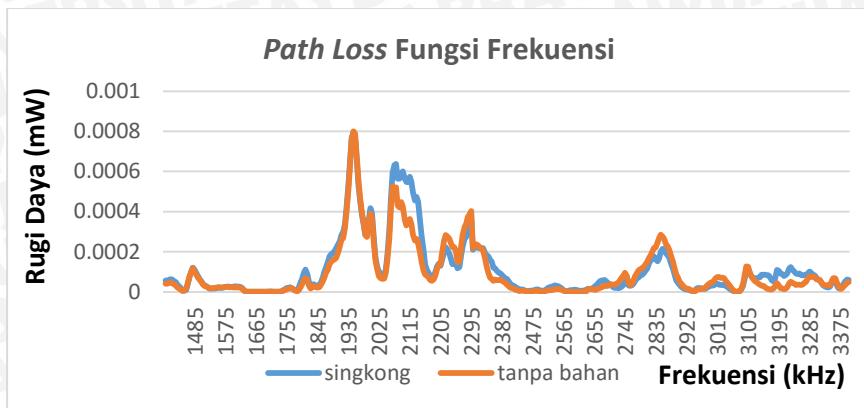
Gambar 110 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



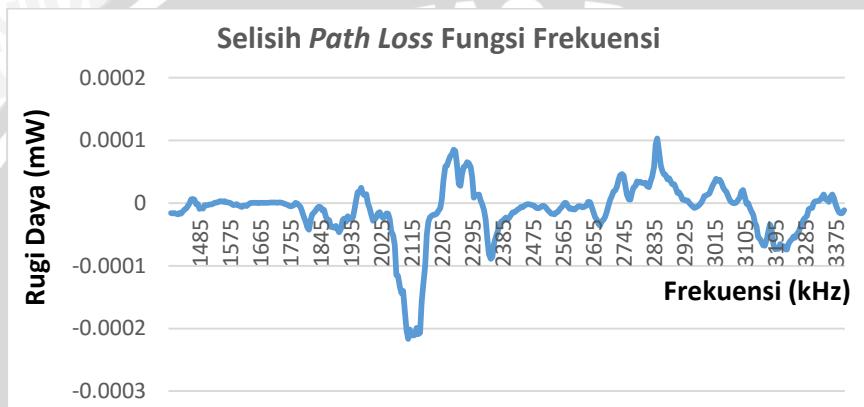
Gambar 111 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 8 cm dari Ujung *Horn*



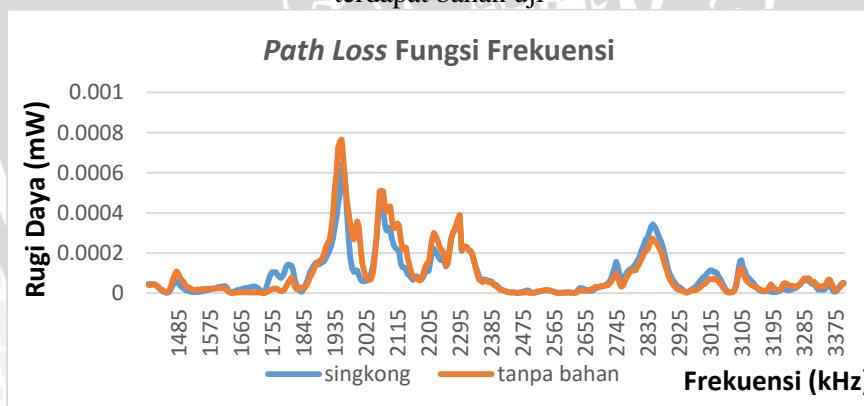
Gambar 112 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



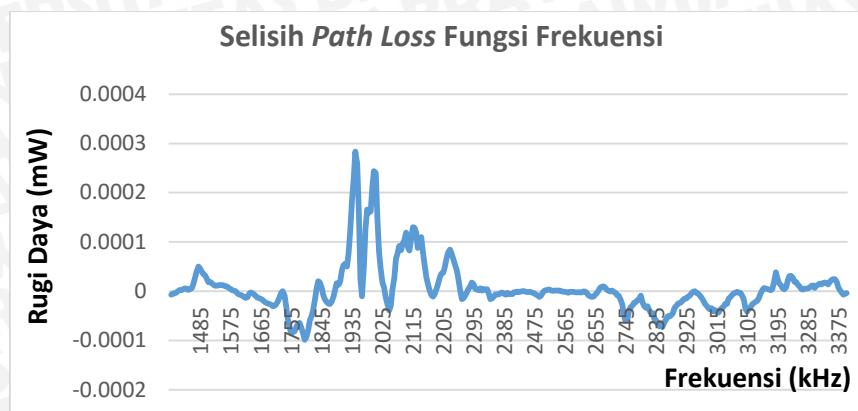
Gambar 113 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*



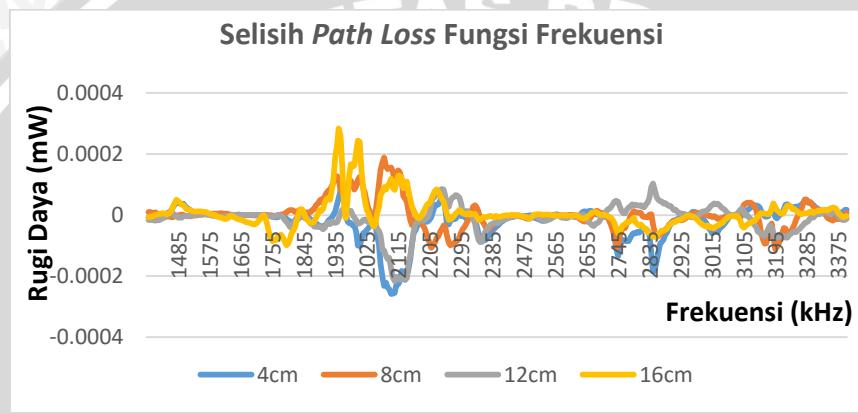
Gambar 114 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 115 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*

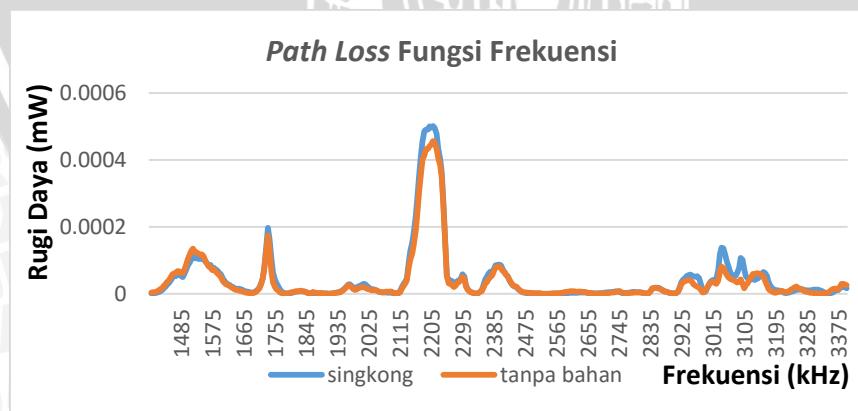


Gambar 116 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

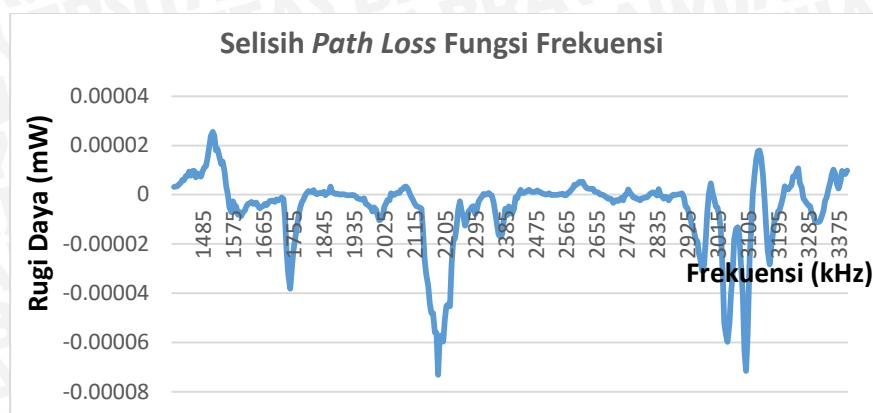


Gambar 117 Grafik gabungan selisih pengujian umbi singkong pada jarak 4, 8, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*

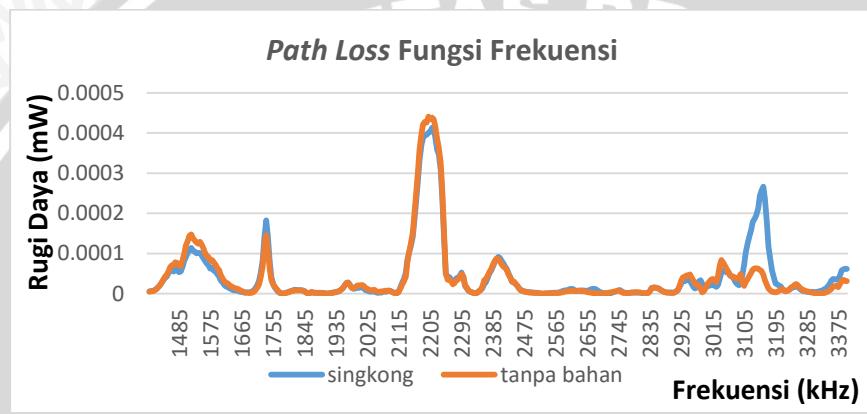
C. Pengujian Ke-Tiga



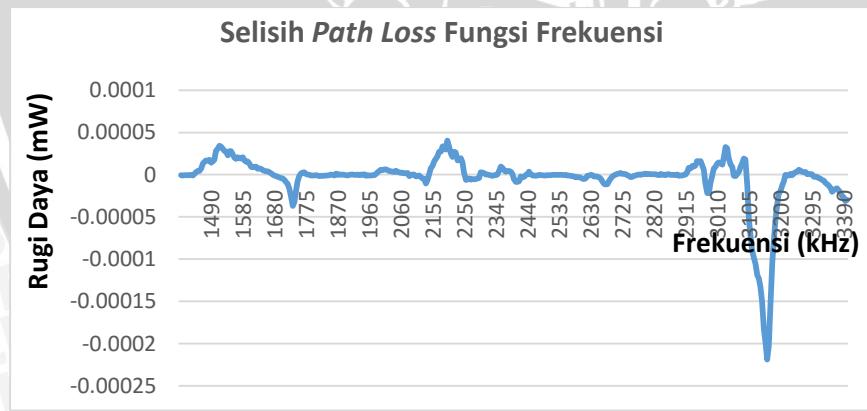
Gambar 118 Pengujian Umbi Singkong pada Penambahan Jarak 4 cm



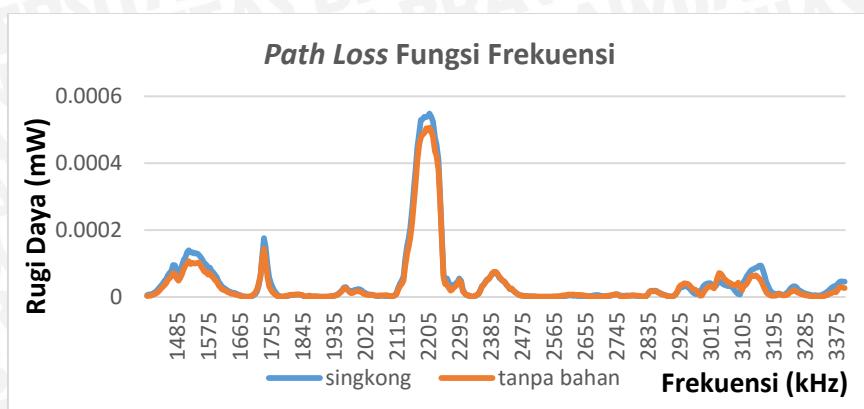
Gambar 119 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



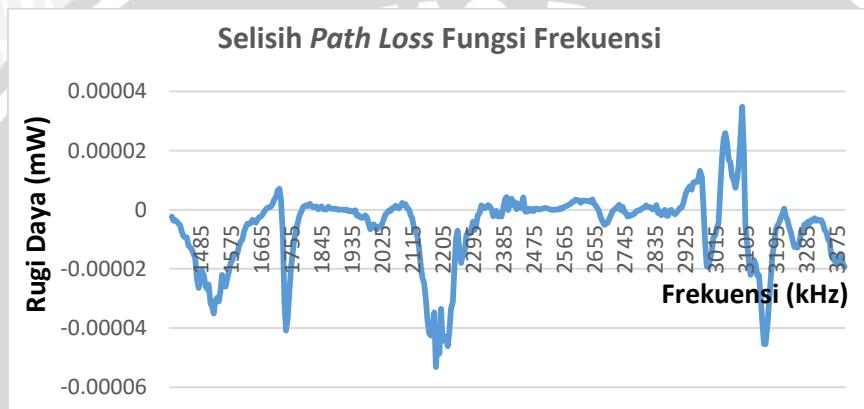
Gambar 120 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 8 cm dari Ujung Horn



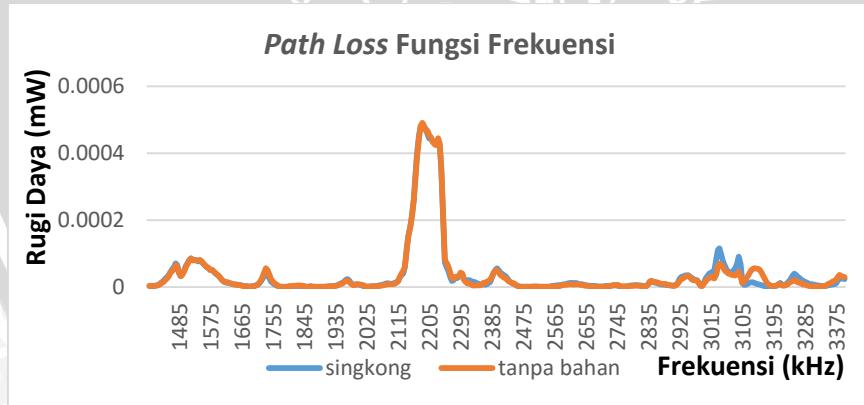
Gambar 121 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 122 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 12 cm dari Ujung *Horn*

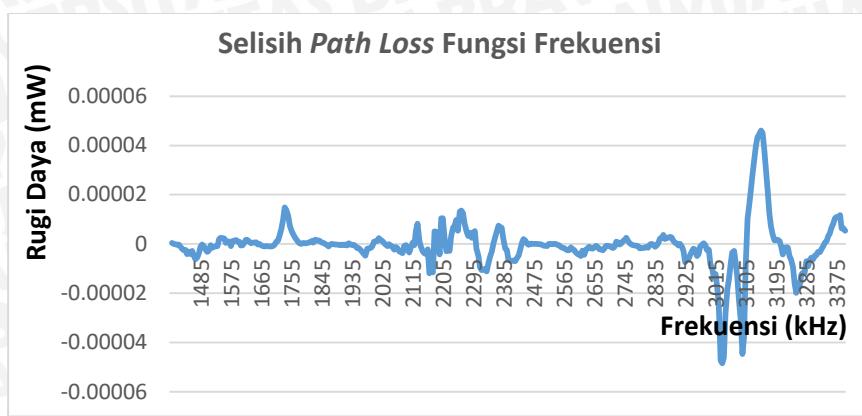


Gambar 123 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji

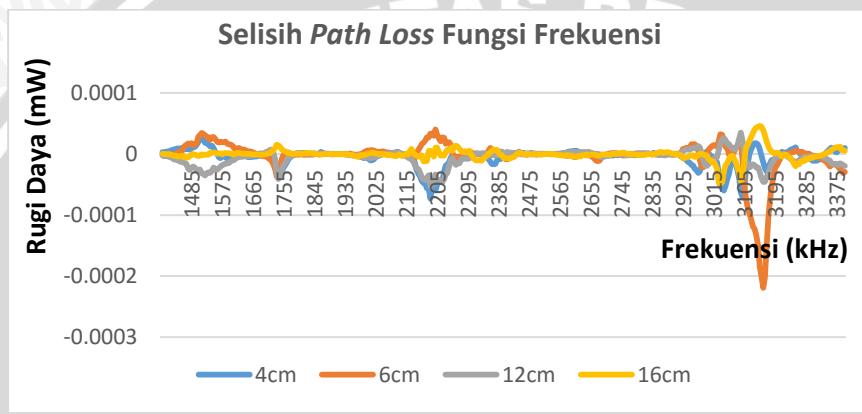


Gambar 124 Pengujian Umbi Singkong pada Jarak 16 cm dari Ujung *Horn*





Gambar 125 Grafik selisih pengujian respon frekuensi saat tanpa bahan uji dikurangi ketika terdapat bahan uji



Gambar 126 Grafik gabungan selisih pengujian umbi singkong pada jarak 4, 6, 12, dan 16 cm dari ujung *horn*