

Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip untuk Mendeteksi Glukosa Dalam Sebuah Produk

1st Sania Uswah Nafisah

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

sanianfsh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Aloysius Adya Pramudita

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

pramuditaadya@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar

Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Susu mengandung kadar gula dan perlu diidentifikasi atau diukur karena penting untuk informasi sebelum dikonsumsi. Untuk mengukur kadar gula melalui sifat dielektrik dalam susu memiliki beberapa metode tradisional dan akan memakan waktu lama serta mahal. Namun dengan teknik gelombang mikro menggunakan antena mikrostrip yang berfungsi sebagai sensor dapat berguna sebagai metode yang lebih cepat untuk menentukan sifat dielektrik susu. Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik dengan frekuensi super tinggi yaitu berada di atas 3 GHz. Antena dirancang dengan tujuan berfungsi sebagai sensor untuk menentukan kadar gula, sehingga frekuensi dari antena ini adalah 6,8 GHz. Ketika perubahan kadar glukosa susu, sifat dielektrik jaringan sekitarnya juga akan berubah sehingga dapat dikalibrasi untuk mendeteksi perubahan konsentrasi glukosa dalam sebuah produk. Hasil simulasi antena yang telah ditempelkan dengan objek gelas yang berisi susu bekerja di frekuensi 6,8 GHz yaitu *Return Loss* dan *VSWR* yang bergeser dibandingkan dengan antena yang tidak ditempelkan dengan objek. Hasil frekuensi yang didapatkan kemudian di analisis menggunakan Teknik pencocokan kurva (*Curve Fitting*). Persamaan *Curve Fitting* mendapatkan nilai *R-square* sebesar 1, maka model regresi linear fourier yang dihasilkan mampu melakukan estimasi dengan baik karena mendapatkan nilai koefisien determinasi (*R2*) sebesar 1 memberikan pengertian bahwa hanya 100% kemampuan model taksiran atau persamaan garis lurus.

Kata Kunci — *Susu Murni, Mikrostrip, Glukosa, Return Loss, VSWR*

Abstract—Milk contains sugar content and needs to be identified or measured because it is important for information before consumption. To measure sugar content through dielectric properties in milk has several traditional methods and will be time consuming and expensive. However, the microwave technique using a microstrip antenna that functions as a sensor can be useful as a faster method to determine the dielectric properties of milk. Microwaves are electromagnetic waves with a super high frequency, which is above 3 GHz. The antenna is designed with the aim of functioning as a sensor to determine the sugar content, so the frequency of this antenna is 6.8 GHz. When the glucose content of milk changes, the dielectric properties of the surrounding tissue will also change so that it can be calibrated to detect changes in the concentration of glucose in a product. The simulation results of the antenna that have been attached to a glass object containing milk work at a frequency of 6.8 GHz, namely *Return Loss* and *VSWR* which are shifted compared to the antenna that is not attached to the object. The frequency results obtained are then analyzed using the curve fitting technique. The *Curve Fitting* equation gets an *R-square* value of 1, then the

resulting *Fourier linear regression model* is able to estimate well because getting a coefficient of determination (*R2*) value of 1 gives an understanding that only 100% of the ability of the estimated model or straight-line equation.

Keywords — *Pure Milk, Microstrip, Glucose, Return Loss, VSWR*

I. PENDAHULUAN

Susu sapi segar merupakan salah satu minuman bergizi yang sangat sering dikonsumsi oleh masyarakat untuk dikonsumsi setiap hari karena memiliki banyak kandungan nutrisi dan gizi yang sangat baik bagi kesehatan tubuh manusia [1]. Salah satu faktor yang penting untuk menentukan kualitas susu yaitu kandungan gula dalam susu yang berbeda-beda. Metode tradisional untuk mengevaluasi glukosa susu akan memakan waktu dan mahal. Kontrol kualitas kadar gula susu melibatkan penerapan teknik pengujian yang disetujui untuk memastikan bahwa standar kadar gula susu dan produk susu dipertahankan pada tingkat yang diatur. Perlu untuk mempertimbangkan komposisi dan jumlah berbagai mikroorganisme yang ada dalam susu [2]. Namun, dengan menggunakan antena mikrostrip sebagai sensor dapat berguna sebagai metode yang lebih cepat dan murah.

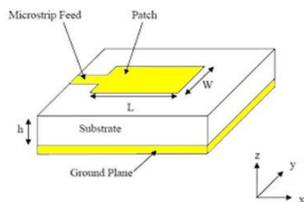
Tugas Akhir ini membuat suatu antena yang bisa mendeteksi glukosa dalam sebuah produk yaitu susu murni dengan menggunakan konsep sensor. Perubahan impedansi input dan frekuensi resonansi dicatat berhubungan dengan kelembaban [3]. Sebuah antena patch mikrostrip dirancang untuk merasakan variasi suhu, yang menunjukkan pergeseran frekuensi resonansi berbanding lurus dengan suhu sekitarnya [4]. Beberapa parameter dasar dari antena seperti *Return Loss* dan *VSWR* di analisis sebagai indikator kinerja. Untuk perancangan antena akan dilakukan dengan menggunakan software, setelah itu antena akan direalisasikan dan dilakukan perhitungan pada antena tersebut.

II. KAJIAN TEORI

Bab ini berisi tentang definisi dan konsep dasar dari metode-metode yang penulis gunakan untuk merancang tugas akhir ini.

A. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan jenis antena yang memiliki bentuk sederhana dan bekerja dengan baik pada frekuensi gelombang mikro, rentang frekuensi gelombang mikro adalah 0,3GHz hingga 300GHz . Antena mikrostrip memiliki kelebihan seperti ukurannya yang kecil, mudah difabrikasi, dan mudah untuk dicatu. Namun terdapat juga kelemahan pada antena mikrostrip yaitu bandwidth yang sempit .



GAMBAR 2 1
STRUKTUR ANTENA MIKROSTRIP

Antena mikrostrip yang ditunjukkan pada gambar diatas terdiri dari 3 bagian yaitu substrat, patch dan ground. Antena mikrostrip dapat menggunakan banyak jenis substrat, dan konstanta dielektrik biasanya dalam rentang $2,2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Substrat yang baik digunakan untuk mendukung kinerja antena adalah substrat dengan nilai konstanta dielektrik yang lebih kecil, karena akan memberikan efisiensi yang lebih tinggi dan bandwidth yang lebih besar, tetapi dengan ukuran komponen yang lebih besar.

B. Teknik Curve Fitting

Pencocokan kurva merupakan metode untuk mengestimasi kurva atau garis yang mewakili serangkaian titik-titik data [5]. Persamaan yang digunakan adalah persamaan fourier yang menghubungkan antara pergeseran frekuensi dengan kadar gula dalam susu. Parameter pergeseran frekuensi dipilih sebagai acuan untuk pembuatan persamaan karena parameter inilah yang paling berpengaruh dan sensitive diantara *Return Loss* dan *vswr*.

Koefisien determinasi dengan simbol R^2 digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model. Nilai koefisien determinasi antara 0 sampai dengan 1. Dinamakan koefisien determinasi karena pada variasi yang terjadi dalam variabel tak bebas Y dapat dijelaskan oleh variabel bebas X dengan adanya regresi linier Y atas X [6]. Besarnya harga koefisien determinasi adalah berkisar $0 \leq R^2 \leq 1$. Artinya jika R^2 mendekati 1 maka dapat dikatakan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat adalah besar.

III. METODE

Pada penelitian ini dilakukan tahapan awal dengan menentukan frekuensi kerja antena dan karakteristik antena yang diinginkan,, kemudian menentukan dimensi dari antena dengan menggunakan rumus yang memakai frekuensi kerja dan substrate yang telah ditentukan sebelumnya. penentuan spesifikasi antena, perancangan dan simulasi menggunakan aplikasi CST Studio 2019 lalu dioptimasi untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai dengan nilai spesifikasi yang ditentukan. Setelah sesuai spesifikasi, antena difabrikasi untuk dilakukan pengukuran.

A. Jenis Bahan Penyusun Antena Mikrostrip Rectangular

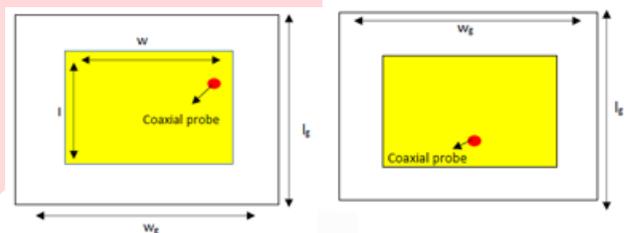
Substrate adalah bahan dasar dari sebuah antena mikrostrip. Jenis substrat sangat mempengaruhi frekuensi kerja, bandwidth dan efisiensi dari antena. Substrat juga memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r), dielektrik loss tangent ($\tan \delta$) dan ketebalan (h) yang berbeda-beda (tergantung jenis substrat). Pada tugas akhir ini jenis substrat yang digunakan adalah FR-4 (epoxy) dengan karakteristik yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

TABEL 3. 1

KARAKTERISTIK BAHAN FR4 (EPOXY) [7]

Spesifikasi Substrate	Nilai
Ketebalan Substrate (h)	1,6 mm
Dielectric Loss Tangen ($\tan \delta$)	0,02
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	4,3

B. Design dan Simulasi Antena Tanpa Objek Susu



GAMBAR 3. 1

ANTENA RECTANGULAR SEBELUM OPTIMASI DAN SETELAH OPTIMASI

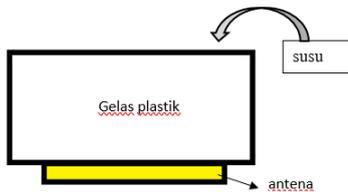
Hasil simulasi dari perhitungan sebelum optimasi menunjukkan antena belum bekerja pada frekuensi yang telah ditetapkan dan belum memiliki nilai *Return Loss* dan *VSWR* yang baik. Sehingga perlu melakukan optimasi dan mendapatkan hasil yang diinginkan.

TABEL 3. 2

DIMENSI PENGUKURAN ANTENA SEBELUM DAN SETELAH DIOPTIMASI

Parameter	Antena Sebelum Optimasi (mm)	Antena Sesudah Optimasi (mm)
Lebar Patch (w)	13,55	12,8
Panjang Patch (l)	10	9,55
Lebar Groundplane (w_g)	23,15	23,15
Panjang Groundplane (l_g)	19,6	19,6
Sumbu x coax (x_t)	5,19	0
Sumbu y coax (y_t)	2,34	-3
Tebal Substrat (h)	1,6	1,6
Tebal Groundplane dan Patch (t)	0,035	0,035

C. Perancangan Antena Sebagai Sensor Gula pada Susu



GAMBAR 3. 2

DESIGN SIMULASI ANTENA DENGAN OBJEK SUSU

Pada simulasi dengan bentuk seperti pabrikasi ditambahkan adanya pengaruh dari gelas yang berisi susu yang berada diatas antenna dengan percobaan simulasi.

D. Realisasi Antena

Setelah melakukan simulasi antena, peneliti merealisasikan antena dengan tambahan objek susu diatas antena. Setelah itu, hasil fabrikasi antena dibandingkan dengan hasil simulasi. Untuk antena setelah fabrikasi dapat dilihat pada gambar berikut:



GAMBAR 3. 3

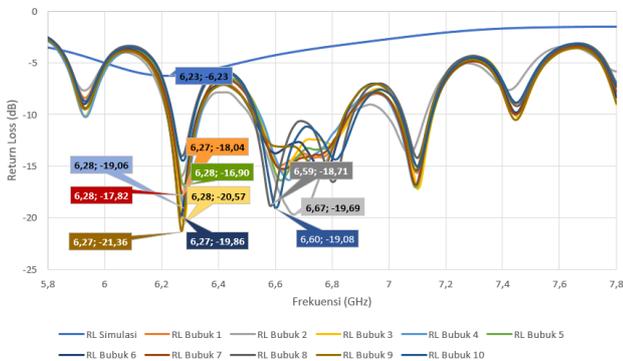
PABRIKASI ANTENA TAMPAP DEPAN, SAMPING DAN TAMPAP BELAKANG

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi dan Pengukuran antena sebelum dan sesudah diberikan objek susu

A. Hasil Simulasi dan Pengukuran Return Loss

Return Loss dengan Objek Susu Bubuk



GAMBAR 4. 1

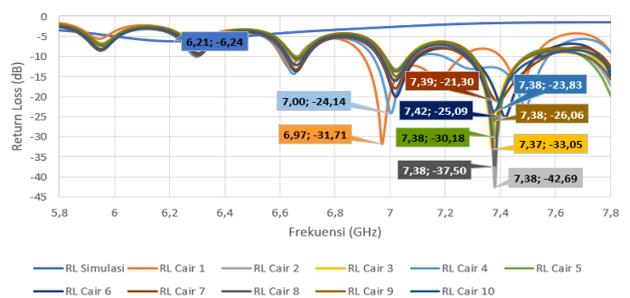
HASIL PENGUKURAN RETURN LOSS ANTENA MENGGUNAKAN OBJEK SUSU BUBUK

TABEL 4. 1
HASIL RETURN LOSS PENGUKURAN SUSU BUBUK

Nama	Kadar Gula (Gram)	Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Keterangan
RL Simulasi	0	6,23	-6,23	Return Loss Simulasi dengan objek susu
RL Bubuk 1	9	6,27	-18,04	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 1
RL Bubuk 2	10	6,67	-19,69	Return Loss Pengukuran

				dengan objek susu bubuk 2
RL Bubuk 3	11	6,28	-20,57	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 3
RL Bubuk 4	12	6,28	-19,06	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 4
RL Bubuk 5	13	6,28	16,9	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 5
RL Bubuk 6	14	6,27	-19,86	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 6
RL Bubuk 7	15	6,28	-17,82	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 7
RL Bubuk 8	17	6,59	-18,71	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 8
RL Bubuk 9	18	6,27	-21,36	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 9
RL Bubuk 10	19	6,6	-19,08	Return Loss Pengukuran dengan objek susu bubuk 10

Return Loss Dengan Objek Susu Cair



GAMBAR 4. 2

HASIL PENGUKURAN RETURN LOSS ANTENA MENGGUNAKAN OBJEK SUSU CAIR

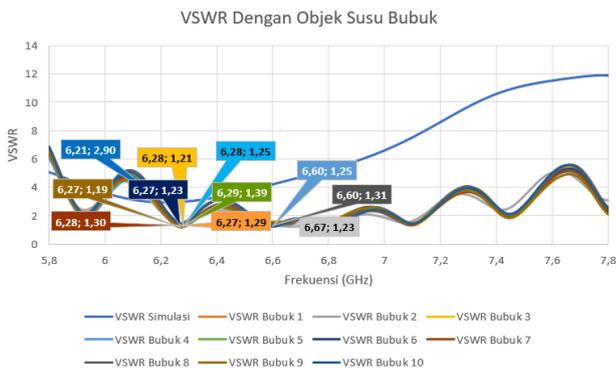
TABEL 4. 2
HASIL RETURN LOSS PENGUKURAN SUSU CAIR

Nama	Kadar Gula (Gram)	Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	Keterangan
RL Simulasi	0	6,21	-6,24	Return Loss Simulasi dengan objek susu
RL Cair 1	0	6,97	-31,71	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 1
RL Cair 2	5	7,38	-42,69	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 2
RL Cair 3	6	7,37	-33,05	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 3

RL Cair 4	7	7	-24,14	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 4
RL Cair 5	9	7,38	-30,18	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 5
RL Cair 6	10	7,42	-25,09	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 6
RL Cair 7	13	7,39	-21,3	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 7
RL Cair 8	16	7,38	-37,5	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 8
RL Cair 9	18	7,38	-26,06	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 9
RL Cair 10	19	7,38	-23,83	Return Loss Pengukuran dengan objek susu cair 10

VSWR Bubuk 5	13	6,29	1,39	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 5
VSWR Bubuk 6	14	6,27	1,23	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 6
VSWR Bubuk 7	15	6,28	1,3	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 7
VSWR Bubuk 8	17	6,6	1,31	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 8
VSWR Bubuk 9	18	6,27	1,19	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 9
VSWR Bubuk 10	19	6,6	1,25	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 10

B. Hasil Simulasi dan Pengukuran VSWR

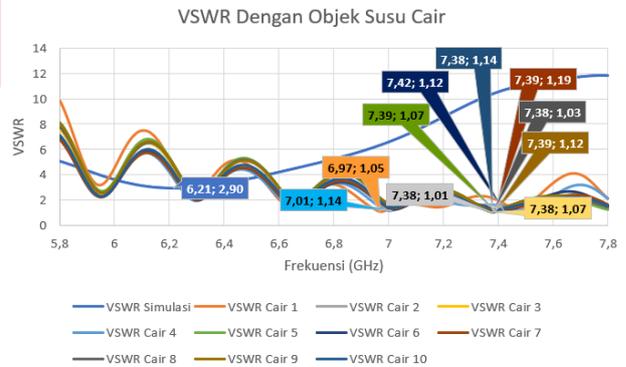


GAMBAR 4.3

HASIL PENGUKURAN VSWR ANTENA MENGGUNAKAN OBJEK SUSU BUBUK

TABEL 4.3
HASIL VSWR PENGUKURAN SUSU BUBUK

Nama	Kadar Gula (Gram)	Frekuensi (GHz)	VSWR	Keterangan
VSWR Simulasi	0	6,21	2,9	VSWR Simulasi dengan objek susu
VSWR Bubuk 1	9	6,27	1,29	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 1
VSWR Bubuk 2	10	6,67	1,23	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 2
VSWR Bubuk 3	11	6,28	1,21	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 3
VSWR Bubuk 4	12	6,28	1,25	VSWR Pengukuran dengan objek susu bubuk 4



GAMBAR 4.4

HASIL PENGUKURAN VSWR ANTENA MENGGUNAKAN OBJEK SUSU CAIR

TABEL 4.4
HASIL VSWR PENGUKURAN SUSU CAIR

Nama	Kadar Gula (Gram)	Frekuensi (GHz)	VSWR	Keterangan
VSWR Simulasi	0	6,21	2,9	VSWR Simulasi dengan objek susu
VSWR Cair 1	0	6,97	1,05	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 1
VSWR Cair 2	5	7,38	1,01	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 2
VSWR Cair 3	6	7,38	1,07	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 3
VSWR Cair 4	7	7,01	1,14	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 4
VSWR Cair 5	9	7,39	1,07	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 5
VSWR Cair 6	10	7,42	1,12	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 6

				dengan objek susu cair 6
VSWR Cair 7	13	7,39	1,19	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 7
VSWR Cair 8	16	7,38	1,03	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 8
VSWR Cair 9	18	7,39	1,12	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 9
VSWR Cair 10	19	7,38	1,14	VSWR Pengukuran dengan objek susu cair 10

E. Analisis Perbandingan Hasil Pengukuran Parameter Antena

Pada hasil simulasi dan pengukuran ini terlihat pengaruh dari penambahan objek susu pada antena terlihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 antena tanpa objek susu dan antena dengan menggunakan objek susu.

Pengaruh dari pengukuran realisasi terdapat sedikit penurunan terlihat sesuai dengan hasil simulasi dengan adanya tambahan elemen penyangga dan objek susu, tetapi dengan hasil yang didapatkan antena masih dapat bekerja pada spesifikasi yang diharapkan.

F. Hasil Teknik Curve Fitting



GAMBAR 4.5

HASIL PERSAMAAN LINIER FOURIER SUSU BUBUK

Persamaan linear yang didapat dari aplikasi matlab yaitu persamaan 4.1

$$f_x = a_0 + a_1 \cos(xw) + b_1 \sin(xw) + a_2 \cos(2xw) + b_2 \sin(2xw) + a_3 \cos(3xw) + b_3 \sin(3xw) + a_4 \cos(4xw) + b_4 \sin(4xw) \quad (4.1)$$

Dengan koefisien konstanta sebagai berikut

$$a_0 = 1.261$$

$$39$$

$$a_1 = 0.04299$$

$$b_1 = -0.02785$$

$$a_2 = 0.01477$$

$$b_2 = -0.04876$$

$$a_3 = -0.02497$$

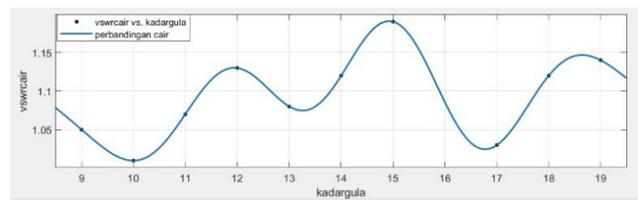
$$b_3 = -0.07432$$

$$a_4 = 0.05013$$

$$b_4 = -0.05698$$

$$w = 3.251$$

Persamaan linear fourier dipilih karena menghasilkan nilai Sum of Square Error (SSE) terbaik yaitu sebesar $8.382e-15$ dan mendapatkan nilai R-square sebesar 1 maka model regresi linear mampu melakukan estimasi dengan baik.



GAMBAR 4.6

HASIL PERSAMAAN LINIER FOURIER SUSU CAIR

Persamaan linear yang didapat dari aplikasi matlab yaitu persamaan 4.2.

$$f_x = a_0 + a_1 \cos(xw) + b_1 \sin(xw) + a_2 \cos(2xw) + b_2 \sin(2xw) + a_3 \cos(3xw) + b_3 \sin(3xw) + a_4 \cos(4xw) + b_4 \sin(4xw) \quad (4.2)$$

Dengan koefisien konstanta sebagai berikut :

$$a_0 = 1.093$$

$$a_1 = -0.009369$$

$$b_1 = 0.02879$$

$$a_2 = -0.01014$$

$$b_2 = 0.03215$$

$$a_3 = 0.03341$$

$$b_3 = -0.03085$$

$$a_4 = 0.01856$$

$$b_4 = 0.01697$$

$$w = 0.5365$$

Persamaan linear fourier dipilih karena menghasilkan nilai Sum of Square Error (SSE) terbaik yaitu sebesar $1.615e-07$ dan mendapatkan nilai R-square sebesar 1 maka model regresi linear mampu melakukan estimasi dengan baik.

Analisis pengaruh dilakukan untuk mencari bagaimana variable data kadar gula dalam susu dan variabel frekuensi pada *Return Loss* berhubungan pada hubungan fungsional melalui garis yang telah di-estimasi. Dalam hal ini, terdapat dua variabel yang dianalisis melalui metode pencocokan kurva yaitu data pergeseran frekuensi *Return Loss* (variabel bebas) dan pergeseran kadar gula (variabel tidak bebas). Sehingga dari tugas akhir ini didapatkan hasil bahwa terdapat hubungan fungsional. Jika setiap nilai X (frekuensi pergeseran *Return Loss*) yang diketahui dimasukkan ke dalam persamaan diatas, maka akan menghasilkan suatu persamaan garis yang dijadikan sebagai taksiran jumlah gula yang mewakili serangkaian data-data kadar gula dan frekuensi yang bergeser.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian tugas akhir ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Antena Mikrostrip patch rectangular dapat digunakan untuk mengetahui kadar glukosa dalam produk dengan mengembangkan metode pengukuran glukosa berdasarkan perubahan karakteristik antena yaitu melihat pergeseran VSWR karena merupakan nilai terbaik dibandingkan dengan nilai pergeseran frekuensi.
2. Hasil *Return Loss* dan VSWR pengukuran antena dengan objek susu bubuk dengan susu cair berbeda. Nilai *Return Loss* dan VSWR dengan objek susu bubuk menghasilkan frekuensi yang bergeser lebih rendah mendekati 6,3 GHz. Sedangkan nilai *Return Loss* dan VSWR dengan objek susu cair menghasilkan frekuensi yang bergeser lebih tinggi yaitu mendekati 7,4 GHz. Hal ini disebabkan karena

bahan dasar susu yang berbeda yaitu bubuk dan cair yang memiliki dielektrik jaringan yang berbeda.

3. Teknik Curve fitting pada objek susu bubuk dan objek susu cair mendapatkan nilai R-square sebesar 1, maka model regresi linear fourier yang dihasilkan mampu melakukan estimasi dengan baik.

REFERENSI

- [1] Y. Milasari, "Kadar Karbohidrat Dalam Susu Perah (Susu Sapi) Dengan Penambahan Madu Konsentrasi 25%, 50% Dan 75%," *Ayan*, vol. 8, no. 2, p. 2019, 2019.
- [2] A. Parry-Hanson Kunadu, M. Holmes, E. L. Miller, and A. J. Grant, "Microbiological quality and antimicrobial resistance characterization of *Salmonella* spp. in fresh milk value chains in Ghana," *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 277, no. January, pp. 41–49, 2018, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.04.025.
- [3] R. Khadase and A. Nandgaonkar, "Design of Implantable MSA for Glucose Monitoring," vol. 137, pp. 637–641, 2017, doi: 10.2991/iccasp-16.2017.90.
- [4] C.A.Balanis, *Antenna.Theory.Analysis.and.Design*, Second. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1997.
- [5] I. Al-Rusman, O. Rohaeni, and E. Kurniati, "Aplikasi Pencocokan Kurva (Curve Fitting) Dalam Menganalisis Pengaruh SOI (Southern Oscillation Index)," *J. Mat. UNISBA*, vol. 15, no. 1, pp. 1–8, 2016, [Online]. Available: <http://ejournal.unisba.ac.id>.
- [6] I. M. Yuliana, "Modul Regresi Linier Berganda," *Univ. Udayana*, p. 18, 2016.
- [7] M. Praktikum, "Modul Praktikum Antena Dan Propagasi," pp. 0–7, 2021.