

Pengukuran Kualitas Susu Pasteurisasi Komersial Menggunakan Sensor Mikrostrip

1st Risa Arista Adelia
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

risaarista@telkomuniversity.ac.id

2nd Aloysius Adya Pamudita
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

pramudityaadya@telkomuniversity.co.id

3rd Dharu Arseno
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

darseno@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Susu merupakan bahan pangan yang bernilai gizi tinggi, dimana kandungan dan komposisi gizinya hampir sempurna. Selain itu, susu merupakan salah satu sumber protein hewani terbaik dibandingkan dengan makanan yang lain. Kontrol kualitas susu pasteurisasi diperlukan untuk mengetahui aman atau tidaknya susu yang beredar dipasaran. Dikarenakan, ada beberapa kemungkinan yang membuat susu pasteurisasi dapat tercemar oleh mikroorganisme.

Penelitian ini mempelajari cara menggunakan sensor mikrostrip untuk mengukur kualitas susu pasteurisasi yang dijual pasaran. Antena dirancang pada frekuensi 2.4 GHz dengan menggunakan satu antena sebagai parameter S11 dan dua antena sebagai parameter S21.

Hasil pengukuran yang dilakukan selama tiga hari berturut-turut menunjukkan bahwa nilai S11 dan S21 mengalami perubahan, yang menandakan adanya perubahan kualitas dalam susu. Hasil pada pengukuran untuk parameter S11 mendekati -6 dB hingga -5 dB dan untuk parameter S21 mendekati -47 dB hingga -50 dB. Perubahan ini terkait dengan perubahan susu selama penyimpanan. Penelitian ini menunjukkan bahwa sensor mikrostrip dapat menjadi alat yang efektif untuk memantau kualitas susu.

Kata Kunci: Mikrostrip, Susu Pasteurisasi, Kualitas Produk, Pengukuran S11, Pengukuran S21

I. PENDAHULUAN

Susu adalah makanan yang sangat bergizi yang penuh dengan protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral, sehingga sangat penting sebagai sumber nutrisi bagi manusia. Namun, sifat susu mudah rusak, terutama karena pertumbuhan mikroorganisme, yang dapat menyebabkan perubahan warna, tekstur, dan penurunan pH di bawah 6,5 [1]. Untuk menjaga keamanan, susu dipasteurisasi, sebuah proses pemanasan yang membunuh patogen tanpa merusak struktur susu [2]. Meskipun demikian, kualitas susu pasteurisasi harus tetap dipantau karena ada kemungkinan kontaminasi selama proses pengolahan dan pengemasan.

Untuk memantau kualitas susu pasteurisasi secara akurat dan efisien, penelitian ini menyarankan penggunaan sensor mikrostrip. Sensor ini dapat diproduksi dengan biaya rendah, tidak merusak produk, dan tidak memerlukan bahan kimia. Mengaplikasikan sensor ini pada produk susu

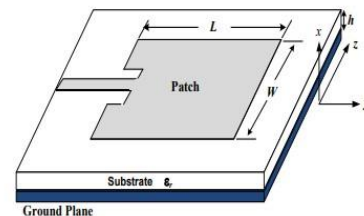
pasteurisasi komersial bertujuan untuk meningkatkan kemampuan pengawasan kualitas susu.

II. KAJIAN TEORI

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

A. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk seperti bilah dengan ukuran yang tipis [3]. Antena mikrostrip terdiri dari patch peradiasi, dielektrik substrat, dan juga ground plane yang ditunjukkan seperti Gambar 2.1. Penentuan dari karakteristik dielektrik elemen substrat dapat menentukan kualitas performansi antena, juga substrat yang tebal dengan konstanta dielektrik rendah dapat memberikan efisiensi yang lebih baik, dan bandwidth yang lebih besar tetapi ukuran elemen akan lebih besar.

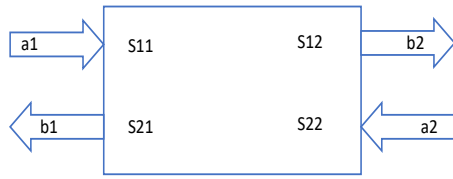


GAMBAR 2.1
Struktur Antena Mikrostrip

B. Scattering Parameter

S-Parameter adalah istilah lain untuk scattering parameter. S-parameter digunakan untuk menunjukkan hubungan input atau output antara port jaringan dengan mengirimkan sinyal frekuensi tunggal ke dalam jaringan dan menentukan jenis sinyal yang keluar dari setiap port [4]. Setiap port jaringan memiliki sinyal yang masuk disebut gelombang incident dan sinyal yang keluar disebut gelombang reflected. S-Parameter terorganisir ke dalam matriks s-parameter $S=[S_{ij}]$, dimana S_{ij} mewakili koefisien yang menggambarkan transmisi ($i \neq j$) dan refleksi ($i=j$) [5]. Ketika s-parameter S_{ij} mengukur transmisi berarti sinyal datang di port i dan ditransmisikan atau diteruskan ke port j . Sementara itu, ketika s-parameter S_{ij} mengukur

refleksi artinya, sinyal datang di port i atau j dan sebagian dari sinyal tersebut dipantulkan kembali ke port yang sama.



GAMBAR 2. 1
Konsep Diagram dari S-Parameter

Dimana a_1 adalah sinyal masuk di port 1, a_2 adalah sinyal masuk di port 2, b_1 adalah sinyal refleksi di port 1, dan b_2 adalah sinyal refleksi di port 2 [5].

III. METODE

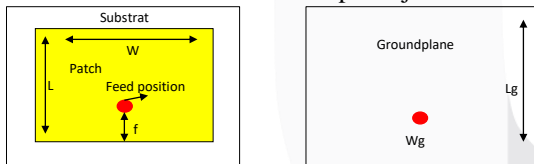
A. Jenis Bahan Penyusun Antena Mikrostrip Rectangular

Antena mikrostrip dirancang dengan *patch rectangular* dan menggunakan jenis substrat berupa Rogers RO4003C. 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). Karakteristik dari substrat jenis Rogers RO4003C dapat dilihat pada tabel 3.2.

TABEL 3. 1
Spesifikasi Substrat

Spesifikasi Substrat	Nilai
Ketebalan Substrat (h)	0.813 mm
Dielectric Loss Tangen ($\tan \delta$)	≤ 0.0027
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	3.55

B. Desain dan Simulasi Antena Tanpa Objek Susu



GAMBAR 3. 1
Antena Rectangular Sebelum dan Sesudah 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 Antena Setelah Optimasi

Parameter	Sebelum Optimasi (mm)	Sesudah Optimasi (mm)
Lebar Patch (W)	41.43	42.5
Panjang Patch (L)	32.7	32.2
Lebar Groundplane (W_g)	46.3	46.8
Panjang Groundplane (L_g)	37.48	53.7
Tebal Substrat (h)	0.243	0.243
Tebal Groundplane dan Patch (t)	0.035	0.035

Jarak titik catu ke tepi bawah patch (f)	15	-7
--	----	----

C. Realisasi Antena

Realisasi antena dilakukan setelah proses perancangan dan simulasi pada *software* simulasi 3D mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi. Setelah itu, hasil fabrikasi antena dibandingkan dengan hasil simulasi. Untuk antena setelah fabrikasi dapat dilihat pada gambar berikut.

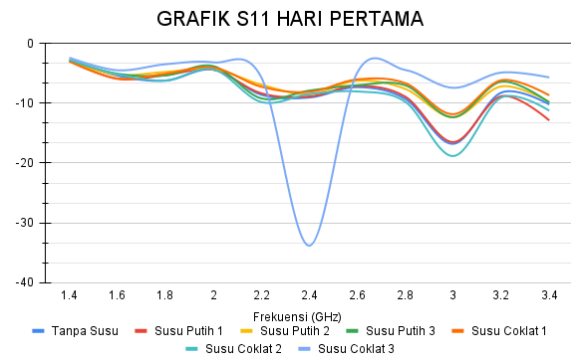


GAMBAR 3. 3
Realisasi Antena dengan Box Ukur

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran antena dipantau pada frekuensi 2.4 GHz. Selanjutnya, akan dilihat perubahan kondisi fisik dari susu yang disimpan pada suhu ruang dan perubahan pada nilai parameternya selama tiga hari berturut.

A. Pengukuran Antena pada Hari Pertama

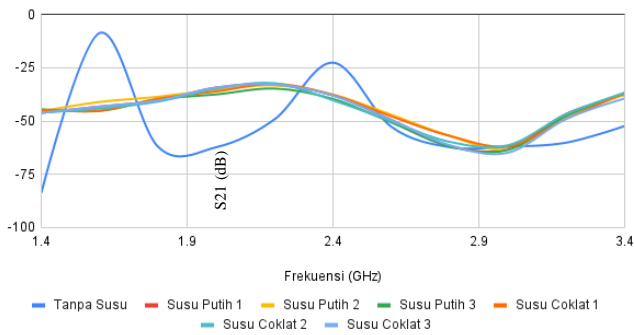


GAMBAR 4. 1
Grafik Hasil S11 Hari Pertama

TABEL 4. 1
Hasil S11 Hari Pertama

Nama	Hasil S11 (dB)	Keterangan
tanpa susu	-33.81	S11 pengukuran tanpa objek susu
susu putih 1	-9.06	S11 pengukuran dengan objek susu putih 1
susu putih 2	-8.89	S11 pengukuran dengan objek susu putih 2
susu putih 3	-8.52	S11 pengukuran dengan objek susu putih 3
susu coklat 1	-7.9	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 1
susu coklat 2	-8.12	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 2
susu coklat 3	-8.49	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 3

GRAFIK S21 HARI PERTAMA



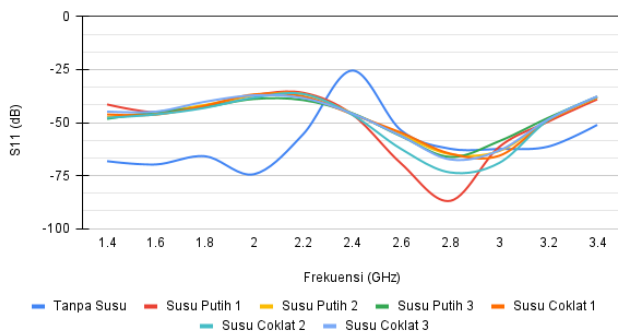
GAMBAR 4. 2
Grafik Hasil S21 Hari Pertama

TABEL 4. 2
Hasil S21 Hari Pertama

Nama	Hasil S21 (dB)	Keterangan
tanpa susu	-22.54	S21 pengukuran tanpa objek susu
susu putih 1	-37.97	S21 pengukuran dengan objek susu putih 1
susu putih 2	-37.58	S21 pengukuran dengan objek susu putih 2
susu putih 3	-39.62	S21 pengukuran dengan objek susu putih 3
susu coklat 1	-37.68	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 1
susu coklat 2	-40.25	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 2
susu coklat 3	-37.97	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 3

B. Pengukuran Antena Hari Kedua

GRAFIK S11 HARI KEDUA



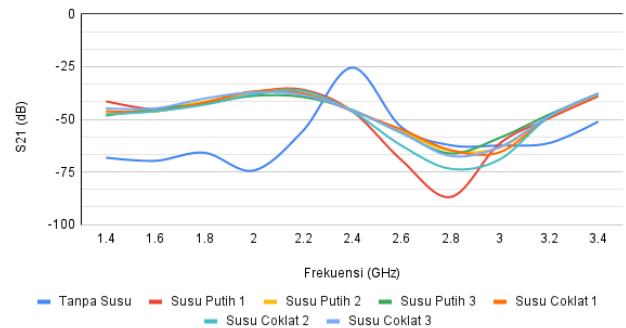
GAMBAR 4. 3
Grafik Hasil S11 Hari Kedua

TABEL 4. 3
Hasil S11 Hari Kedua

Nama	Hasil S11 (dB)	Keterangan
tanpa susu	-30.88	S11 pengukuran tanpa objek susu
susu putih 1	-6.99	S11 pengukuran dengan objek susu putih 1
susu putih 2	-6.17	S11 pengukuran dengan objek susu putih 2
susu putih 3	-5.49	S11 pengukuran dengan objek susu putih 3

susu coklat 1	-4.88	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 1
susu coklat 2	-4.94	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 2
susu coklat 3	-5.96	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 3

GRAFIK S21 HARI KEDUA



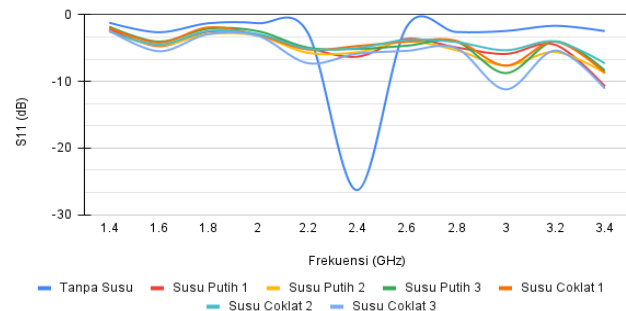
GAMBAR 4. 4
Grafik Hasil S21 Hari Kedua

TABEL 4. 4
Hasil S21 Hari Kedua

Nama	Hasil S21 (dB)	Keterangan
tanpa susu	-25.46	S21 pengukuran tanpa objek susu
susu putih 1	-46.12	S21 pengukuran dengan objek susu putih 1
susu putih 2	-45.6	S21 pengukuran dengan objek susu putih 2
susu putih 3	-45.58	S21 pengukuran dengan objek susu putih 3
susu coklat 1	-46.11	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 1
susu coklat 2	-46.29	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 2
susu coklat 3	-45.71	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 3

C. Pengukuran Antena pada Hari Ketiga

GRAFIK S11 HARI KETIGA



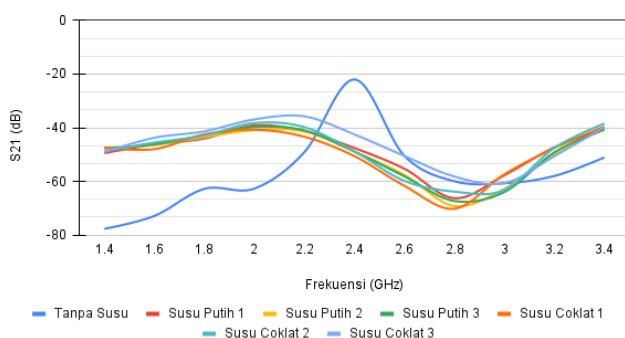
GAMBAR 4. 5
Grafik Hasil S11 Hari Ketiga

TABEL 4. 5
Hasil S11 Hari Ketiga

Nama	Hasil S11 (dB)	Keterangan
tanpa susu	-30.88	S11 pengukuran tanpa objek susu
susu putih 1	-6.99	S11 pengukuran dengan objek susu putih 1
susu putih 2	-6.17	S11 pengukuran dengan objek susu putih 2
susu putih 3	-5.49	S11 pengukuran dengan objek susu putih 3

tanpa susu	-26.32	S11 pengukuran tanpa objek susu
susu putih 1	-6.3	S11 pengukuran dengan objek susu putih 1
susu putih 2	-5.63	S11 pengukuran dengan objek susu putih 2
susu putih 3	-5.13	S11 pengukuran dengan objek susu putih 3
susu coklat 1	-4.69	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 1
susu coklat 2	-4.99	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 2
susu coklat 3	-5.84	S11 pengukuran dengan objek susu coklat 3

GRAFIK S21 HARI KETIGA



GAMBAR 4. 6
Grafik Hasil S21 Hari Ketiga

TABEL 4. 6
Hasil S21 Hari Ketiga

Nama	Hasil S21 (dB)	Keterangan
tanpa susu	-22.01	S21 pengukuran tanpa objek susu
susu putih 1	-47.57	S21 pengukuran dengan objek susu putih 1
susu putih 2	-48.95	S21 pengukuran dengan objek susu putih 2
susu putih 3	-48.87	S21 pengukuran dengan objek susu putih 3
susu coklat 1	-50.59	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 1
susu coklat 2	48.83	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 2
susu coklat 3	-42.5	S21 pengukuran dengan objek susu coklat 3

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari proses pengukuran dan simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan antenna mikrostrip dapat digunakan untuk mengukur parameter S11 dan S21 dalam memantau konsistensi dan kualitas susu pasteurisasi komersial.

2. Hasil pengukuran parameter S11 untuk susu putih mengalami penurunan signifikan pada hari pertama berada di kisaran -9 dB lalu pada hari ketiga menjadi -6 dB.
3. Hasil pengukuran parameter S11 untuk susu coklat pada hari pertama berkisar -8 dB hingga -7 dB menjadi sekitar -5 dB pada hari ketiga.
4. Hasil pengukuran parameter S21 susu putih berada di sekitar -38 dB hingga -39.6 dB namun pada hari ketiga mengalami penurunan di kisaran -47 dB hingga -49 dB.
5. Hasil pengukuran parameter S21 untuk susu coklat menunjukkan penurunan yang lebih ketara, khususnya pada hari ketiga di mana beberapa sampel mencapai nilai S21 serendah -50.59 dB.
6. Peningkatan nilai S11 dari waktu ke waktu menunjukkan adanya perubahan sifat fisik dan kimiawi susu, yang mempengaruhi kemampuan susu dalam menyerap gelombang elektromagnetik. Untuk penurunan nilai S21 dari waktu ke waktu menunjukkan bahwa sampel semakin menghalangi transmisi gelombang elektromagnetik. Kedua nilai tersebut mengindikasikan bahwa adanya penurunan kualitas susu.

REFERENSI

- [1] Z. Hanum and V. Wanniatie, "Kualitas Susu Pasteurisasi Komersil," *J. Agripet*, vol. 15, no. 2, pp. 92–97, 2015, doi: 10.17969/agripet.v15i2.2724.
- [2] F. Harding, "World milk production," *Milk Qual.*, pp. 1–2, 1995, doi: 10.1007/978-1-4615-2195-2_1.
- [3] E. Y. D. Utami, F. D. Setaiji, and D. Pebrianto, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2,4 GHz untuk Aplikasi Wireless Fidelity (Wi-Fi)," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 3, p. 196, 2017, doi: 10.25077/jnte.v6n3.406.2017.
- [4] S. A. BALASUNDRAM, "ANTENNA GAIN MEASUREMENT USING IMAGE THEORY," *Tesis Dr.*, vol. 2014, no. June, pp. 1–2, 2014, [Online]. Available: https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39127%0Ahttps://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/porta1/4755978/Julius+Ojebode%27s+Thesis.pdf%0Auser.salford.ac.uk/29369/1/Angela_Darvill_thesis_esubmission.pdf%0Ahttps://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/ha
- [5] Y. Fujishiro, "Taking Advantage of S-Parameter," *TDK Corp. Appl. Cent.*, p. 4, 2000, [Online]. Available: https://product.tdk.com/zh/products/emc/guidebook/emc_basic_03.pdf