

Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Larutan Gula Menggunakan Radiasi Gelombang Mikro

Ismail^{1*}, Khairi Budayawan²

¹Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Departemen Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*Corresponding author e-mail : ismailelectr@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada saat ini sangat pesat, sehingga tercipta begitu banyak alat yang menggunakan teknologi yang canggih. Gelombang mikro adalah gelombang elektromagnetik super tinggi yang berada dalam rentang 3GHz-300GHz. Kelebihan gelombang mikro adalah perambatannya relatif cepat dikarenakan gelombangnya yang pendek. Salah satu pemanfaatan radiasi gelombang mikro ialah digunakan untuk alat ukur. Alat ukur tersebut digunakan untuk mengukur kadar larutan gula radiasi gelombang mikro yang akan digunakan sebagai alat ukur didapatkan dari antenna mikrostrip yang akan memancarkan frekuensi sebesar 2,4GHz. Untuk mendapatkan hasil pengujian kadar larutan gula, digunakan metode pengukuran dengan menggunakan *Power Detector* dan *Vector Network Analyzer* (VNA). Nilai yang diukur adalah nilai S_{21} (dB) dan nilai $Phase(^{\circ})$. Hasil pengujian kadar larutan gula pada *Power Detector* menunjukkan bahwa semakin banyak kadar gula yang terdapat didalam larutan, maka nilai *output* dari *Power Detector* akan semakin tinggi.

Kata kunci :Alat Ukur, Gelombang Mikro, *Power Detector*, *Vector Network Analyzer* (VNA)

ABSTRACT

The development of technology at this time is very rapid, so that there are so many tools that use sophisticated technology. Microwaves are super high electromagnetic waves that are in the 3GHz-300GHz range. The advantage of microwaves is that they are relatively fast because of their short wavelengths. One of the uses of microwave radiation is to use it as a measuring instrument. The measuring instrument is used to measure the concentration of the sugar solution of microwave radiation which will be used as a measuring instrument obtained from a microstrip antenna which will emit a frequency of 2.4 GHz. To get the test results of the sugar solution content, the measurement method is used using a Power Detector and Vector Network Analyzer (VNA). The measured value is the value of S_{21} (dB) and the value of $Phase(^{\circ})$. The results of testing the sugar solution level on the Power Detector show that the more sugar content there is in the solution, the higher the output value of the Power Detector will be.

Keywords: *Measuring Instrument, Microwave, Power Detector, Vector Network Analyzer* (VNA)

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada saat ini sangat pesat, sehingga tercipta begitu banyak alat yang menggunakan teknologi yang canggih sesuai dengan kebutuhan masyarakat yang ada. Bidang elektronika merupakan bidang yang sangat berhubungan dengan

pembuatan alat-alat yang menjadi kebutuhan masyarakat luas saat ini. Salah satu dari sekian banyak alat yang diciptakan adalah alat ukur kadar larutan atau zat tertentu yang disebut dengan *Refractometer*.

Alat ukur adalah sebuah alat yang tujuan penggunaannya untuk membantu dalam mengetahui

nilai presisi pada sebuah benda atau komponen yang diukur. Pengukuran merupakan hal yang penting dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknik. Pengukuran berperan penting dalam membantu pekerjaan manusia dan memberikan kemudahan bagi teknisi dalam menentukan nilai besaran dalam suatu kuantitas dan variabel. Salah satu pengembangan dari penggunaan alat ukur ialah digunakan untuk mengukur kadar gula dalam larutan [1].

Gula merupakan salah satu bahan pemanis yang digunakan untuk makanan dan minuman sehari-hari. Larutan gula merupakan larutan non elektrolit yang terdiri atas zat-zat non elektrolit yang dilarutkan ke dalam air tidak terurai menjadi ion (tidak terionisasi) yang berupa molekul yang tidak bermuatan listrik. Kadar gula adalah banyaknya kandungan zat gula atau glukosa di dalam makanan dan minuman. Kadar gula sangat mempengaruhi cita rasa manis dalam makanan dan minuman. Pada industri makanan dan minuman, pengukuran konsentrasi gula merupakan suatu hal yang sangat penting agar dapat menentukan takaran yang tepat. Pengukuran konsentrasi gula dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur.

Gelombang mikro (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik super tinggi yang berada dalam rentang 3 GHz sampai 300 GHz. Frekuensi pada gelombang mikro tersebut dihasilkan dari osilator pada alat-alat elektronik. Gelombang mikro dapat diserap oleh suatu benda dan menimbulkan efek pemanasan pada benda tersebut. Salah satu kelebihan gelombang mikro adalah perambatannya relatif cepat dikarenakan gelombangnya yang pendek. Salah satu pemanfaatan dari radiasi gelombang mikro ialah digunakan untuk alat ukur. Alat ukur tersebut digunakan untuk mengukur kadar larutan gula [5].

Pada industri makanan dan minuman, pengukuran kadar gula sangat penting, sehingga diperlukan alat ukur kadar gula untuk mengetahui batasan penggunaan kadar gula yang diinginkan. Contoh larutan yang umum dijumpai adalah padatan yang dilarutkan dalam cairan, seperti garam atau gula dilarutkan dalam air [2]. Pada penelitian ini dirancang alat ukur kadar larutan gula dengan menggunakan gelombang mikro.

Antena mikrostrip adalah salah satu jenis antena *wireless* (tanpa kabel) yang paling populer digunakan pada saat sekarang ini. Alasan kenapa antena mikrostrip sangat terkenal adalah:

- a. Sangat mudah difabrikasi.
- b. Selaras dengan permukaan *nonplanar*.
- c. Sangat murah karena hanya dengan menggunakan papan cetak *circuit*.
- d. Fleksibel sehingga menghasilkan berbagai macam pola dan polarisasi yang berbeda.
- e. Strukturnya sangat kuat.

Osilator yang dikendalikan tegangan (*Voltage Controlled Oscillator*) merupakan osilator elektronik yang osilasi frekuensi dikendalikan oleh tegangan masukan. Koneksi input yang diterapkan menentukan frekuensi osilasi sewaktu-waktu. Akibatnya, VCO dapat digunakan untuk *Frequency Modulation* (FM) atau *Phase Modulation* (PM) dengan memverifikasi sinyal modulasi ke kontrol masukan. Sebuah VCO juga merupakan bagian integral dari *phase-locked loop* [3].

Power Detector atau detektor daya adalah komponen *Radio Frequency* (RF) yang digunakan untuk mengubah sinyal input RF menjadi output tegangan DC yang sebanding dengan daya input RF. *Power detector* berguna untuk sejumlah pengaplikasian yang mencakup sirkuit kontrol penguat otomatis, pemantau daya antena transmisi, melindungi sirkuit sensitif dari pulsa dan lonjakan daya serta berbagai aplikasi pengujian dan pengukuran [4].

II. METODE

Tujuan dari perancangan sistem yaitu, bagaimana suatu sistem dapat selesai berdasarkan langkah-langkah yang dibuat. Seperti melakukan konfigurasi terhadap komponen-komponen yang digunakan, baik itu perangkat keras maupun perangkat lunak. Sehingga sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan rancangan dan yang diinginkan.

1. Kebutuhan Analisa Sistem

Kebutuhan analisa sistem terdiri atas yaitu perangkat lunak dan perangkat keras.

a. Perangkat Lunak

1) Arduino IDE

Pembuatan program untuk mikrokontroler arduino nano yaitu menggunakan bahasa C/C++ pada ketentuan arduino. Penulisan program bahasa C/C++ dilakukan menggunakan *software* Arduino IDE, dimana list program yang telah diketik nantinya akan disimpan dalam format *.ino. Proses kompilasi dilakukan setelah program tersimpan kemudian program tersebut di *upload* ke *board* arduino nano.

2) Proteus

Alat ukur kadar gula ini terlebih dahulu dirancang skematik rangkaian, setelah itu untuk mengetahui gambaran hasil rangkaian yang telah dirancang tersebut maka, disimulasikan menggunakan *software* Proteus.

3) Eagle

Setelah skematik rangkaian berhasil disimulasikan dengan mendapatkan hasil yang diinginkan, maka tahap selanjutnya dibuat *board*

PCB alat ukur kadar gula tersebut. Desain skematik dan jalur atau *layout* adalah menggunakan *software* Eagle.

4) SketchUp

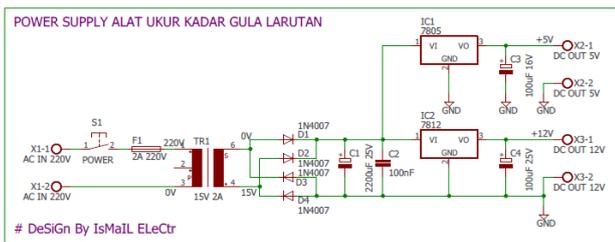
Rancangan alat ini untuk mendapatkan hasil sesuai dengan gambaran bentuk fisik yang diinginkan, maka dibutuhkan sebuah *software* untuk menggambar desain tersebut yaitu menggunakan aplikasi SketchUp.

b. Perangkat Keras

- 1) Arduino Nano
- 2) LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2
- 3) I2C (*Inter Integrated Circuit*)
- 4) VOC (*Voltage Controlled Oscillator*)
- 5) *Power Detector*
- 6) *Catu Daya (Power Supply)*
- 7) Antena Mikrostrip.

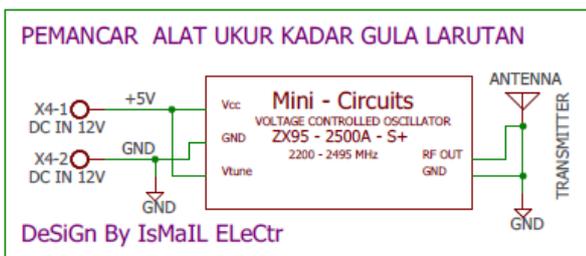
2. Skema Rangkaian

Skema dari rangkaian alat ukur kadar larutan gula menggunakan radiasi gelombang mikro yang dibuat ini dibagi 3 bagian, yang terdapat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Rangkaian *Power Supply* Alat Ukur Kadar Larutan Gula

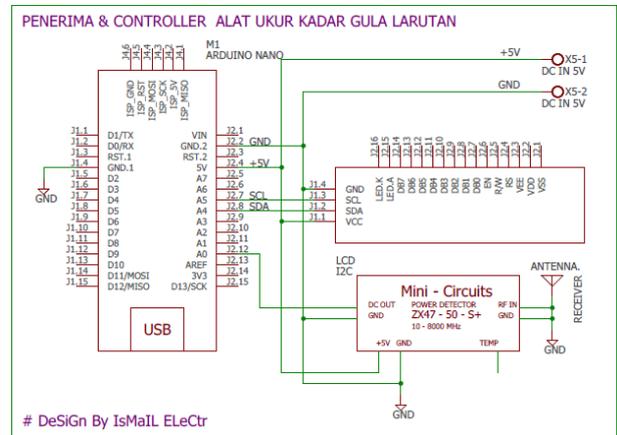
Rangkaian *Power Supply* pada alat ini difungsikan sebagai sumber daya untuk *VCO*, *Power Detector* dan Mikrokontroler Arduino Nano. Tegangan keluaran 12V untuk tegangan VCC dan VTune *VCO*, 5V untuk tegangan VCC *Power Detector* dan 15V untuk tegangan VIN Arduino Nano.



Gambar 2. Skema Rangkaian Pemancar

Rangkaian pemancar (*Transmitter*) pada alat ini menggunakan *Voltage Controlled Oscillator*

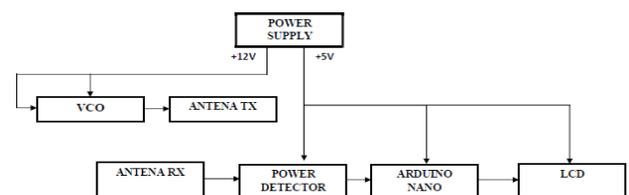
ZX-2500-S+ digunakan untuk pembangkit *Radio Frequency* sebesar 2,4 GHz yang dihubungkan ke Antena Mikrostrip yang mampu memancarkan frekuensi 2,4 GHz.



Gambar 3. Rangkaian Penerima dan *Controller* Alat Ukur Kadar Larutan Gula

Rangkaian penerima (*Receiver*) pada alat ini menggunakan *Power Detector* ZX-47-50-S+ yang digunakan untuk mengubah daya *Radio Frequency* (RF) yang diterima oleh antena penerima (antena yang digunakan adalah antena mikrostrip) menjadi keluaran tegangan DC yang dihubungkan ke *pin input* mikrokontroler Arduino Nano. Arduino nano difungsikan sebagai kontrol pemrosesan dari tegangan keluaran *Power Detector* ke data digital konsentrasi molaritas kadar larutan gula yang ditampilkan pada LCD.

3. Blok Diagram



Gambar 4. Blok Diagram Alat Ukur Kadar Larutan Gula menggunakan Radiasi Gelombang Mikro

Berdasarkan pada blok diagram terdapat beberapa blok yang masing-masing berfungsi, yaitu:

a. *Power Supply*

Power supply pada alat ini difungsikan untuk memberikan pasokan daya ke masing-masing blok rangkaian *VCO*, *Power Detector*, Arduino Nano dan LCD. Output dari *power supply* disini dibuat berupa tegangan 5V dan 12V. Tegangan 5V digunakan untuk *Power Detector*, Arduino Nano dan LCD. Tegangan 12V digunakan untuk *VCO*.

b. *VCO (Voltage Controlled Oscillator)*

VCO pada alat ini difungsikan sebagai pembangkit sinyal frekuensi radio sebesar 2,4 GHz. VCO yang digunakan adalah tipe ZX95-2500A-S+, frekuensinya dapat diatur dengan cara memasukkan tegangan pada pin *Vtune* sebesar 12V. VCO di alat ini difungsikan juga sebagai perangkat pemancar gelombang mikro.

c. Antena TX dan RX

Antena pada alat ini difungsikan untuk perangkat pemancar dan penerima radiasi gelombang mikro. Antena yang digunakan pada alat ini adalah antena mikrostrip yang frekuensinya sebesar 2,4 GHz. Antena TX (*Transmitter*) difungsikan untuk pemancar. Antena RX (*Receiver*) difungsikan untuk antena penerima.

d. *Power Detector*

Power detector pada alat ini difungsikan sebagai mengubah sinyal frekuensi radio menjadi output tegangan DC. *Power detector* yang digunakan adalah tipe ZX47-50-S+ yang mampu menerima frekuensi sebesar 2,4 GHz. *Power detector* disini difungsikan juga sebagai perangkat penerima gelombang mikro.

e. Arduino Nano

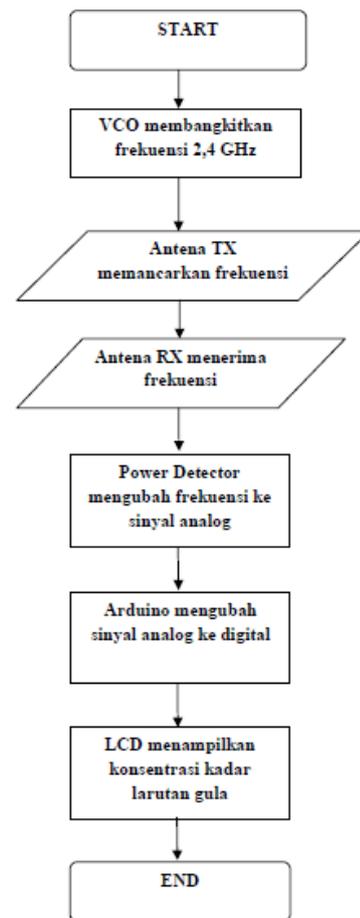
Arduino nano pada alat ini difungsikan sebagai pusat pengolah sinyal analog menjadi data hasil pengukuran kadar larutan gula dari radiasi gelombang mikro yang diterima oleh antena dan telah diubah oleh *power detector* menjadi sinyal analog.

f. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD pada alat ini difungsikan sebagai perangkat untuk menampilkan output data hasil pengukuran kadar larutan gula. Di LCD alat ini Kita dapat mengetahui berapa persentase kadar gula yang telah diukur. Diblok rangkaian LCD telah dipasangkan rangkaian I2C (*Inter Integrated Circuit*). Rangkaian I2C di alat ini difungsikan untuk serial komunikasi antara mikrokontroller arduino nano dengan LCD.

4. Diagram Alir

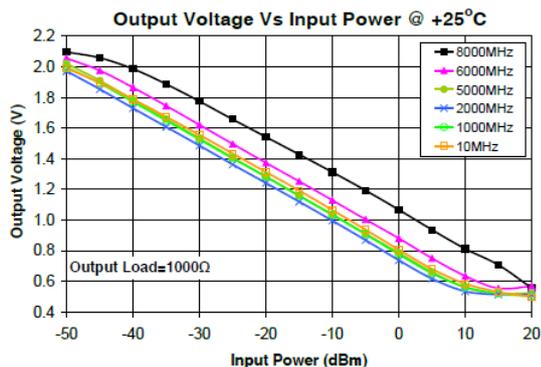
Bagan alir (*flowchart*) adalah bagan (*chart*) yang menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Bagan alir program (*program flowchart*) merupakan bagan yang menjelaskan secara rinci langkah-langkah dari proses program. Bagan alir program dibuat dari alir sistem. Bagan alir logika program digunakan untuk menggambarkan langkah-langkah di dalam mikrokontroller secara logika. Bentuk *flowchart* sistem alat ukur kadar larutan gula menggunakan radiasi gelombang mikro ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5. Diagram Alir Alat Ukur Kadar Larutan Gula Menggunakan Radiasi Gelombang Mikro

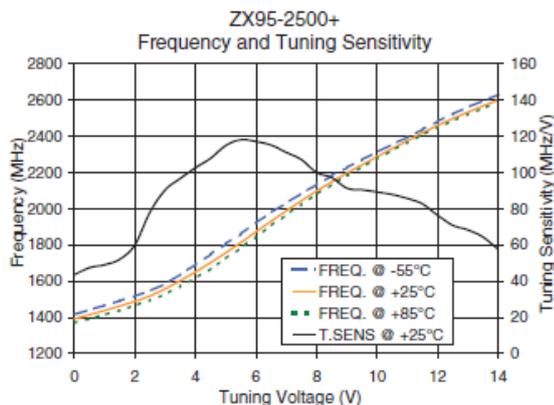
5. Prinsip Kerja

Pada saat *power supply* dihidupkan maka VCO (*Voltage Controlled Oscillator*) akan membangkitkan frekuensi gelombang mikro sebesar 2,4 GHz, frekuensi 2,4 GHz tersebut diatur dengan cara dihubungkan *port VTune* VCO ke tegangan sebesar 12 volt yang kemudian output VCO tersebut disalurkan ke antena TX (*Transmitter*). Dari antena TX (*Transmitter*) dipancarkan radiasi gelombang mikro, radiasi gelombang mikro yang dipancarkan oleh antena TX (*Transmitter*) sebelumnya melewati larutan gula lalu gelombang tersebut diterima oleh antena RX (*Receiver*). Gelombang mikro yang diterima oleh antena RX (*Receiver*) diteruskan ke *Power Detector* lalu di *Power Detector* diubah menjadi output tegangan DC (*Direct Current*) berupa sinyal analog. Sinyal analog tersebut akan diolah oleh mikrokontroller arduino nano menjadi sinyal digital. *Output* sinyal digital tersebutlah yang akan ditampilkan di LCD berupa konsentrasi kadar larutan gula dalam satuan molaritas (mol/L).



Gambar 6. Grafik *Output Voltage Vs Input Power Detector*

Berdasarkan grafik pada *datasheet Power Detector* di atas, dapat dijelaskan prinsip kerjanya semakin rendah *Input Power (dBm)* yang diterima oleh *Power Detector*, maka *Output Voltage (VDC) Power Detector* akan semakin naik.



Gambar 7. Grafik *Frequency and Tuning Sensitivity*

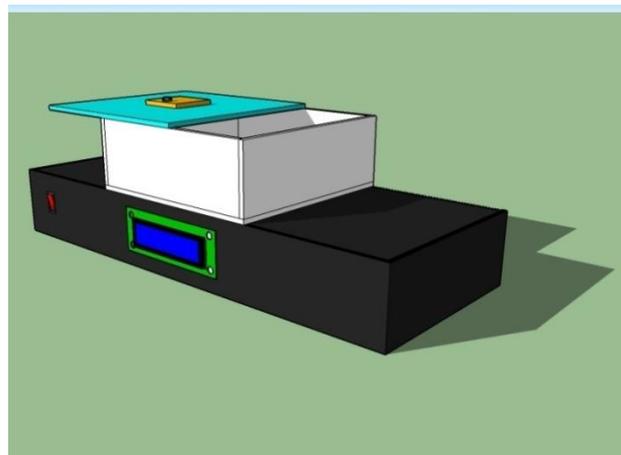
Gambar grafik diatas merupakan gambar grafik antara *Frequency and Tuning Sensitivity* pada *Voltage Controlled Oscillator*. Berdasarkan *datasheet* tersebut dapat dijelaskan untuk mendapatkan frekuensi 2400 MHz (2,4 GHz), maka kita harus menggunakan *Tuning Voltage (V)* sebesar 12 V.

Alat ini menggunakan 2 buah antenna yaitu antenna pemancar (Tx) dan antenna penerima (Rx). Antenna pemancar tersebut diletakkan dibawah wadah larutan gula dan antenna penerimanya diletakkan ditutup wadah larutan gula. Semakin banyak konsentrasi kadar gula yang ada dalam larutan air, maka antenna penerima akan semakin kurang mendapatkan daya input (dB) dikarenakan molaritas larutan gula semakin naik, sehingga tegangan output *Power Detector* semakin naik. Berdasarkan keadaan tersebut, maka nilai molaritas (mol/L) yang terukur tampil di LCD akan semakin naik.

6. Spesifikasi Alat

Alat ukur kadar larutan gula menggunakan radiasi gelombang mikro memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Dimensi alat : 220 mm x 150 mm x 260 mm
- Dimensi wadah larutan gula : 80 mm x 80 mm x 65 mm
- Volume larutan : 400 mL
- Mikrokontroller : Arduino nano
- Tegangan kerja Arduino : 15 Volt DC
- Tegangan kerja VCO : 12 Volt DC
- Tegangan kerja *Power Detector* : 5 Volt DC
- Sensor input : Antena mikrostrip 2,4 GHz
- Dimensi antenna : 47,05 mm x 47,39 mm
- Tipe LCD : 16 x 2
- Bahan alat : *Acrylic* 3 mm
- Bahan wadah larutan gula : Plastik
- Bahan antenna : FR4 *Epoxy*
- Satuan yang diukur : Molaritas (mol/L)



Gambar 8. Bentuk Rancangan Fisik Alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengujian, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai satuan kadar larutan gula. Untuk mendapatkan Molaritas larutan, maka dicari nilai *Mol Solute (g/mol)* dan jumlah mol zat terlarut (mol). Molaritas adalah satuan dalam kimia yang mengukur konsentrasi suatu larutan dengan mengukur mol zat terlarut per liter larutan. Langkah-langkah untuk menghitung nilai Molaritas:

- Menentukan nilai Mol Solute

Untuk mencari mol solute:

mol solute = Kalikan massa atom dengan jumlah atom

Rumus Kimia Gula = C₁₂H₂₂O₁₁

massa atom C = 12

massa atom H = 1

massa atom O = 16

mol solute = (C)(12) + (H)(22) + (O)(11)
 mol solute = (12)(12) + (1)(22) + (16)(11)
 mol solute = 144 + 22 + 176
 mol solute = 342 g/mol

2. Menentukan Volume Solusi dalam Liter

Untuk menghitung Volume Solusi dalam Liter, Kita diharuskan merubah volume air dari mililiter menjadi Liter.

3. Volume air : 50ml x (1L / 1000ml) = 0,05 L

Tentukan Molaritas Solusi. Untuk menghitung nilai Molaritas masukkan nilai yang telah didapatkan pada langkah 1 dan 2 ke dalam persamaan molaritas.

Untuk mencari Molaritas :

$$M = m/V$$

Keterangan:

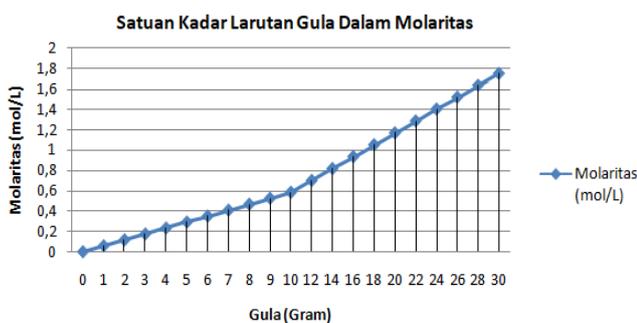
M=Molaritas (m/V)

m =Jumlah mol zat terlarut (mol)

V= Volume Air (L)

Tabel 1. Satuan Kadar Larutan Gula

No	Berat Gula (gram)	Volume air (L)	Mol Solute (g/mol)	Jumlah mol zat terlarut (mol)	Molaritas (mol/L)
1	0	0,05	342	0	0
2	1	0,05	342	0,003	0,058
3	2	0,05	342	0,006	0,117
4	3	0,05	342	0,009	0,175
5	4	0,05	342	0,012	0,234
6	5	0,05	342	0,015	0,292
7	6	0,05	342	0,018	0,351
8	7	0,05	342	0,020	0,409
9	8	0,05	342	0,023	0,468
10	9	0,05	342	0,026	0,526
11	10	0,05	342	0,029	0,585
12	12	0,05	342	0,035	0,702
13	14	0,05	342	0,041	0,819
14	16	0,05	342	0,047	0,936
15	18	0,05	342	0,053	1,053
16	20	0,05	342	0,058	1,170
17	22	0,05	342	0,064	1,287
18	24	0,05	342	0,070	1,404
19	26	0,05	342	0,076	1,520
20	28	0,05	342	0,082	1,637
21	30	0,05	342	0,088	1,754



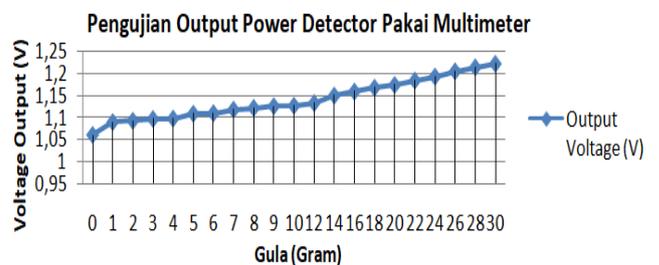
Gambar 9. Grafik Satuan Larutan Gula

1. Pengukuran Kadar Larutan Gula dengan Power Detector

Power Detector merupakan komponen Radio Frequency (RF) yang digunakan untuk mengubah sinyal input RF menjadi output tegangan DC yang sebanding dengan daya input RF. Input RF merupakan antenna penerima yang mana, antara antenna penerima dan power detector dihubungkan dengan menggunakan konektor SMA 50 Ohm. Sedangkan antenna pemancar dihubungkan dengan VCO.

Tabel 2. Pengujian Larutan Gula Menggunakan Power Detector

No.	Berat Gula (Gram)	Out PD (V)
1	0	1,087
2	1	1,09
3	2	1,093
4	3	1,097
5	4	1,098
6	5	1,109
7	6	1,11
8	7	1,118
9	8	1,122
10	9	1,126
11	10	1,127
12	12	1,133
13	14	1,15
14	16	1,159
15	18	1,168
16	20	1,174
17	22	1,184
18	24	1,193
19	26	1,205
20	28	1,214
21	30	1,222



Gambar 10. Grafik Pengujian Kadar Larutan Gula Menggunakan Power Detector

Indikator yang diukur adalah tegangan output (VDC) dari Power Detector. Pengujian dilakukan dengan mengukur VDC dari air mineral sebanyak 50 ml, dan dilakukan penambahan gula ke

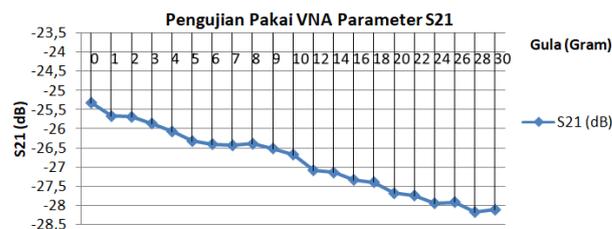
dalam larutan secara bertahap. Semakin banyak kadar gula yang terdapat didalam larutan, maka nilai output dari Power Detector akan semakin tinggi.

2. Pengujian dengan RF Vector Network Analyzer (VNA)

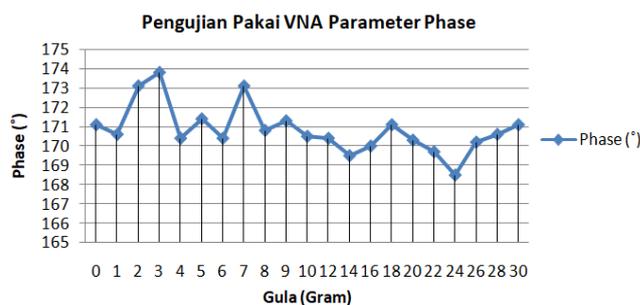
RF Vector Network Analyzer (VNA) melakukan dua jenis pengukuran transmisi dan refleksi. Pengukuran transmisi melewati sinyal stimulus Vector Network Analyzer melalui perangkat yang diuji, yang kemudian diukur oleh penerima Vector Network Analyzer (VNA) di sisi lain. Pengukuran parameter S transmisi yang paling umum adalah S21 dan S12 (Sxy untuk lebih dari 2 port). Pengukuran daya sapuan adalah untuk pengukuran transmisi. Beberapa contoh pengukuran transmisi lainnya termasuk gain, insertion loss/fase, panjang/delay listrik dan group delay. Relatif, pengukuran refleksi mengukur bagian dari sinyal stimulus VNA yang datang dari Device Under Test (DUT), tetapi tidak melewatinya. Sebaliknya, pengukuran refleksi mengukur sinyal yang bergerak kembali menuju sumber karena refleksi.

Tabel3. Pengujian Larutan Gula Dengan Menggunakan VNA

No	Berat Gula (Gram)	S21 (dB)	Phase (°)
1	0	-25,33	171,1
2	1	-25,68	170,6
3	2	-25,7	173,1
4	3	-25,87	173,8
5	4	-26,08	170,4
6	5	-26,33	171,4
7	6	-26,41	170,4
8	7	-26,44	173,1
9	8	-26,4	170,8
10	9	-26,52	171,3
11	10	-26,68	170,5
12	12	-27,09	170,4
13	14	-27,15	169,5
14	16	-27,34	170
15	18	-27,4	171,1
16	20	-27,69	170,3
17	22	-27,75	169,7
18	24	-27,95	168,5
19	26	-27,92	170,2
20	28	-28,18	170,6
21	30	-28,12	171,1



Gambar 11. Grafik Parameter S11 Menggunakan VNA



Gambar 12. Grafik Parameter Phase Menggunakan VNA

Nilai yang diukur adalah nilai S21(dB) dan nilai Phase(°). Nilai S21(dB) berbanding terbalik dengan parameter kadar larutan gula, semakin tinggi nilai kadar gula yang terdapat di dalam larutan, maka semakin rendah nilai S21(dB) yang didapatkan, nilai S21(dB) memiliki nilai negatif (minus/-). Nilai Phase(°) yang di terukur tidak konstan, hal ini dikarenakan posisi dari antenna pada saat menguji kadar larutan gula selalu berubah.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan pengukuran pada alat ukur kadar larutan gula dengan menggunakan gelombang mikro adalah:

1. Alat yang dibuat sudah berjalan dengan baik dan mencapai tujuan yang diinginkan.
2. Metode pengujian yang dilakukan adalah pengujian dengan menggunakan Power Detector dan VNA.
3. Hasil pengujian kadar larutan gula pada Power Detector menunjukkan bahwa semakin banyak kadar gula yang terdapat didalam larutan, maka nilai output dari Power Detector akan semakin tinggi.
4. Hasil pengujian kadar larutan gula pada VNA menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kadar gula yang terdapat di dalam larutan, maka semakin rendah nilai S21(dB) yang didapatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- 1] Chusni, Muhammad Minan. 2017. PENGENALAN ALAT UKUR. Bandung. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- [2] Ahmad Roni Kiagus, Herawati Netty. 2020. KIMIA FISIKA II. Palembang-Indonesia. Rafah Press UIN Raden Fatah Palembang.
- [3] Wikipedia. VoltageControlledOscillator. <https://en.m.wikipedia.org/wiki/Voltage-controlled-oscillator>. Diakses pada 22 Desember 2021.
- [4] Ali, M. M., Ibrahim, S. Z., Adam, I., & Khalid, N. (2019). Design and development of RF power detector for microwave application. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJEECS)*, 13(2), 713-720.
- [5] Bisma, Leo. 2021. Mempelajari Konsep Gelombang Elektromagnetik, Sifat dan Manfaatnya. Ruang Guru. Ruang Guru.