

**PENGUKURAN KONSENTRASI LARUTAN GULA
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR IDT
(SUATU STUDI AWAL)**

TUGAS AKHIR

Oleh :
BAHARI PUJIANTO
0310930012-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

**PENGUKURAN KONSENTRASI LARUTAN GULA
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR IDT
(SUATU STUDI AWAL)**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

BAHARI PUJIANTO

0310930012-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
PENGUKURAN KONSENTRASI LARUTAN GULA
DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR IDT**

(SUATU STUDI AWAL)

Oleh :

**BAHARI PUJIANTO
0310930012-93**

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji

Pada tanggal

**Dan dinyatakan memenuhi untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dra. S.J. Iswarin, Apt,M.Si
NIP. 131 190 465**

**DR. Eng.Didik R. Santoso, M.Si
NIP. 132 086 158**

Mengetahui

Ketua Jurusan Fisika

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo, PhD

NIP. 131 960 447

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bahari Pujianto
NIM : 0310930012
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi :

PENGUKURAN KONSENTRASI LARUTAN GULA DENGAN MENGUNAKAN SENSOR IDT (SUATU STUDI AWAL)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil jiplakan dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila dikemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juni 2009
Yang menyatakan,

(Bahari Pujianto)
NIM. 0310930012

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Penelitian ini mencoba mengembangkan suatu metode baru untuk mengukur konsentrasi larutan gula dalam air dengan menggunakan transduser IDT. Transduser IDT difungsikan sebagai sensor kapasitif yang dirangkai dengan sebuah *charge amplifier*, sehingga keluaran sensor berupa tegangan listrik. Pengukuran konsentrasi larutan gula dilakukan dengan membandingkan tegangan keluaran sensor terhadap konsentrasi larutan gula.

Untuk memverifikasi kerja sensor dan validasi dari metode yang dikembangkan, telah dilakukan uji sistem dengan menggunakan berbagai variasi transduser IDT, dan dengan menggunakan berbagai larutan gula yang telah diketahui konsentrasinya. Sensor IDT yang digunakan memiliki variasi lebar dan jarak 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Sensor diuji dengan menggunakan frekuensi kerja antara 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, dan 100 kHz.

Dari pengukuran yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sensor IDT dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan gula dengan baik, khususnya pada konsentrasi rendah. Dari tiga variasi transduser yang ada, transduser terbaik yang digunakan adalah sensor dengan ukuran lebar dan jarak 1 mm. Sistem akan bekerja dengan optimal pada frekuensi kerja 1 kHz sampai dengan 10 kHz. Pengukuran konsentrasi persen berat 1-10 % diperoleh nilai persamaan $y = 0,219x + 0,445$ dan $R^2 = 0,984$, dengan error penelitian 1,6 %.

Kata kunci : konsentrasi larutan, pengukuran, transduser IDT

ABSTRACT

This research try to develop a new method To measure sugar solution concentration in the water using IDT transducer. IDt is functioned as capacitive sensors that connected to charge amplifier, so the sensor output is voltage. Measurement of sugar solution concentration is done by comparing sensor output voltage to sugar solution concentration.

To verify the sensors work and to validate this method, the system testing have been done with variation IDT transducer form and various sugar solution with certain concentration. IDT sensors that used have a various width and distance 1 mm, 2 mm, and 3 mm. the sensors is tested using active frequency 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, and 100 kHz.

From measurement that have been done, can be concluded IDT sensors can be used to measure sugar solution concentration well, especially in low concentration. From three variation of existed transducer, the best transducer used is a transducer that have a 1 mm distance and width. While the system will work optimally in active frequency 1 kHz up to 10 kHz. Measurement of weight percentage concentration 1-10 %. There we have an equation $y = 0,219x + 0,445$ and $R^2 = 0,984$ with, error 1,6 %.

Keyword : solution concentration, measurement, IDT transducer

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kepada dzat yang maha agung Allah Swt, hanya karena petunjuk dan izin-Nyalah akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “PENGUKURAN KONSENTRASI LARUTAN GULA DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR IDT (SUATU STUDI AWAL)“. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang Fisika di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

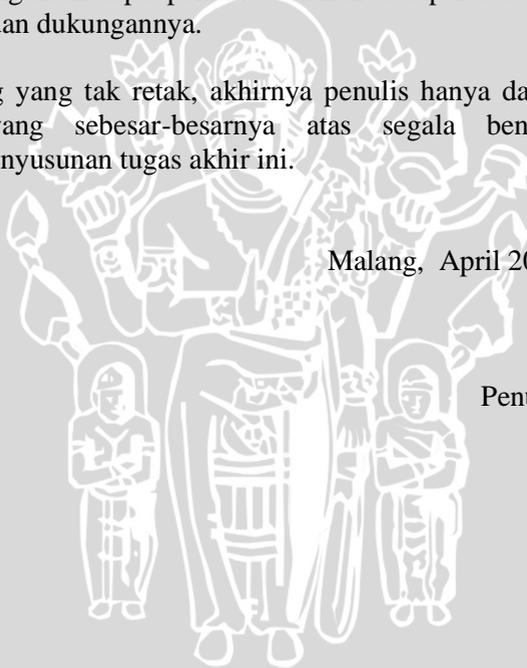
1. Kedua orang tua penulis (Pak Pandji dan Ibunda Sukati), yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moril maupun materiil. Tanpa dukungan dan restu beliau berdua, penulis bukanlah siapa-siapa.
2. Drs. Adi Susilo, PhD, sebagai ketua jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
3. Drs. S.J. Iswarin, A Pt, M.Si sebagai pembimbing I atas segala bentuk bimbingan dan masukan yang beliau berikan kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir.
4. Dr. Eng. Didik R. Santoso, M.Si sebagai pembimbing II atas segala bentuk bimbingan dan ilmu yang beliau berikan kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir.
5. Chomsin S. Widodo, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi dan arahan kepada penulis.
6. Bapak Ibu dosen staf pengajar, Laboran, dan Karyawan jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
7. Drs, Djoko H.S.,PhD, dan Drs. A.M.Juwono, M.Sc, atas segala dukungan dan bantuan beliau.
8. Pak Rahman, Pak Purnomo, Pak Roby, Mas Adi, atas segala bantuannya selama di Laboratorium.

9. Kakak dan Adikku (Mbak Tut, Pak Ruri, Candra, Atul), yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
10. Keluarga Bpk. Drs. Asmuni, MH. (Alm.) yang mempunyai andil besar dalam kehidupan penulis.
11. Teman-teman jurusan Fisika Angkatan 2003 (Generasi Penuh Inspirasi dan kompak, Salam Semangat dan Persaudaraan teman, pak ketua mau lulus).
12. Teman seperjuangan di lab, (Rinda, Angga, Fendi, Munir, ayo semangat prend).
13. Teman-teman JR109 yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini (Udi ndo, Aris ceng, Ari Beh, Indra hunt, Dian Apunk, Vida).
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu atas segala bantuan dan dukungannya.

Tiada gading yang tak retak, akhirnya penulis hanya dapat memohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala bentuk kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Malang, April 2009

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK/ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
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	
2.1. Larutan	3
2.1.1. Kelarutan	3
2.1.2. Konsentrasi larutan	4
1. Persen berat	4
2. Persen volume	5
3. Molaritas	5
4. Normalitas	5
5. Molalitas	5
6. Bagian Persejuta (ppm) dan bagian Permilyar (ppb)	6
2.1.2. Daya hantar listrik	6
2.2. Gula	6
2.2.1. Monosakarida	7
2.2.2. Oligosakarida	8
2.2.3. Polisakarida	9

2.3. Sensor kapasitif	10
2.3.1. Sensor IDT	15
2.3.2. Penguat operasional (<i>op amp</i>)	17
2.3.3. <i>Charge amplifier</i>	19
BAB III METODOLOGI	
3.1. Waktu dan tempat penelitian	21
3.2. Tahapan Penelitian	21
3.2.1. Tahap persiapan	21
3.2.2. Tahap pembuatan alat.....	22
3.2.3. Tahap eksperimen	27
3.2.4. Analisis data dan pembahasan.....	28
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN	
4.1. Hasil pengujian alat	31
4.1.1. Hasil pengujian sensor IDT	31
4.1.2. Hasil pengujian rangkaian <i>charge amplifier</i> ..	31
4.1.3. Pengujian rangkaian total	32
4.2. Analisis hasil	32
4.2.1. Sensor IDT dengan lebar 1 mm.....	33
4.2.2. Sensor IDT dengan lebar 2 mm.....	34
4.2.3. Sensor IDT dengan lebar 3 mm.....	34
4.2.4. Sensor IDT dengan lebar 1 mm, 2 mm dan 3 mm pada frekuensi 5 kHz.....	35
4.3. Pembahasan.....	37
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN 1	45
LAMPIRAN 2	49
LAMPIRAN 3	51
LAMPIRAN 4	53
LAMPIRAN 5	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Macam-macam karbohidrat	7
Gambar 2.2. Dua Muatan yang berlawanan arah.....	10
Gambar 2.3. Kapasitor plat sejajar	12
Gambar 2.4. Tipe alat SAW dengan dua IDT.....	15
Gambar 2.5. Skematis proses transmisi gelombang akustik permukaan	16
Gambar 2.6. Beberapa tipe IDT dalam praktek	17
Gambar 2.7. Sensor IDT.....	17
Gambar 2.8. Penguat dengan pembalikan (<i>inverting amplifier</i>).....	18
Gambar 2.9. Penguat non pembalikan (<i>non inverting amplifier</i>).....	19
Gambar 2.10. Rangkaian <i>charge amplifier</i>	20
Gambar 3.1. Flowchart penelitian	21
Gambar 3.2. Rancangan Sensor IDT dengan lebar dan jarak 1 mm.....	22
Gambar 3.3. Rancangan Sensor IDT dengan lebar dan jarak 2 mm.....	22
Gambar 3.4. Rancangan Sensor IDT dengan lebar dan jarak 3 mm.....	22
Gambar 3.5. Blok diagram <i>charge amplifier</i>	23
Gambar 3.6. Penimbangan gula pasir dengan neraca O haus s	25
Gambar 3.7. Larutan gula dalam 200 ml aquades.....	25
Gambar 3.8. Pengujian nilai kapasitansi sensor IDT	26
Gambar 3.9. Bagan Pengukuran konsentrasi larutan gula	27
Gambar 4.1. Bentuk sinyal keluaran gelombang sinusoidal ...	32
Gambar 4.2. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 1 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada berbagai frekuensi.....	33
Gambar 4.3. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 2 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada berbagai frekuensi.....	34

Gambar 4.4. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 3 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada berbagai frekuensi 35

Gambar 4.5. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 1 mm, 2 mm, dan 3 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada frekuensi 5 kHz ... 36

Gambar 4.6. Grafik hubungan tegangan keluaran terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam persen berat 1-10 % pada frekuensi 5 kHz 38



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Tingkat kelarutan beberapa zat dalam air	4
Tabel 2.2. Kemanisan beberapa gula dan sakarin	8
Tabel 2.3. Contoh konstanta dielektrik suatu bahan	12



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Halaman

LAMPIRAN 1 Data pengukuran tegangan keluaran sensor IDT 1 mm, 2 mm, dan 3 mm terhadap Perubahan konsentrasi larutan gula (M) dalam variasi frekuensi	45
LAMPIRAN 2 Data pengukuran tegangan keluaran sensor IDT 1 mm, 2 mm, dan 3 mm terhadap Perubahan konsentrasi larutan gula (M) pada frekuensi 5 kHz	49
LAMPIRAN 3 Data pengukuran sensor 1 mm pada frekuensi 5 kHz dalam konsentrasi persen berat	51
LAMPIRAN 4 Pembuatan konsentrasi dalam molaritas dan persen berat	53
LAMPIRAN 5 Foto alat dan bahan	57



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Larutan adalah campuran yang bersifat homogen antara molekul, atom ataupun ion dari dua zat atau lebih. Dinamakan campuran karena susunan atau komposisinya dapat berubah. Larutan homogen karena susunannya seragam sehingga tidak dapat diamati adanya bagian-bagian yang berlainan, walaupun diamati dengan mikroskop optis. Larutan dapat berwujud gas, padat ataupun cair. Larutan gas misalnya udara. Larutan padat misalnya perunggu, amalgam dan paduan logam yang lain. Larutan cair misalnya air laut, larutan gula dalam air, dan lain-lain. Susunan dari larutan terdiri dari pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solute*).

Konsentrasi larutan menyatakan banyaknya zat terlarut dalam suatu pelarut. Dalam bidang kimia, biologi dan fisika konsentrasi larutan dinyatakan dalam molar (M), molal (m), normal (N), bagian persen (%), bagian persepjuta (ppm), dan bagian per milyar (ppb).

Selama ini pengukuran konsentrasi larutan khususnya larutan gula biasa dilakukan dengan menggunakan berbagai metode diantaranya metode Munson-Walker dan metode pol. Selain itu pengukuran konsentrasi larutan dapat juga dilakukan dengan cara menggunakan sensor, dengan melihat dari karakteristik larutan terhadap respon listrik.

Pada penelitian ini akan dilakukan studi tentang aplikasi *device* IDT (*inter digital transducer*) untuk mengukur konsentrasi larutan gula. Pengukuran konsentrasi larutan gula dengan menggunakan sensor IDT diharapkan dapat dilakukan dengan ketelitian yang cukup memadai.

1.2. Rumusan masalah

Masalah yang muncul dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mendesain sebuah transduser IDT dan pengkondisi sinyalnya sehingga dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan gula?
2. Bagaimana hubungan besarnya konsentrasi larutan gula dengan tegangan keluaran yang dihasilkan?

1.3. Batasan masalah

1. Transduser IDT yang digunakan memiliki lebar dan jarak 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Tidak digunakan kombinasi lain.
2. Transduser IDT dibuat dari PCB yang dilapisi perak.
3. Gula yang digunakan dalam penelitian adalah Sukrosa (gula pasir).
4. Frekuensi kerja sensor IDT dibatasi dari 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz dan 100 kHz.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui apakah transduser IDT dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan gula.
2. Untuk mendapatkan frekuensi kerja optimal dari transduser IDT yang dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan gula.
3. Mengetahui respon frekuensi transduser IDT terhadap konsentrasi larutan gula.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah ditemukannya metode baru dalam pengukuran konsentrasi larutan, khususnya larutan gula.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Larutan

Larutan adalah cairan yang merupakan campuran homogen dari dua atau lebih zat. Zat atau bahan yang memiliki sifat melarutkan disebut sebagai zat pelarut, dan zat yang dilarutkan disebut sebagai zat terlarut. Zat terlarut merupakan komponen yang jumlahnya sedikit, sedangkan pelarut adalah komponen yang terdapat dalam jumlah banyak. Larutan memiliki komposisi merata di seluruh bagian volumenya (Chambel dkk, 2000). Berdasarkan proses terbentuknya, larutan dibedakan menjadi tiga yaitu, zat terlarut bereaksi secara kimia dengan pelarut dan membentuk zat yang baru, zat terlarut membentuk zat tersolvasi dengan pelarut, dan terbentuknya larutan berdasarkan dispersi.

Larutan dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kelarutan, konsentrasi zat terlarut dan daya hantar listrik. Konsentrasi larutan dapat dinyatakan dalam molaritas, persen berat, persen volume, fraksi mol, *part per million* (ppm), dan normalitas (Utiya, 2004).

2.1.1. Kelarutan

Kelarutan adalah banyaknya zat terlarut maksimal dalam jumlah tertentu pelarut pada temperatur konstan. Kelarutan suatu zat dipengaruhi oleh suhu, volume pelarut, dan ukuran zat terlarut. Suatu larutan dengan jumlah maksimum zat terlarut pada temperatur tertentu disebut larutan jenuh. Sebelum mencapai titik jenuh, disebut larutan tidak jenuh, dan disebut larutan lewat jenuh apabila zat terlarut lebih banyak dari pada pelarut.

Air adalah pelarut yang sering digunakan dalam pembuatan larutan, karena air mempunyai kemampuan yang tinggi untuk melarutkan zat. Oleh sebab itu air disebut sebagai pelarut universal karena memiliki kemampuan yang tinggi dalam melarutkan zat. Tingkat kelarutan berbagai zat dalam air berbeda-beda. Kelarutan

tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu, suhu, pengadukan, dan luas permukaan zat.

Pada suhu tinggi partikel-partikel zat akan bergerak lebih cepat dibandingkan pada suhu rendah. Akibatnya kontak antara zat terlarut dengan pelarut menjadi lebih sering dan efektif, sehingga pada suhu tinggi zat akan mudah melarut. Kelarutan zat dipengaruhi juga oleh pengadukan. Semakin banyak jumlah pengadukan, maka zat terlarut pada umumnya menjadi lebih mudah larut. Kecepatan kelarutan dapat dipengaruhi juga oleh luas permukaan yaitu besar kecilnya partikel zat terlarut. Luas permukaan sentuhan zat terlarut dapat diperbesar melalui proses pengadukan atau penggerusan secara mekanis. Tabel 2.1. adalah contoh tingkat kelarutan beberapa zat dalam air pada suhu kamar (Utiya, 2004).

Tabel 2.1. Tingkat kelarutan beberapa zat dalam air pada suhu kamar

Zat	Kelarutan (per 100 gram)
Alkohol	Tidak terbatas
Garam	36
Gula	211
Oksigen	0.0041
Karbon-dioksida	0.144

2.1.2. Konsentrasi larutan

Konsentrasi larutan didefinisikan sebagai banyaknya zat terlarut dalam suatu pelarut. Konsentrasi dinyatakan dalam beberapa macam di antaranya yaitu, persen berat, persen volume, molaritas, normalitas, molalitas, bagian persepuluhan (ppm), dan bagian permilyar (ppb).

Persen berat

Persen berat menyatakan banyaknya gram berat zat terlarut dalam suatu pelarut dibagi dengan jumlah gram total zat terlarut dan pelarut dikalikan dengan 100 %. Persen berat dirumuskan dengan :

$$\text{Persen Berat (\%W/W)} = \frac{\text{Gram zat terlarut}}{\text{Gram zat terlarut} + \text{gram pelarut}} \times 100 \% \quad (2.1.)$$

Persen volume

Persen volume menyatakan banyaknya volume zat terlarut dalam suatu pelarut dibagi dengan jumlah volume total zat terlarut dan pelarut dikalikan dengan 100 %. Persen volume dirumuskan dengan :

$$\text{Persen Volume } (\%V/V) = \frac{\text{Volume zat terlarut}}{\text{Volume larutan}} \times 100 \% \quad (2.2.)$$

Molaritas

Molaritas atau konsentrasi molar (M) suatu larutan menyatakan jumlah mol spesi zat terlarut dalam satu liter larutan atau jumlah milimol dalam satu ml larutan. Konsentrasi molar dirumuskan dengan :

$$\text{Molaritas}(M) = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{Liter larutan}} \quad (2.3.)$$

Normalitas

Normalitas menyatakan jumlah ekuivalen zat terlarut dalam tiap liter larutan. Ekuivalen zat dalam larutan bergantung pada jenis reaksi yang dialami zat itu, karena satuan ini dipakai dalam penyetara zat dalam reaksi. Normalitas dirumuskan dengan :

$$\text{Normalitas } (N) = \frac{\text{ekivalen zat terlarut}}{\text{Liter larutan}} \quad (2.4.)$$

$$\text{Normalitas } (N) = \frac{\text{Gram zat terlarut}}{\text{berat ekuivalen} \times \text{liter larutan}} \quad (2.5.)$$

Molalitas

Molalitas (m) menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam seribu gram pelarut. Molalitas tidak tergantung pada temperatur, dan digunakan dalam bidang kimia fisika, terutama dalam sifat koligatif. Molalitas dirumuskan dengan :

$$\text{Molalitas}(M) = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{kilogram pelarut}} \quad (2.6.)$$

Bagian persepjuta (ppm) dan Bagian permilyar (ppb)

Satuan konsentrasi parts permillion ppm (bagian persepjuta) dan parts per billion, ppb (bagian permiliar), digunakan jika larutan sangat encer. Satu ppm ekuivalen dengan satu mg zat terlarut dalam satu liter larutan. Satu ppb ekuivalen dengan satu mikrogram zat terlarut per satu liter larutan. ppm dan ppb dirumuskan dengan :

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ mg zat terlarut}}{1 \text{ Liter larutan}} \times 100 \% \quad (2.7.)$$

$$1 \text{ ppb} = \frac{1 \mu\text{g zat terlarut}}{1 \text{ Liter larutan}} \times 100 \% \quad (2.8.)$$

(Utiya, 2004).

2.1.3. Daya hantar listrik

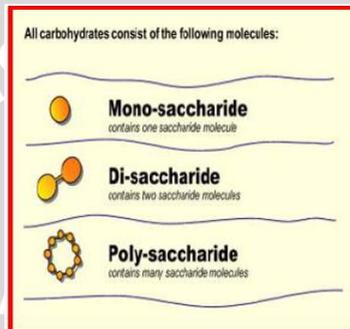
Berdasarkan sifat daya hantar listriknya larutan dibagi menjadi dua, larutan elektrolit dan larutan non elektrolit. Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan listrik. Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan listrik. Sifat elektrolit dan non elektrolit larutan didasarkan oleh pengaruh ion zat terlarut dalam pelarut sebagai kapasitasnya untuk dapat menghantarkan listrik.

2.2. Gula

Pada dasarnya gula adalah karbohidrat. Karbohidrat memiliki peranan penting dalam kehidupan khususnya bagi organisme. Karbohidrat dalam bentuk pati dan gula menggambarkan bagian utama kalori total yang dikonsumsi manusia dan bagi kebanyakan kehidupan hewan, juga pada mikroorganisme. Pada tumbuhan hijau yang menggunakan energi matahari, karbohidrat merupakan pusat dari metabolisme, pada saat melakukan sintesa karbohidrat dari CO_2 dan H_2O (Lehninger, 2005).

Berdasarkan jumlah unit gula, karbohidrat digolongkan menjadi tiga bagian utama yaitu, monosakarida, oligosakarida dan

polisakarida. Monosakarida adalah gula paling sederhana yang dapat dihidrolisa dari oligosakarida dan polisakarida. Oligosakarida adalah polimer yang terdiri dari dua hingga enam satuan monosakarida. Polisakarida terdiri dari beribu-ribu satuan monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan kovalen yang dapat dihidrolisasikan (Page, 1997).



Gambar 2.1. Macam-macam karbohidrat
(<http://elisa.ugm.ac.id/files/chimera73/ulnVfTez/KARBOHIDRAT1.pdf>)

2.2.1. Monosakarida

Monosakarida dalam bahasa Yunani, *monos* artinya tunggal, dan *sacchar* berarti gula. Monosakarida adalah gula yang memiliki struktur paling sederhana, terdiri dari hanya satu unit polihidroksi aldehida atau keton. Monosakarida tidak berwarna, merupakan kristal padat yang bebas larut dalam air, tetapi tidak larut di dalam pelarut nonpolar, dan kebanyakan memiliki rasa manis (Lehninger, 2005).

Monosakarida secara umum memiliki rumus $(CH_2O)_n$, dimana $n = 3$ atau jumlah yang lebih besar lainnya. Kerangka dari monosakarida adalah rantai karbon berikatan tunggal yang tidak bercabang. Yang termasuk dalam monosakarida diantaranya adalah *glukosa*, *fruktosa* dan *galaktosa* (Lehninger, 2005).

Glukosa di alam, banyak terkandung di dalam buah-buahan, sayuran dan juga sirup jagung. *Fruktosa* merupakan gula yang paling

manis dan dikenal sebagai gula buah. Di alam *glukosa* dan *fruktosa* banyak terkandung di dalam madu dan juga terkandung diberbagai macam buah-buahan. *Galaktosa* merupakan karbohidrat hasil dari proses pencernaan *laktosa* sehingga tidak terdapat di alam secara bebas. Monosakarida berfungsi sebagai molekul dasar bagi pembentukan senyawa karbohidrat kompleks seperti pati (*starch*) atau *selulosa* (Lehninger, 2005).

2.2.2. Oligosakarida

Oligosakarida dalam bahasa yunani *oligos* berarti sedikit dan *sacchar* berarti gula. Oligosakarida terdiri dari rantai pendek unit monosakarida yang digabungkan bersama-sama oleh ikatan kovalen. *Disakarida* adalah oligosakarida yang secara umum dikenal. Disakarida terdiri dari dua monosakarida yang berikatan kovalen terhadap sesamanya. Ikatan kimia yang menggabungkan kedua unit monosakarida di sebut ikatan *glikosida* (Lehninger, 2005).

Disakarida yang paling umum dijumpai di alam adalah *sukrosa*, *maltosa*, dan *laktosa*. *Sukrosa* atau gula tebu adalah *disakarida* yang banyak terdapat di alam. *Sukrosa* dibentuk dari dua monosakarida yaitu gabungan molekul *glukosa* dan *fruktosa*. *Sukrosa* dibentuk oleh banyak tanaman, tetapi tidak terdapat pada hewan tingkat tinggi contohnya pada sapi. *Maltosa* disebut juga gula *malt*, dibentuk dari dua molekul *glukosa*. *Laktosa* merupakan gula susu banyak terdapat di alam pada hewan mamalia. *Laktosa* hanya terdapat pada susu (Irawan, 2007).

Tabel 2.2. Kemanisan beberapa gula dan sakarin

Gula	Kemanisan Relatif
Sukrosa	100
Glukosa	70
Fruktosa	170
Maltosa	30
Laktosa	16
Sakarin	40

(Lehninger, 2005).

2.2.3. Polisakarida

Polisakarida dalam bahasa Yunani *poly* berarti banyak dan *sacchar* berarti gula. Polisakarida adalah karbohidrat yang paling kompleks. Polisakarida tersusun oleh monosakarida dan disakarida yang diikat oleh ikatan *glikosida*. Pada umumnya polisakarida berupa senyawa berwarna putih, tidak berbentuk kristal, dan tidak mempunyai rasa manis. Di dalam sistem kehidupan polisakarida memiliki fungsi yaitu sebagai bahan bangunan, makanan dan zat spesifik. Polisakarida bahan bangunan misalnya *selulosa* dan *kitin*. Polisakarida makanan yang lazim adalah pati dan glikogen. *Heparin* adalah zat spesifik dari polisakarida, satu polisakarida yang mencegah koagulasi darah (Lehninger, 2005).

Polisakarida yang sering dijumpai di alam antara lain, amilum, glikogen, dan *selulosa*.

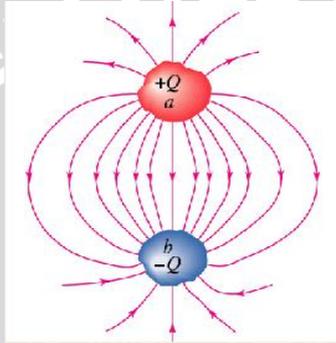
Amilum adalah polisakarida yang terdapat banyak di alam, yaitu pada sebagian besar tumbuhan. Amilum atau lebih sering dikenal dengan pati dibentuk dari dua polimer molekul *glukosa* yaitu amilosa (*amylose*) dan amilopektin (*amylopectin*). Amilosa merupakan polimer *glukosa* rantai panjang yang tidak bercabang sedangkan amilopektin merupakan polimer *glukosa* dengan susunan yang bercabang-cabang. Amilum banyak terdapat di alam pada beras, gandum, jagung, biji-bijian seperti kacang merah atau kacang hijau dan banyak juga terkandung di dalam berbagai jenis umbi-umbian seperti singkong, kentang atau ubi (Irawan, 2007).

Glikogen merupakan salah satu bentuk energi yang tersimpan di dalam tubuh. Glikogen dihasilkan melalui konsumsi karbohidrat dalam sehari-hari dan merupakan salah satu sumber energi utama yang digunakan oleh tubuh pada saat melakukan aktivitas gerak. Glikogen disimpan di tubuh di dalam otot dan hati.

Selulosa adalah struktur karbohidrat utama pada tumbuhan berkayu dan berserat, yang memiliki bentuk lurus memanjang. *Selulosa* atau zat kayu terdapat jutaan di alam terutama pada tumbuhan. Zat ini membentuk struktur dinding sel kayu yang merupakan rangka dari tumbuhan (Irawan, 2007).

2.3. Sensor kapasitif

Konsep dari kapasitansi adalah adanya dua buah penghantar terisolasi, yang berbentuk sebarang yang disebut plat, diasumsikan bahwa kedua plat tersebut benar-benar terisolasi dari lingkungan sekitar dan mereka mengangkut muatan-muatan yang sama besar dan berlawanan dan ditandai dengan simbol $+q$ dan $-q$. Semua garis gaya yang berasal dari penghantar bermuatan $+q$ akan berakhir di penghantar bermuatan $+q$ (Halliday dan Resnick, 2001).



Gambar 2.2. Dua muatan yang berlawanan arah

(<http://www.electroniclab.com/index.php?action=html&fid=30>)

Untuk memberikan muatan yang besarnya sama namun tandanya berlawanan adalah dengan menghubungkan sementara penghantar-penghantar tersebut ke kutub yang berlawanan pada sebuah sumber tegangan. Secara otomatis akan muncul kutub muatan-muatan yang besarnya sama tetapi berlawanan tanda (Halliday dan Resnick, 2001).

Ketika dua buah penghantar tersebut diberi muatan sebesar Q dengan sumber tegangan E maka potensial di antara plat akan naik dari 0 ke nilai V . Dari sini dapat dikatakan bahwa Q adalah jumlah muatan yang dapat disimpan oleh penghantar pada potensial V . Keadaan fisis tersebut dinamakan kapasitansi (Duffin, 2000).

Jadi kapasitansi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara muatan Q dan tegangan V pada dua buah penghantar terisolasi yang dihubungkan dengan sumber tegangan E . Jika kapasitansinya besar, maka dibutuhkan lebih banyak muatan untuk beda potensial yang

ditentukan. Secara singkat kapasitansi dapat juga didefinisikan kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Dari postulat Michael Faraday dapat dijelaskan bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat elektron sebanyak 1 coulomb, secara matematis dapat dirumuskan :

$$Q = CV \quad (2.9.)$$

Keterangan :

Q = muatan elektron dalam coulomb

C = nilai kapasitansi dalam farad

V = besar tegangan dalam volt

Untuk kapasitor yang berbentuk dua plat sejajar, nilai kapasitansinya dirumuskan dengan,

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.10.)$$

Keterangan :

C : nilai kapasitansi dalam farad

ϵ_0 : permitivitas ruang vakum

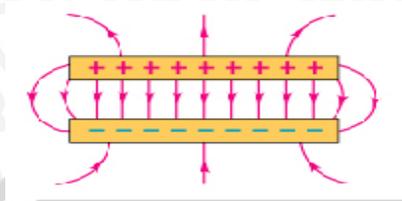
A : luas penampang dari plat sejajar (m^2)

d : jarak antar plat sejajar (meter)

Persamaan 2.10. hanya berlaku untuk kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik berupa ruang vakum, sedangkan untuk kapasitor yang menggunakan dielektrik suatu bahan tertentu, nilai kapasitansinya dapat ditentukan dengan rumusan :

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d} \quad (2.11.)$$

Dimana ϵ_r adalah konstanta dielektrik (Duffin, 1990).



Gambar 2.3. Kapasitor plat sejajar

(<http://www.electroniclab.com/index.php?action=html&fid=30>)

Dari persamaan 2.11. dapat dilihat bahwa kapasitansi meningkat dengan semakin luasnya plat konduktor atau dengan semakin berkurangnya jarak antara dua plat selain itu kapasitansi akan bertambah nilainya jika digunakan dielektrik dengan konstanta dielektrik besar. Tabel 2.2. adalah contoh nilai konstanta suatu bahan dielektrik yang disederhanakan :

Tabel 2.2. Contoh konstanta dielektrik suatu bahan

Bahan	Konstanta Dielektrik
Udara	1,00054
Polietilena	2,25
Kertas	3,5
PTFE (Teflon(TM))	2,1
Polistirena	2,4-2,7
Kaca <i>pyrex</i>	4,7
Karet	7
Silikon	11,68
Metanol	30
Beton	4,5
Air (20°C)	80,10
Barium titanat	1200

Pada suatu alat ukur kapasitif setidaknya dibutuhkan dua komponen utama :

- o Sebuah probe yang menggunakan perubahan kapasitansi untuk menentukan perubahan jarak dengan target

- o Driver elektronik berfungsi untuk mengkonversi perubahan parameter fisis (kapasitansi) menjadi parameter listrik (perubahan tegangan) (Anonimous, 2008²).

Sensor kapasitif biasanya digunakan untuk mengukur perpindahan dengan salah satu atau dua cara sekaligus, yaitu mengubah jarak antara dua plat konduktor atau dengan mengubah *overlapping* area (daerah yang berlawanan) dari dua plat tersebut (Dally et al, 1993).

Jika jarak antara dua plat konduktor diubah sebesar Δd , maka nilai kapasitansinya dapat dituliskan secara matematis :

$$C + \Delta C = \frac{\epsilon \epsilon_0 A}{d + \Delta d} \quad (2.12.)$$

dapat ditulis juga :

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta d / d}{1 + \Delta d / d} \quad (2.13.)$$

Persamaan 2.13. mengindikasikan bahwa respon dari sensor kapasitif tidak linear karena adanya Δd sebagai penyebut. Untuk mengatasi output yang nonlinear dari sensor ini, maka diukur juga perubahan impedansi kapasitor (Dally et al, 1993).

Persamaan impedansi dari suatu kapasitor dapat dinyatakan :

$$Z_c = -\frac{j}{\omega C} \quad (2.14.)$$

Jika perubahan kapasitansinya ΔC maka :

$$Z_c + \Delta Z_c = -\frac{j}{\omega} \left[\frac{1}{C + \Delta C} \right] \quad (2.15.)$$

dengan mensubstitusi persamaan 2.14. ke dalam persamaan 2.15. maka diperoleh :

$$\frac{\Delta Z_c}{Z_c} = - \frac{\Delta C / C}{1 + \Delta C / C} \quad (2.16.)$$

dan dengan mensubstitusi persamaan 2.13. kedalam persamaan 2.16. didapatkan rumus :

$$\frac{\Delta Z_c}{Z_c} = \frac{\Delta d}{d} \quad (2.17.)$$

Dari persamaan 2.17. dapat diketahui bahwa Z_c adalah linear terhadap d . Pengukuran ΔZ_c dapat digunakan untuk susunan plat yang sederhana (target sebagai ground dan probe sebagai terminal positif) dalam mengukur perubahan posisi Δd . Jika head sensor yang digunakan berbentuk silinder maka akan berlaku persamaan kelinieran (persamaan 2.17.) dengan syarat $0 < d < D/4$ dimana D adalah diameter dari head sensor (Dally et al, 1993).

Jika ada *guard ring* mengelilingi *head* sensor maka batas kelinierannya akan meningkat sampai $d = D/2$, sedangkan sensitivitasnya kapasitansi dari probe adalah :

$$S = \frac{\Delta Z_c}{\Delta d} = \left| \frac{Z_c}{d} \right| = \left| \frac{1}{\omega C d} \right| = \left| \frac{1}{\omega k K A} \right| \quad (2.18.)$$

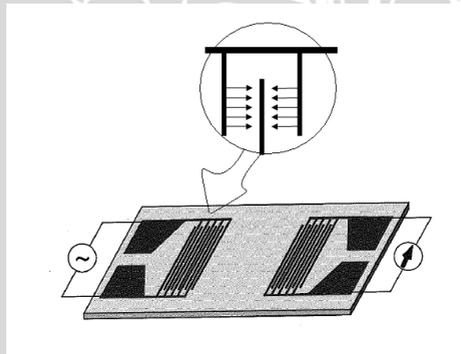
Sensitivitas dapat ditingkatkan dengan mengurangi luas daerah A , namun demikian dibatasi oleh jangkauan linearitas sampai $D/2$ (Dally et al, 1993).

Sensor kapasitansi biasanya digunakan untuk mengukur perubahan objek yang bersifat konduktif, namun dapat juga digunakan untuk mengukur objek yang tidak konduktif. Bahan-bahan nonkonduktif seperti plastik memiliki konstanta dielektrik yang berbeda dengan udara. Konstanta dielektrik akan ikut mempengaruhi berapa nilai kapasitansi dari suatu alat ukur kapasitif. Bila diletakkan bahan nonkonduktif diantara probe dan bahan konduktif yang diketahui, maka dapat ditentukan posisi, ketebalan, dan kerapatan dari bahan nonkonduktif tersebut (Anonimous, 2008²).

Jika bahan mempunyai konstanta dielektrik yang besar dan digunakan sensor yang besar, digunakan metode yang dinamakan *fringing*. Jika tidak ada plat konduktif dibelakang dielektrik, medan listrik dari sensor akan kembali ke kulit probe, dan disebut medan *fringe*. Jika bahan nonkonduktif mendekati probe, maka dielektrik akan mengubah medan *fringe* dan melalui perubahan ini digunakan untuk mengukur bahan nonkonduktif (Anonimous, 2008²).

2.3.1. Sensor IDT

IDT adalah suatu piranti yang digunakan sebagai transduser untuk menerima gelombang akustik permukaan atau *Surface Acoustic wave* (SAW). IDT secara sederhana biasa digunakan untuk membangkitkan dan menerima gelombang akustik permukaan pada substrate piezoelektrik. Pada dasarnya IDT terdiri dari dua bagian berbentuk seperti jari ditunjukkan pada gambar 2.3. bagian pertama adalah bagian yang menghasilkan gelombang akustik permukaan dengan tegangan masukan bolak-balik (AC), sedangkan bagian kedua adalah keluaran IDT yang diperoleh dari SAW berupa sinyal listrik. Kedua bagian IDT dihubungkan dengan dua probe yang berbeda untuk menghasilkan medan listrik diantara jari-jari IDT (Shao, 2008).

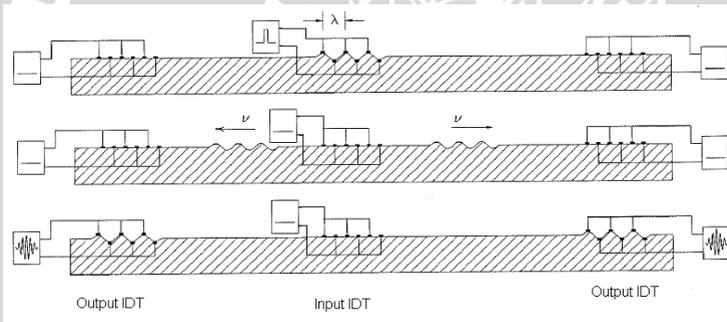


Gambar 2.4. Tipe alat SAW dengan dua IDT

Ketika sinyal masukan AC memberikan medan listrik di antara jari-jari IDT seperti ditunjukkan pada gambar 2.4. maka dalam kaitannya dengan efek piezoelektrik, tegangan mekanik yang dihasilkan sebagai gelombang permukaan dan kecepatan propagasi gelombang yang dihasilkan akan berbeda-beda sesuai dengan bahan pembuatnya. Pada bagian keluaran IDT, tegangan mekanik juga menghasilkan medan listrik diantara jari-jari IDT, dan sinyal keluaran listrik IDT. Proses transmisi gelombang akustik permukaan (SAW) secara skematis ditunjukkan oleh gambar 2.5. secara khusus hubungan panjang gelombang dari gelombang akustik permukaan (SAW) dan kecepatan propagasi diberikan dengan persamaan :

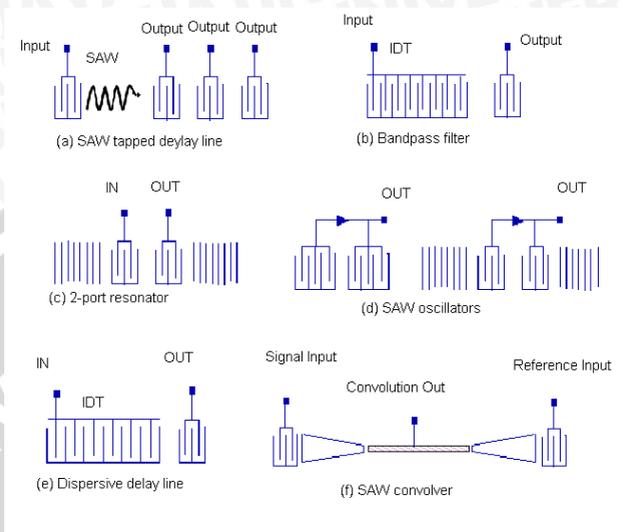
$$\lambda = \frac{v}{f} \tag{2.19.}$$

Pada persamaan 2.19. λ adalah panjang gelombang dari SAW, v adalah kecepatan propagasi dan f adalah pusat dari frekuensi.



Gambar 2.5. Skematis proses transmisi gelombang akustik permukaan

Pada prakteknya IDT dapat di desain untuk berbagai variasi keperluan. Contohnya untuk penyaring, resonator, dan berbagai keperluan dengan mengubah-ubah dari jari-jari IDT. Gambar 2.6. adalah berbagai bentuk variasi dari IDT yang telah dikembangkan :



Gambar 2.6. Beberapa tipe IDT dalam praktek (Shao, 2008).



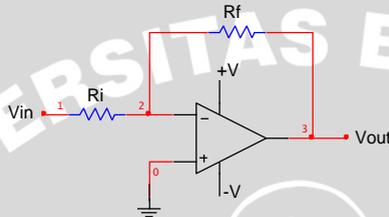
Gambar 2.7. Sensor IDT

2.3.2. Penguat operasional (*op amp*)

Penguat operasional atau penguat instrumentasi adalah salah satu penguat yang bermanfaat, cermat dan serbaguna yang sering digunakan untuk pengukuran, instrumentasi atau pengendalian. Penguat instrumentasi dirancang dengan beberapa *op amp* dan tahanan presisi, yang membuat rangkaiannya sangat stabil. Kestabilan penguat ini sangat berguna jika ketelitian pengukuran merupakan hal yang penting (Coughlin dan Driscoll, 1982).

Penguat dengan pembalikan (*inverting amplifier*)

Rangkaian penguat dengan pembalikan (*inverting amplifier*), masukan inputnya dihubungkan dengan masukan pembalik, dengan input dan output berlawanan polaritas sehingga terdapat tanda minus pada penguatannya. Gambar 2.8. adalah gambar rangkaian penguat dengan pembalikan.



Gambar 2.8. Penguat pembalik (*inverting*)

Rumus dari penguatan penguat dengan pembalikan adalah :

$$A = -\left(\frac{R_f}{R_i}\right) \quad (2.20.)$$

Tegangan keluaran dirumuskan dengan :

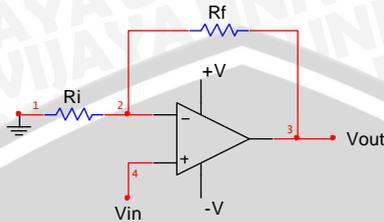
$$V_{out} = A V_{in} \quad (2.21.)$$

Keterangan :

- A : penguatan
- R_f : Resistor *feedback*
- R_i : Resistor input
- V_{in} : Tegangan masukan (input)
- V_{out} : Tegangan keluaran (output)

Penguat non pembalikan (*non inverting amplifier*)

Rangkaian penguat non pembalikan (*non inverting amplifier*), masukan inputnya dihubungkan dengan masukan tak pembalik. Gambar 2.9. adalah gambar rangkaian penguat non pembalikan.



Gambar 2.9. Penguat tak pembalik (*non inverting*)

Rumus dari penguatan penguat non pembalikan adalah :

$$A = \left(1 + \frac{R_f}{R_i} \right) \quad (2.22.)$$

Tegangan keluaran dirumuskan dengan :

$$V_{out} = A V_{in} \quad (2.23.)$$

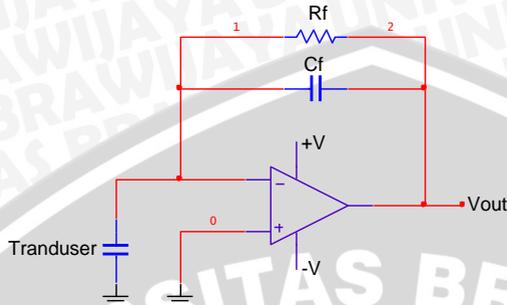
Keterangan :

- A : penguatan
- R_f : Resistor *feedback*
- R_i : Resistor input
- V_{in} : Tegangan masukan (input)
- V_{out} : Tegangan Keluaran (output)

(http://robby.c.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/8013/2_Op-amp.pdf)

2.3.3. Charge amplifier

Rangkaian *charge amplifier* adalah rangkaian yang tersusun dari *op amp* yang berfungsi untuk mengubah masukan berupa muatan listrik sehingga menghasilkan keluaran berupa tegangan. Rangkaian *charge amplifier* dapat digunakan untuk mengubah impedansi tinggi menjadi impedansi rendah sesuai dengan karakteristik *op amp* penyusunnya. Rangkaian *charge amplifier* sederhana ditunjukkan seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Rangkaian *charge amplifier*

Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian *charge amplifier* adalah :

$$V_{out} = \left(\frac{C_p}{C_f} \right) V_{in} \quad (2.24.)$$

Keterangan :

V_{out} : Tegangan keluaran dari *charge amplifier*

C_p : Muatan listrik yang dihasilkan oleh bahan tranduser dan nilainya tergantung dari ukuran tranduser.

C_f : Kapasitor *feedback*

(http://sales.hamamatsu.com/assets/applications/SSD/charge_amp_kacc9001e01.pdf)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

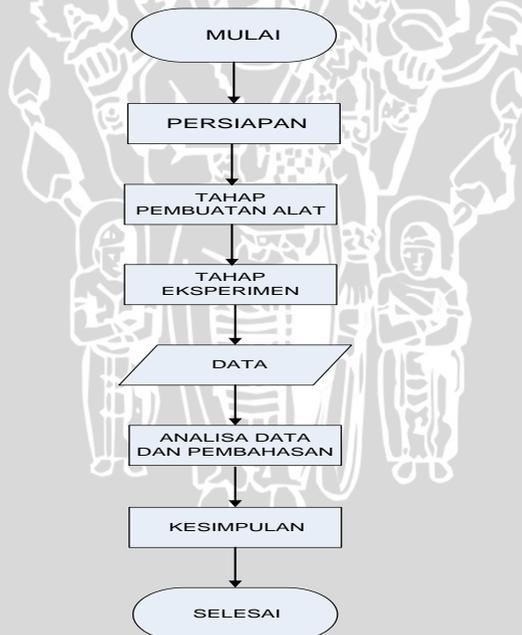
3.1. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental dan dilakukan di laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, penelitian dilakukan mulai pada bulan Agustus 2008 sampai dengan bulan April 2009.

3.2. Tahapan penelitian

3.2.1. Tahap persiapan

Skema kerja atau alur penelitian yang dilakukan pada penelitian pengukuran konsentrasi larutan gula dengan menggunakan sensor IDT (suatu studi awal) ditunjukkan oleh gambar 3.1. berikut ini :



Gambar 3.1. Flowchart penelitian

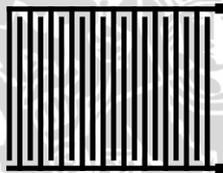
3.2.2. Tahap pembuatan alat

Perancangan sensor IDT

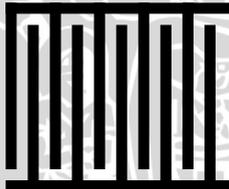
Peralatan dan bahan yang digunakan dalam membuat sensor IDT yaitu, plat PCB sebagai keping dielektrik, peralatan laboratorium elektronika berupa; sebuah solder, penyedot timah, satu gulung timah atau tenol, kabel koaksial duabelas meter, sebuah glue gun, dua potong glue jel, mur baut, gunting, dan pisau cutter.

Fokus dari pembuatan sensor IDT adalah untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam pengukuran. Untuk mendapatkan respon pengukuran secara optimal, dilakukan dengan menentukan variasi lebar dan jarak dari sensor IDT.

Sensor IDT dibuat dengan lebar dan jarak sebesar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Total jumlah sensor yang dibuat tiga buah pasang. Gambar 3.2.,3.3. dan 3.4. adalah rancangan tampilan sensor IDT :



Gambar 3.2. Rancangan sensor IDT dengan lebar dan jarak 1 mm



Gambar 3.3. Rancangan sensor IDT dengan lebar dan jarak 2 mm



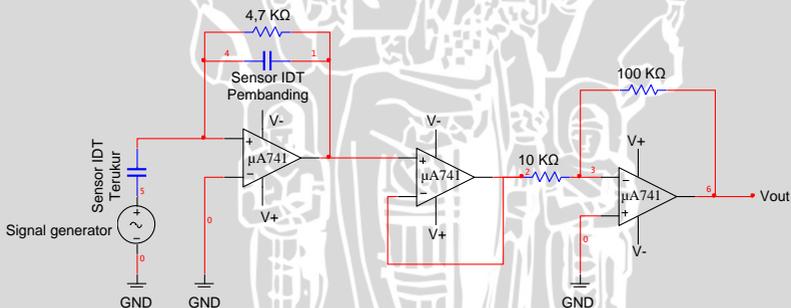
Gambar 3.4. Rancangan sensor IDT dengan lebar dan jarak 3 mm

Plat PCB digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan sensor. Sensor dibuat dari plat PCB dan dilapisi perak. Setelah sensor dibuat, kemudian dipasang kabel koaksial dengan panjang 0,5 meter. Satu pasang sensor masing-masing diberi kabel koaksial sepanjang 0,5 meter. Hasil solderan pada bagian belakang sensor ditutup dengan glue gel, dengan maksud, agar tidak terjadi hubungan arus pendek saat dilakukan uji alat di larutan gula.

Setelah seluruh rangkaian sensor IDT dibuat dan diuji selanjutnya sensor digabung dengan rangkaian *charge amplifier*. Rangkaian *charge amplifier* berfungsi sebagai piranti penguat dan pengkondisi sinyal yang menghubungkan sensor IDT dengan medium larutan gula yang akan diuji.

Perancangan *charge amplifier*

Charge amplifier adalah pengkondisi sinyal, yang berfungsi untuk memberikan penguatan pada sensor IDT. Komponen *charge amplifier* terdiri dari tiga IC UA741, sebuah resistor 10 K Ω , 100 K Ω , dan 4,7 K Ω . Rancangan diagram blok *charge amplifier* diperlihatkan pada gambar 3.5. :



Gambar 3.5. Blok diagram *charge amplifier*

Pembuatan larutan gula

Alat dan bahan yang digunakan untuk membuat larutan gula adalah, gelas ukur 100 ml, gelas beker atau gelas kimia 1000 ml, neraca O hauss, spatula, air aquades, dan gula pasir atau sukrosa.

Gula yang digunakan dalam penelitian ini adalah sukrosa atau sering di kenal dengan gula pasir.

Larutan sukrosa dibuat dengan menentukan nilai konsentrasi dalam molar dan persen berat dahulu. Nilai konsentrasi dalam molar dan persen berat dibuat dengan 1 M, 2 M, 3 M, dan seterusnya sampai 10 M. Begitu juga dengan persen berat dibuat dengan 1 %, 2 %, 3 % dan seterusnya sampai 10 %. Semua larutan dibuat pada volume pelarut 200 ml, dalam pembuatan larutan gula ini, aquades digunakan sebagai pelarut.

Molaritas dirumuskan dengan :

$$\text{Molaritas}(M) = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{Liter larutan}}$$

Jadi besarnya konsentrasi 1 M adalah besarnya 1 mol zat terlarut dalam satu liter (L) larutan, atau besarnya 1 mmol zat terlarut dalam satu mililiter (mL) larutan.

Untuk membuat larutan sukrosa 1 M dalam 200 ml aquades, dihitung massa larutan sukrosa terlarut dengan cara sebagai berikut :

- Dihitung mol sukrosa = 0,1 molar (M) × 0,2 Liter(L) = 0,02
- Massa sukrosa = 0,02 × *Mr* sukrosa
 $0,02 \times 342 = 6,84 \text{ gram}$

Kemudian sukrosa ditimbang dengan neraca O hauss sebanyak 6,84 gram. Setelah itu 6, 84 gram sukrosa dimasukkan ke dalam labu takar atau gelas beker yang telah di isi sedikit aquades dan diaduk sampai larut dengan spatula. Kemudian setelah sukrosa larut, di tambahkan aquades sampai volume tepat 200 ml. Langkah tersebut diatas dilakukan juga pada pembuatan larutan sukrosa dengan konsentrasi 2 M, 3 M, 4 M dan seterusnya sampai 10 M. Penimbangan sukrosa ditunjukkan seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Penimbangan gula pasir dengan neraca O hauss

Persen berat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Persen berat } \left(\% \frac{W}{W} \right) = \frac{\text{Gram zat terlarut}}{\text{Gram zat terlarut} + \text{gram pelarut}} \times 100\%$$

Untuk membuat persen berat larutan sukrosa 1 % dilakukan dengan cara, gula pasir atau sukrosa ditimbang dengan neraca O hauss sebanyak satu gram. Kemudian satu gram sukrosa dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambahkan aquades sebanyak 99 gram, kemudian diaduk sampai homogen. Dilakukan juga untuk membuat konsentrasi persen berat larutan sukrosa sebesar 1 %, 2 %, 3 %, sampai dengan 10 %.



Gambar 3.7. Larutan gula dalam 200 ml aquades

Pengujian alat

Pengujian sensor IDT

Pengujian sensor IDT dilakukan dengan cara pengujian secara mekanis yaitu, diukur nilai kapasitansinya dengan kapasitansimeter. Pengujian dilakukan meliputi kepekaan terhadap rangsang lingkungan disekitarnya. Yaitu pengaruh konstanta dielektrik udara dan air aquades terhadap nilai kapasitansi.



Gambar 3.8. Pengujian nilai kapasitansi sensor IDT

Pengujian rangkaian *charge amplifier*

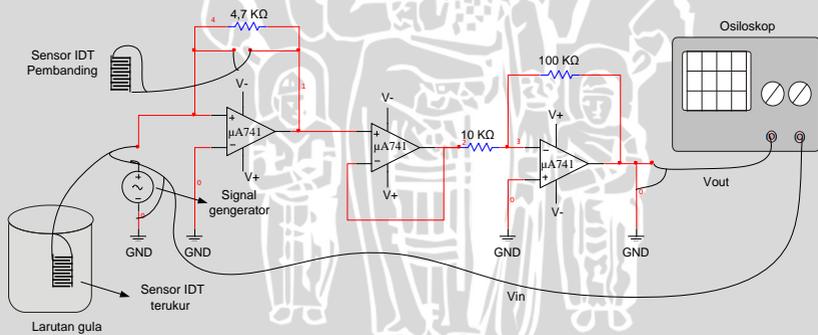
Pengujian *charge amplifier* sebagai pengkondisi sinyal, meliputi pengujian komponen-komponen penyusunnya. Nilai dari resistor 4,7 K Ω , 10 K Ω , dan 100 K Ω , komponen tersebut diukur kembali nilai resistansinya dengan Ohmmeter. Pengujian rangkaian *charge amplifier* secara total yaitu pengaruh tegangan masukan terhadap tegangan keluaran. Sinyal inputan dan keluaran berbentuk gelombang sinusoidal. Bentuk gelombang inputan dan keluaran berbentuk sinusoidal, karena tegangan masukan yang digunakan adalah tegangan AC. Apabila gelombang sinusoidal telah didapatkan, dapat dipastikan *charge amplifier* dapat berfungsi dengan baik.

Pengujian rangkaian total

Pengujian rangkaian total meliputi pengujian semua peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu, signal generator, power supply, osiloskop, *charge amplifier*, dan sensor IDT. Pada masing-masing peralatan di lakukan pengujian sesuai fungsinya dalam penelitian. Pengujian osiloskop dengan cara dikalibrasi, dan di setting fungsi dari tombol-tombol pengatur fungsi kerja, diantaranya swith pemilih jenis tegangan masukan AC, DC, atau digroundkan, swith pemilih pengali tegangan, dan swith pemilih trigger. Pengujian signal generator yaitu dengan menyetting masing-masing dari tombol pengatur, seperti pengatur frekuensi, pengatur bentuk gelombang keluaran, dan swith pengatur amplitudo. Untuk power supply dicek V_+ , V_- , dan ground, apakah kabel-kabelnya sudah terhubung pada jalur yang benar.

3.2.3. Tahap eksperimen pengukuran konsentrasi (molar) larutan gula dengan sensor IDT

Rancangan pengukuran konsentrasi (molar) larutan gula dijelaskan dengan gambar berikut ini :



Gambar 3.9. Bagan pengukuran konsentrasi larutan gula

Prinsip kerja dari penelitian pengukuran konsentrasi larutan gula dengan sensor IDT adalah untuk mengukur tegangan keluaran yang dihasilkan dari perubahan konsentrasi (molar) dan persen berat dan frekuensi. Sensor IDT yang digunakan pada setiap kali percobaan dua buah dengan satu kombinasi dan memiliki ukuran yang sama.

Kedua sensor dihubungkan pada *charge amplifier*, sensor IDT pertama digunakan sebagai pembanding dan sensor IDT kedua dimasukkan pada larutan yang telah ditentukan konsentrasinya. Sensor IDT kedua berfungsi untuk mengukur dari adanya perubahan konsentrasi larutan gula. Tegangan masukan maksimal yang dihasilkan oleh power supply adalah 12 volt dan -12 volt. Pada pengukuran ini tegangan masukan dibuat konstan sebesar 0,2 volt dan diatur melalui signal generator dan osiloskop. Pengaturan bentuk gelombang dan frekuensi diatur melalui signal generator. Rangkaian *charge amplifier* digunakan sebagai penguatan dan pengkondisi sinyal dari tegangan keluaran yang dihasilkan. Rangkaian *charge amplifier* dihubungkan pada osiloskop dengan dua probe. Probe pertama menampilkan tegangan masukan berupa gelombang sinusoidal yang nilainya konstan, sedangkan probe kedua menampilkan tegangan keluaran yang nilainya berubah-ubah sesuai dengan perubahan konsentrasi dalam molar dan persen berat, lebar IDT, dan frekuensi.

Pengukuran dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan gula dengan rangkaian keseluruhan alat, mulai konsentrasi 1 M, 2 M, 3 M sampai dengan 10 M, dan persen berat mulai konsentrasi 1 %, 2 %, 3 % sampai dengan 10 %. selain itu dilakukan juga mengubah-ubah frekuensi kerja mulai 1 Hz sampai dengan 100 kHz. Pengukuran konsentrasi larutan gula ini dilakukan juga dengan mengubah-ubah variasi ukuran sensor IDT mulai dari lebar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Pada pengukuran konsentrasi larutan gula ini didapatkan tegangan keluaran yang berbeda pada setiap perubahan variasi konsentrasi, frekuensi dan lebar IDT.

3.2.4. Analisis data dan pembahasan

Data yang diperoleh dari pengukuran berupa nilai tegangan keluaran. Tegangan keluaran dipengaruhi oleh beberapa variabel. Variabel yang mempengaruhi yaitu, variasi konsentrasi dalam molar dan persen berat, variasi frekuensi dan variasi lebar serta jarak sensor IDT. Analisis data meliputi hasil tegangan keluaran terhadap perubahan konsentrasi dan frekuensi. Data dari pengukuran sensor IDT dengan variasi lebar dan jarak 1 mm, 2 mm, dan 3 mm

dibandingkan dan dilihat sensor dengan ukuran mana yang memiliki respon paling maksimal.

Pembahasan pada hasil analisis data yaitu, meliputi pengaruh konsentrasi larutan gula terhadap perubahan hasil tegangan keluaran, dan respon frekuensi terhadap konsentrasi larutan gula. Selain itu dibahas juga sensor yang paling optimal yang dapat digunakan dalam pengukuran konsentrasi larutan gula, yang selanjutnya dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi larutan yang lebih kompleks.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil pengujian alat

4.1.1. Hasil pengujian sensor IDT

Pengujian sensor IDT dilakukan dengan mengukur nilai kapasitansi, dengan menggunakan konstanta dielektrik udara dan aquades. Pengujian kapasitansi dilakukan dengan menggunakan kapasitansimeter. Pengujian sensor IDT dengan maksud untuk mendapatkan respon sensor tersebut terhadap perubahan fisis khususnya pada cairan. Pada saat pengujian di dapatkan hasil bahwa sensor memiliki kepekaan terhadap cairan saat dimasukkan ke dalam air aquades.

4.1.2. Hasil pengujian rangkaian *charge amplifier*

Pengujian rangkaian *charge amplifier*, yaitu dengan melihat tampilan tegangan keluaran pada osiloskop yang berupa gelombang sinusoidal. Untuk mengetahui kinerja rangkaian *charge amplifier*, rangkaian dihubungkan dengan power supply, signal generator, dan osiloskop.

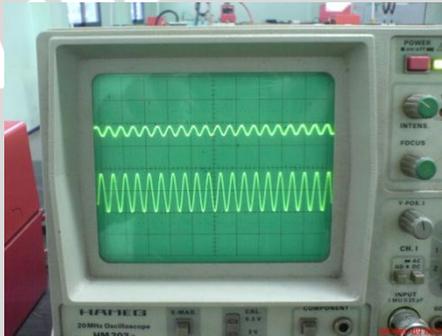
Power supply berfungsi untuk memberikan tegangan masukan. Tegangan masukan berupa sumber tegangan bolak-balik (AC). Sumber tegangan yang digunakan merupakan suatu sumber tegangan dengan potensial rendah yaitu ± 12 volt. Tegangan masukan dibuat tetap sebesar 0,2 volt.

Signal generator berfungsi untuk memberikan sinyal masukan pada rangkaian *charge amplifier*. Sinyal keluaran yang dapat dihasilkan oleh signal generator berupa gelombang keluaran. Gelombang keluaran yang dihasilkan berupa gelombang sinusoidal, gelombang kotak, dan gelombang segitiga. Sinyal keluaran pada hasil pengujian rangkaian *charge amplifier* berupa gelombang sinusoidal dan ditampilkan oleh osiloskop.

Osiloskop adalah alat ukur elektronika yang berfungsi untuk mengukur gelombang listrik berupa tegangan. Tegangan yang di ukur dapat berupa tegangan AC maupun tegangan DC. Sifat dari osiloskop yaitu menampilkan tegangan terukur berupa nilai tegangan

listrik yang diukur terhadap waktu. Pada penelitian pengukuran konsentrasi larutan gula ini sumber tegangan yang digunakan adalah sumber tegangan AC, oleh karena itu gelombang yang ditampilkan pada layar osiloskop berupa gelombang sinusoidal.

Hasil dari pengujian *charge amplifier* ini, gelombang keluaran yang ditampilkan adalah gelombang sinusoidal, karena sumber tegangan yang digunakan berupa sumber tegangan AC. Gambar 4.1. adalah gambar sinyal keluaran rangkaian *charge amplifier* yang ditampilkan oleh osiloskop :



Gambar 4.1. Bentuk sinyal keluaran gelombang sinusoidal

4.1.3. Pengujian rangkaian total

Pengujian rangkaian total dilakukan dengan mengukur konsentrasi larutan gula dengan rangkaian keseluruhan alat, mulai konsentrasi 1 M, 2 M, 3 M sampai dengan 10 M. Selain itu dilakukan juga mengubah-ubah frekuensi kerja mulai 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz dan 100 kHz. Pengujian dilakukan juga dengan mengubah-ubah variasi ukuran sensor IDT mulai dari lebar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Pada pengujian ini didapatkan tegangan keluaran yang berbeda pada setiap perubahan variasi konsentrasi, frekuensi dan lebar IDT. Hasil pengujian akan dibahas pada analisis hasil dan pembahasan.

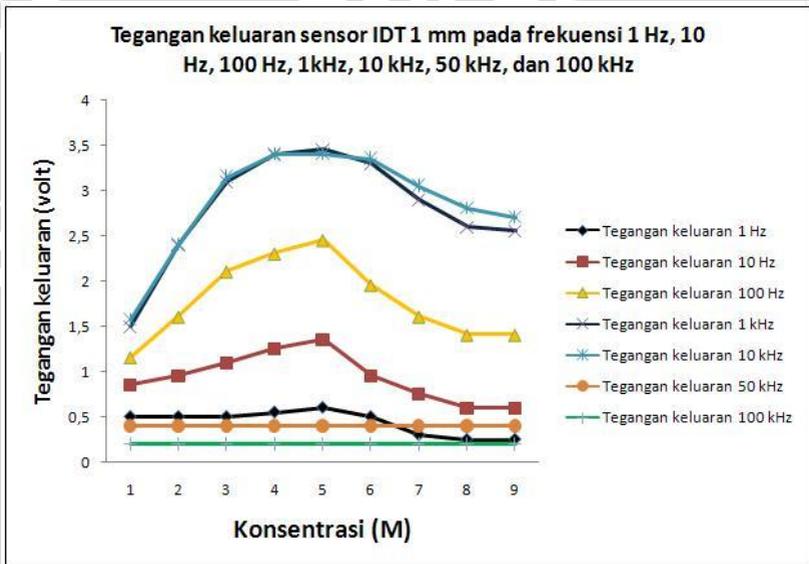
4.2. Analisis Hasil

Data hasil pengukuran tegangan keluaran terhadap perubahan konsentrasi larutan gula yang diperoleh pada masing-masing variasi

sensor IDT dengan lebar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm, dan variasi frekuensi diplotkan pada grafik.

4.2.1. Sensor IDT dengan lebar 1 mm

Data tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor IDT dengan lebar dan jarak 1 mm pada frekuensi 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, dan 100 kHz, ditunjukkan oleh grafik 4.2.

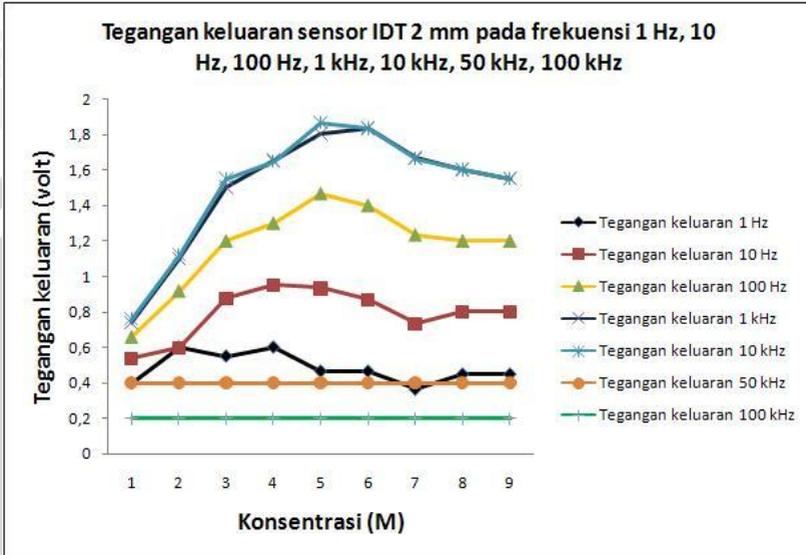


Gambar 4.2. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 1 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada berbagai frekuensi

Gambar 4.2. merupakan grafik hubungan antara tegangan keluaran yang dihasilkan sensor IDT lebar 1 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada frekuensi 1 Hz sampai 100 kHz. Sumbu X merupakan nilai konsentrasi larutan gula dalam molar, yang telah ditentukan nilainya mulai dari 1 M sampai 9 M. Sumbu Y adalah nilai tegangan keluaran dalam volt.

4.2.2. Sensor IDT dengan lebar 2 mm

Data tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor IDT dengan lebar dan jarak 2 mm pada frekuensi 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, dan 100 kHz, ditunjukkan oleh grafik 4.3.

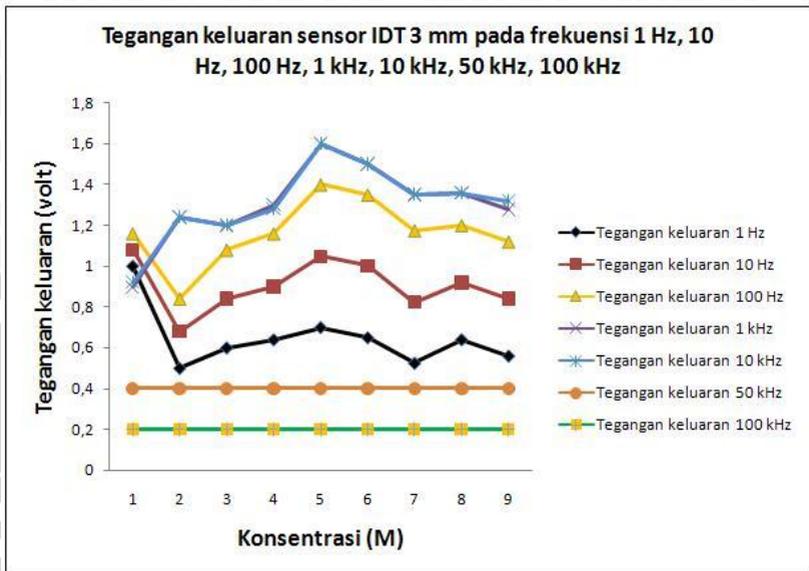


Gambar 4.3. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 2 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada berbagai frekuensi

Gambar 4.3. merupakan grafik hubungan antara tegangan keluaran yang dihasilkan sensor IDT lebar 2 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula, pada frekuensi 1 Hz sampai 100 kHz. Sumbu X merupakan nilai konsentrasi larutan gula dalam molar, yang telah ditentukan nilainya mulai dari 1 M sampai 9 M. Sumbu Y adalah nilai tegangan keluaran dalam volt.

4.2.3. Sensor IDT dengan lebar 3 mm

Data tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor IDT dengan lebar dan jarak 3 mm pada frekuensi 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz, dan 100 kHz, ditunjukkan oleh grafik 4.4.

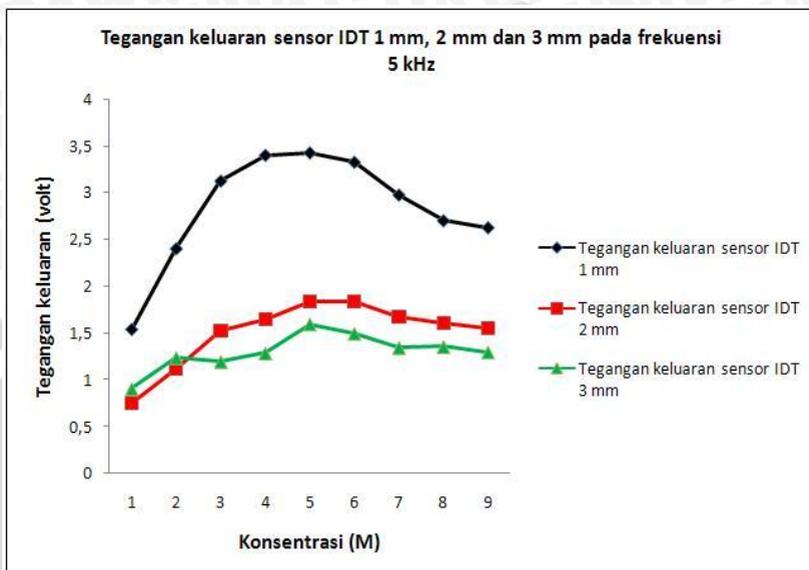


Gambar 4.4. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 3 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada berbagai frekuensi

Gambar 4.4. merupakan grafik hubungan antara tegangan keluaran yang dihasilkan sensor IDT lebar 3 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula, pada frekuensi 1 Hz sampai 100 kHz. Sumbu X merupakan nilai konsentrasi dalam molar, yang telah ditentukan nilainya mulai dari 1 M sampai 9 M. Sumbu Y adalah nilai tegangan keluaran dalam volt.

4.2.4. Sensor IDT dengan lebar 1 mm, 2 mm dan 3 mm pada frekuensi 5 kHz

Dari grafik 4.2., 4.3., dan 4.4, dapat diambil kesimpulan bahwa pengukuran konsentrasi larutan gula dengan sensor IDT, dapat dilakukan pada frekuensi terbaik yaitu antara 1 kHz sampai dengan 10 kHz. Pada frekuensi 1 kHz dan 10 kHz diperoleh pengukuran dengan nilai perubahan tegangan keluaran yang lebih stabil dibandingkan pengukuran pada frekuensi lainnya. Respon frekuensi terbaik sensor IDT pada pengukuran konsentrasi larutan gula yaitu pada frekuensi 1 kHz dan 10 kHz.



Gambar 4.5. Grafik hubungan tegangan keluaran sensor IDT 1 mm, 2 mm, dan 3 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula pada frekuensi 5 kHz

Gambar 4.5. merupakan grafik hubungan antara tegangan keluaran yang dihasilkan sensor IDT lebar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula, pada frekuensi 5 kHz. Sumbu X merupakan nilai konsentrasi dalam molar, yang telah ditentukan nilainya mulai dari 1 M sampai 9 M. Sumbu Y adalah nilai tegangan keluaran dalam volt.

Untuk mencari respon frekuensi terbaik maka dipilih frekuensi 5 kHz, karena frekuensi 5 kHz merupakan frekuensi diantara 1 kHz dan 10 kHz yang merupakan respon frekuensi terbaik yang dihasilkan pada pengukuran konsentrasi larutan gula dalam molar, dan ditunjukkan oleh grafik 4.2., 4.3., dan 4.4.

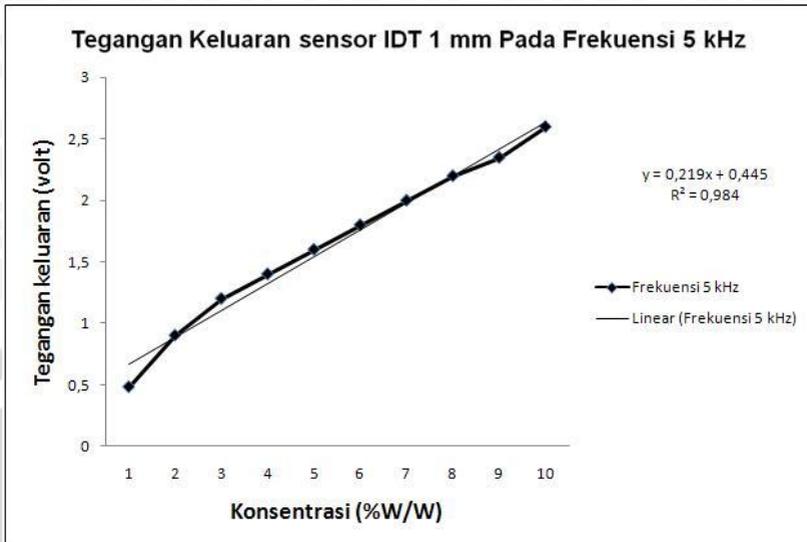
4.3. Pembahasan

Pada pengukuran konsentrasi larutan gula, sensor IDT dibuat dengan jarak dan lebar yang sama. Variasi jarak dan lebar sensor IDT dibuat sebesar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm. Variasi lebar dan jarak ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil pengukuran yang beragam, sehingga dari data yang diperoleh dapat disimpulkan pengukuran dengan sensor mana yang paling bagus dan sensor dengan ukuran berapa yang terbaik.

Dari hasil pengukuran Sensor IDT dengan ukuran 1 mm, 2 mm, 3 mm pada frekuensi 1 Hz sampai 10 kHz, terjadi perubahan nilai tegangan keluaran terhadap perubahan konsentrasi larutan gula. Pada frekuensi 50 kHz dan 100 kHz tidak terjadi perubahan nilai tegangan keluaran oleh perubahan konsentrasi dan nilainya konstan. Tegangan keluaran pada frekuensi 50 kHz sebesar 0,4 volt, sedangkan pada frekuensi 100 kHz sebesar 0,2 volt.

Dari data yang telah diperoleh, disimpulkan bahwa pengukuran konsentrasi larutan gula dengan sensor IDT, dapat dilakukan pada frekuensi terbaik yaitu 1 kHz dan 10 kHz. Pada frekuensi tersebut didapatkan pengukuran dengan nilai perubahan nilai tegangan keluaran sensor IDT yang lebih stabil dibandingkan pengukuran pada frekuensi lainnya.

Dari grafik 4.5. dapat disimpulkan bahwa sensor IDT yang paling bagus digunakan yaitu sensor dengan ukuran lebar dan jarak 1 mm, karena perubahan nilai tegangan keluaran yang dihasilkan lebih stabil, jika dibandingkan dengan perubahan nilai tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor IDT 2 mm, dan 3 mm. Grafik 4.6. adalah hasil pengukuran sensor IDT dengan ukuran lebar dan jarak 1 mm pada larutan gula, dengan menggunakan konsentrasi dalam persen berat 1-10 %, pada frekuensi 5 kHz.



Gambar 4.6. Grafik hubungan tegangan keluaran terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam persen berat 1-10 % pada frekuensi 5 kHz

Gambar 4.6. merupakan grafik hubungan antara tegangan keluaran yang dihasilkan sensor IDT lebar 1 mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam persen berat 1-10 %, pada frekuensi 5 kHz. Di pilih frekuensi 5 kHz karena range frekuensi untuk pengukuran yang terbaik adalah di antara 1 kHz dan 10 kHz, oleh karena itu diambil frekuensi tengahnya yaitu 5 kHz. Sumbu X merupakan nilai konsentrasi larutan gula dalam persen berat yang telah ditentukan nilainya mulai dari 1 %, 2 %, 3 % sampai dengan 10%, sedangkan Sumbu Y adalah nilai tegangan keluaran dalam volt.

Dari grafik 4.6. didapatkan bahwa hubungan antara tegangan keluaran dan perubahan persen berat, merupakan fungsi linier. Nilai tegangan naik seiring kenaikan konsentrasi 1 % sampai 10 %. Persamaan yang dihasilkan oleh grafik yaitu $y = 0,219x + 0,445$ volt dan $R^2 = 0,984$. Dari regresi linier yang diperoleh maka tingkat ketelitian dalam pengukuran sensor IDT ukuran lebar dan jarak 1 mm pada konsentrasi larutan gula diperoleh sebesar 98,4%, dengan error pengukuran 1,6 %.

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa sensor IDT terbaik yang dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi larutan gula adalah sensor dengan ukuran lebar dan jarak 1 mm. Frekuensi terbaik yang dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi larutan gula adalah frekuensi antara 1 kHz dan 10 kHz.

Jika di lihat dari kelinieran grafik tegangan keluaran terhadap perubahan konsentrasi maka sensor yang telah dibuat hanya dapat mengukur larutan gula hanya pada konsentrasi rendah, yaitu konsentrasi dibawah 5 M dan konsentrasi persen berat dibawah 10 %. Karena tegangan keluaran hanya linier pada perubahan konsentrasi maksimal dalam molar sebesar 4 M dan 10 % dalam persen berat. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh sensor IDT yang dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan, khususnya larutan gula pada konsentrasi yang lebih tinggi. Penurunan tegangan keluaran dari sensor IDT setelah konsentrasi 5 M, disebabkan karena terjadi kejenuhan partikel-partikel larutan gula pada permukaan sensor IDT, sehingga respon tegangan keluaran sensor IDT menjadi turun.

Pada spectrometer UV-tampak yang berdasarkan hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa jika konsentrasi larutan semakin tinggi maka tingkat absorbansi akan semakin tinggi pula sehingga menghasilkan perbandingan yang linier (Anonimous, 2008⁸). Kelinieran grafik tegangan keluaran sensor IDT terhadap perubahan konsentrasi larutan gula memenuhi hukum Lambert-Beer. Pada grafik 4.6. tegangan keluaran akan naik seiring dengan kenaikan konsentrasi larutan gula. Tegangan keluaran pada sensor IDT sebanding dengan bertambahnya nilai absorbansi pada spectrometer serapan UV-tampak. Perbandingan tegangan keluaran pada sensor IDT dan nilai absorbansi pada spectrometer UV-tampak berguna, jika ingin mendapatkan hasil pengukuran sensor yang linier, khususnya dalam pengukuran konsentrasi larutan gula.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian pengukuran konsentrasi larutan gula dengan menggunakan sensor IDT (suatu studi awal) adalah :

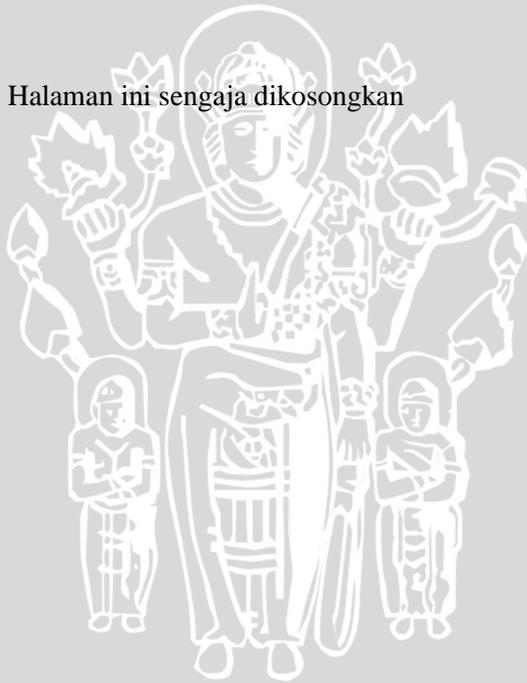
1. Sensor IDT dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan gula dengan hasil pengukuran berupa tegangan keluaran dalam volt.
2. Sensor terbaik yang dapat digunakan dalam pengukuran adalah sensor yang memiliki ukuran lebar dan jarak 1 mm. Karena perubahan keluaran yang dihasilkan lebih stabil dibandingkan sensor IDT dengan ukuran 2 mm dan 3 mm.
3. Frekuensi terbaik yang dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi larutan gula dengan sensor IDT yaitu frekuensi 1 kHz atau 10 kHz.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh sensor IDT yang dapat digunakan untuk mengukur larutan khususnya larutan gula pada konsentrasi yang lebih tinggi.
2. Diharapkan juga dilakukan pengukuran konsentrasi pada larutan lain selain larutan gula, sehingga dapat diperoleh sebuah sensor IDT yang dapat digunakan untuk pengukuran konsentrasi pada larutan yang lebih kompleks.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR PUSTAKA

Anonimous. 2008¹. [http://www.electroniclab.com/index.php?actio
n=html&fid=30](http://www.electroniclab.com/index.php?actio
n=html&fid=30). Tanggal Akses : 2 Desember 2008.

Anonimous. 2008². [http://www.lionprecision.com/techlibrary
/technotes/tech-pdfs/](http://www.lionprecision.com/techlibrary
/technotes/tech-pdfs/), Tanggal akses : 3 maret 2008.

Anonimous. 2008³. http://wapedia.mobi/id/ Konstanta_dielektrik.
Tanggal Akses : 11 November 2008.

Anonimous. 2008⁴. [http://sales.hamamatsu.com/assets/applicatio
ns/SSD/charge_amp_kacc9001e01.pdf](http://sales.hamamatsu.com/assets/applicatio
ns/SSD/charge_amp_kacc9001e01.pdf), Tanggal akses : 23
Maret 2009

Anonimous. 2008⁶. [http://robby.c.staff.gunadarma.ac.id/Downloa
ds/files/8013/2_Op-amp.pdf](http://robby.c.staff.gunadarma.ac.id/Downloa
ds/files/8013/2_Op-amp.pdf), Tanggal akses : 23 Maret
2009

Anonimous. 2008⁷. [http://elisa.ugm.ac.id/files/chimera73/ulnVfTe
z/KARBOHIDRAT1.pdf](http://elisa.ugm.ac.id/files/chimera73/ulnVfTe
z/KARBOHIDRAT1.pdf), Tanggal akses : 19 April 2009.

Anonimous. 2008⁸. [http://www.chem-istry.org/materi_kimia/Ins
trumen_analisis/spektrum_serapan_ultraviolet-tampak_uv-
vis/_hukum_beer_lambert/](http://www.chem-istry.org/materi_kimia/Ins
trumen_analisis/spektrum_serapan_ultraviolet-tampak_uv-
vis/_hukum_beer_lambert/), Tanggal akses : 3 Juli 2009.

Coughlin Robert, F. dan Frederick F. Driscoll. 1982. *Penguat
Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear edisi kedua*.
Penerbit Erlangga Jakarta.

Champbel, N.A., Jane B.P., dan Lawrence G.M. 2000. *Biologi
edisi kelima*. Penerbit Erlangga Jakarta.

Dally, James W; Riley, William F; Mc Connel; Kenneth G.1993.
*Instumentation for Enginering Measurement second
edition*, John Wiley and Sons. Singapore.

Duffin, W.J. 1990. *Electricity and Magnetism fourth Edition*. McGraw Hill. Singapore.

Halliday,D. dan R. Resnick. 2001. *Fisika edisi ketiga jilid 2*.penerbit Erlangga. Jakarta.

Irawan, M.Anwari .2007. *Karbohidrat*. <http://www.pssplab.com/journal/03.pdf>, Tanggal akses : 19 April 2009.

Lehninger Albert, L. 2005. *Dasar-dasar Biokimia jilid 1*. Penerbit Erlangga Jakarta.

Page, David.S.1997. *Prinsip-prinsip Biokimia edisi kedua*. Penerbit Erlangga jakarta.

Shao,Hua.2008. *the design and fabrication of pentacene acoustic charge transfer devices*. <http://etd.lsu.edu/docs/available/etd04012008101702/unrestricted/shaothesis.pdf>, Tanggal akses : 23 Maret 2009.

Utiya,Azizah.2004. *Larutan Asam Basa*. http://118.98.214.163/file/modul/Modul%20AdaptiNormatif/Adaptif/adaptif_kimia/larutan_asam_dan_basa.pdf, Tanggal akses : 1 April 2009.

LAMPIRAN 1

Data rata-rata pengukuran tegangan keluaran Sensor IDT 1 mm, terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam molar (M) dengan pengulangan tiga kali.

Lampiran 1.1. Data Pengukuran konsentrasi larutan gula dengan sensor IDT lebar dan jarak 1 mm

No	Konsentrasi Larutan gula (M)	Tegangan keluaran (Volt)							Vin (Volt)	Pengali Div/volt
		1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	50 kHz	100 kHz		
1	1	0,5	0,85	1,15	1,5	1,56	0,4	0,2	0,2	1
2	2	0,5	0,95	1,6	2,4	2,4	0,4	0,2	0,2	1
3	3	0,5	1,1	2,1	3,1	3,15	0,4	0,2	0,2	1
4	4	0,55	1,25	2,3	3,4	3,4	0,4	0,2	0,2	1
5	5	0,6	1,35	2,45	3,45	3,4	0,4	0,2	0,2	1
6	6	0,5	0,95	1,95	3,3	3,35	0,4	0,2	0,2	1
7	7	0,3	0,75	1,6	2,9	3,05	0,4	0,2	0,2	1
8	8	0,25	0,6	1,4	2,6	2,8	0,4	0,2	0,2	1
9	9	0,25	0,6	1,4	2,55	2,7	0,4	0,2	0,2	1
10	Aquades	0	0,36	0,4	0,44	0,44	0,38	0,18	0,2	1

Data rata-rata pengukuran tegangan keluaran Sensor IDT 2 mm, terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam molar (M) dengan pengulangan tiga kali.

Lampiran 1.2. Data Pengukuran konsentrasi larutan gula dengan sensor IDT lebar dan jarak 2 mm

No	Konsentrasi Larutan gula (M)	Tegangan keluaran (Volt)							Vin (Volt)	Pengali Div/volt
		1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	50 kHz	100 kHz		
1	1	0,4	0,54	0,66	0,74	0,76	0,4	0,2	0,2	1
2	2	0,6	0,6	0,92	1,1	1,12	0,4	0,2	0,2	1
3	3	0,55	0,88	1,2	1,5	1,55	0,4	0,2	0,2	1
4	4	0,6	0,95	1,3	1,65	1,65	0,4	0,2	0,2	1
5	5	0,47	0,93	1,47	1,8	1,87	0,4	0,2	0,2	1
6	6	0,47	0,86	1,4	1,83	1,83	0,4	0,2	0,2	1
7	7	0,37	0,73	1,23	1,67	1,67	0,4	0,2	0,2	1
8	8	0,45	0,8	1,2	1,6	1,6	0,4	0,2	0,2	1
9	9	0,45	0,8	1,2	1,55	1,55	0,4	0,2	0,2	1
10	Aquades	0	0,28	0,28	0,32	0,32	0,38	0,18	0,2	1

Data rata-rata pengukuran tegangan keluaran Sensor IDT 3 mm, terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam molar (M) dengan pengulangan tiga kali.

Lampiran 1.3. Data Pengukuran konsentrasi larutan gula dengan sensor IDT lebar dan jarak 3 mm

No	Konsentrasi Larutan gula (M)	Tegangan keluaran (Volt)							Vin (Volt)	Pengali Div/volt
		1 Hz	10 Hz	100 Hz	1 kHz	10 kHz	50 kHz	100 kHz		
1	1	1	1,08	1,16	0,9	0,9	0,4	0,2	0,2	1
2	2	0,5	0,68	0,84	1,24	1,24	0,4	0,2	0,2	1
3	3	0,6	0,84	1,08	1,2	1,2	0,4	0,2	0,2	1
4	4	0,64	0,9	1,16	1,3	1,28	0,4	0,2	0,2	1
5	5	0,7	1,05	1,4	1,6	1,6	0,4	0,2	0,2	1
6	6	0,65	1	1,35	1,5	1,5	0,4	0,2	0,2	1
7	7	0,53	0,83	1,76	1,35	1,35	0,4	0,2	0,2	1
8	8	0,64	0,92	1,2	1,36	1,36	0,4	0,2	0,2	1
9	9	0,56	0,84	1,12	1,28	1,28	0,4	0,2	0,2	1
10	Aquades	0,22	0,22	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,2	1

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN 2

Data rata-rata pengukuran tegangan keluaran sensor IDT 1 mm, 2 mm, dan 3 mm, terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam molar (M), pada frekuensi 5 kHz dengan pengulangan 3 kali.

No	Konsentrasi larutan gula (M)	Tegangan keluaran (volt)			Vin (volt)	Div pengali (volt)
		IDT 1 mm	IDT 2 mm	IDT 3 mm		
1	1	1,54	0,75	0,91	0,2	1
2	2	2,4	1,11	1,24	0,2	1
3	3	3,12	1,52	1,2	0,2	1
4	4	3,4	1,65	1,29	0,2	1
5	5	3,43	1,83	1,6	0,2	1
6	6	3,33	1,83	1,5	0,2	1
7	7	2,96	1,67	1,35	0,2	1
8	8	2,7	1,6	1,36	0,2	1
9	9	2,63	1,55	1,3	0,2	1
10	Aquades	0,44	0,32	0,32	0,2	1

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN 3

Data rata-rata pengukuran tegangan keluaran sensor IDT 1mm terhadap perubahan konsentrasi larutan gula dalam persen berat 1-10 %, pada frekuensi 5 kHz.

No	Konsentrasi larutan gula (% W/W)	Tegangan keluaran (volt)	Vin (volt)	Div pengali (volt)
1	1	0,48	0,2	1
2	2	0,9	0,2	1
3	3	1,2	0,2	1
4	4	1,4	0,2	1
5	5	1,6	0,2	1
6	6	1,8	0,2	1
7	7	2	0,2	1
8	8	2,2	0,2	1
9	9	2,35	0,2	1
10	10	2,6	0,2	1
11	Aquades	0,05	0,2	1

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN 4

Lampiran 4.1. Pembuatan Larutan Gula (Sukrosa)

Rumus untuk menghitung molaritas larutan yaitu sebagai berikut :

$$\text{Molaritas}(M) = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{Liter larutan}}$$

Untuk membuat larutan gula 1 M dalam 200 ml aquades dilakukan sebagai berikut :

- Dihitung mol sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
 $0,1 \times 0,2 = 0,02$
- Massa sukrosa = $0,02 \times Mr \text{ Sukrosa}$
 $0,02 \times 342 = 6,84 \text{ gram}$

Kemudian dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

Langkah 1.	Ditimbang massa sukrosa sebanyak 6,84 gram.
Langkah 2.	Dimasukkan ke dalam labu takar atau gelas beker 1000 ml yang sebelumnya telah diberi sedikit aquades.
Langkah 3.	Dimasukkan sedikit aquades dan aduk dengan spatula sampai larut. Kemudian masukkan aquades hingga tepat 200 ml, dan aduk lagi sampai larutan menjadi homogen.
Langkah 4.	Larutan gula sukrosa 1 M siap untuk digunakan.

Langkah-langkah diatas juga digunakan untuk membuat larutan gula dengan konsentrasi 2 M, 3 M, 4 M, sampai dengan 10 M.

Berikut jumlah gram sukrosa untuk membuat larutan dengan konsentrasi 1 M sampai 10 M dalam 200 ml aquades :

No	Konsentrasi (M)	Gram sukrosa (gr)	Aquades (ml)
1	1	6,84	200
2	2	13,68	200
3	3	20,52	200
4	4	27,36	200
5	5	34,2	200
6	6	41,04	200
7	7	47,88	200
8	8	54,72	200
9	9	61,46	200
10	10	68,4	200

Lampiran 4.2. Pembuatan larutan gula (Sukrosa)

Rumus untuk menghitung persen berat adalah sebagai berikut :

$$\text{Persen berat } \left(\% \frac{W}{W} \right) = \frac{\text{Gram zat terlarut}}{\text{Gram zat terlarut} + \text{gram pelarut}} \times 100 \%$$

Untuk membuat persen berat larutan sukrosa 1 % dilakukan dengan cara, gula pasir atau sukrosa ditimbang dengan neraca O hauss sebanyak satu gram. Kemudian satu gram sukrosa dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambahkan aquades sebanyak 99 gram, kemudian diaduk sampai larutan homogen. Hal serupa dilakukan juga untuk membuat persen berat larutan sukrosa sebesar 2 %, 3 %, sampai dengan 10 %.

Berikut jumlah gram gula / sukrosa untuk membuat persen berat dalam 100 ml aquades :

No	Persen Berat (%)	Gram sukrosa (gr)	Aquades (ml)
1	1	1	99
2	2	2	98
3	3	3	97
4	4	4	96
5	5	5	95
6	6	6	94
7	7	7	93
8	8	8	92
9	9	9	91
10	10	10	90



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

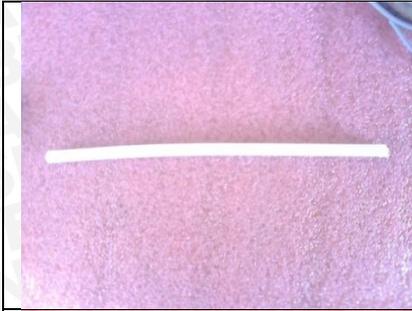
Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN 5

Lampiran 5. Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan dan bahan	Nama alat dan bahan
	Solder
	Tenol / Timah
	Glue Gun



Lem gel



Kabel koaksial



Mur dan baut



Kikir

 <p>A photograph of a square-shaped Interdigital Transducer (IDT) sensor. It features a series of vertical, parallel metal fingers. A white wire is attached to the top-left corner. Below the sensor is a ruler showing centimeter markings from 7 to 15.</p>	<p>Sensor IDT dengan lebar dan jarak 1 mm</p>
 <p>A photograph of a square-shaped IDT sensor with wider vertical metal fingers compared to the first sensor. A white wire is attached to the top-left corner. Below the sensor is a ruler showing centimeter markings from 7 to 15.</p>	<p>Sensor IDT dengan lebar dan jarak 2 mm</p>
 <p>A photograph of a square-shaped IDT sensor with the widest vertical metal fingers among the three. A white wire is attached to the top-left corner. Below the sensor is a ruler showing centimeter markings from 6 to 14.</p>	<p>Sensor IDT dengan lebar dan jarak 3 mm</p>
 <p>A photograph of a digital capacitance meter. The device is black with a green LCD screen on the left displaying the number '136'. It has a rotary dial in the center and several ports on the right. Two test leads, one red and one black, are plugged into the top-right ports.</p>	<p>Kapasitansimeter</p>



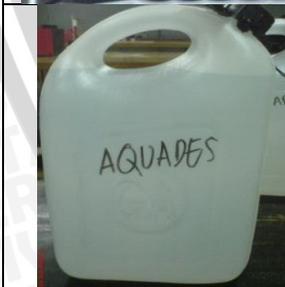
Signal Generator



Power Supply



CRO / Oscilloskop



Aquades



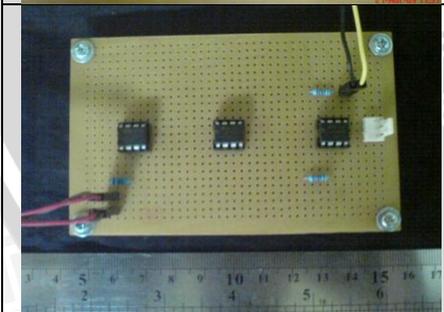
Gelas ukur, dan spatula



Gula pasir / Sukrosa



Neraca O hauss



Charge Amplifier



Proses pengukuran
konsentrasi larutan gula

