



**DISAIN DAN KOMPUTERISASI
VISKOMETER KAPILER**

SKRIPSI

Oleh
Ardian Syah Putra
NIM 081810301034

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**DISAIN DAN KOMPUTERISASI
VISKOMETER KAPILER**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh
Ardian Syah Putra
NIM 081810301034

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2013

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Supinah dan Ayahanda Chotib Ali yang tercinta;
2. saudara-saudara tersayang;
3. guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas MIPA Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetapkanlah bekerja keras (untuk urusan yang lain).”

(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-7)^{)}*

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia.2008. Al Qur'an dan Terjemahannya. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.

PERYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardian Syah Putra

NIM : 081810301034

menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa karya ilmiah berjudul “Disain Dan Komputerisasi Viskometer Kapiler” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan merupakan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 1 Mei 2013

Yang menyatakan,

Ardian Syah Putra

NIM. 081810301034

SKRIPSI

**DISAIN DAN KOMPUTERISASI
VISKOMETER KAPILER**

Oleh

Ardian Syah Putra

NIM. 081810301034

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Tri Mulyono, S.Si, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Neran, Mkes

PENGESAHAN

Karya ilmiah skripsi berjudul “*Disain Dan Komputerisasi Viskometer Kapiler*” telah diuji dan disahkan pada

hari, tanggal : **SENIN 06 MAY 2013**

tempat : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji:

Ketua,



Tri Mulyono, S.Si, M.Si

NIP 19681020 199802 1 002

Sekretaris,



Ir. Neran Mkes

NIP 19480807 197412 1 003

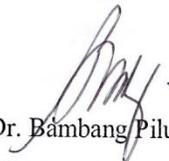
Anggota I,



Drs. Siswoyo, M.Sc, Ph.D

NIP 19660529 199303 1 003

Anggota II,



Dr. Bambang Piluharto, Ssi, MSi

NIP 19710703 199702 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember,



Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D

NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Disain Dan Komputerisasi Viskometer Kapiler; Ardian Syah Putra, 081810301034; 2013; 43 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Viskositas merupakan ukuran kekentalan zat cair. Penentuan nilai viskositas sangat diperlukan dalam penentuan sifat fisik cairan. Viskositas dapat ditentukan menggunakan viskometer jenis kapiler. Prinsip kerja viskometer jenis kapiler ini adalah dengan mengukur kecepatan alir suatu fluida dengan volume tertentu dalam pipa kapiler. Pengukuran viskositas dilakukan secara manual, yaitu dengan menandai waktu alir larutan pada dari tanda batas awal hingga tanda batas akhir suatu tanda yang telah ditentukan. Penandaan waktu alir dilakukan menggunakan stopwatch.

Viskometer dengan metode pipa kapiler (*micro Ostwald*) membutuhkan sampel yang sedikit dibandingkan dengan dua metode viskometer yang lain, yaitu 2 ml (Wilke, 1953). Jumlah sampel sebesar 2 ml ini masih relatif banyak jika digunakan untuk pengukuran viskositas dengan jumlah sampel yang terbatas. Pengamatan waktu alir secara manual pada viskometer kapiler mempunyai potensi kesalahan manusia (*human error*). Pengamatan manual ini dapat digantikan menggunakan sensor optik dan dipantau oleh komputer untuk penentuan waktu alirnya. Melihat perlunya alat viskometer yang mempunyai akurasi hasil pengukuran dengan jumlah sampel yang sedikit, maka diperlukan disain dan komputerisasi viskometer kapiler. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat viskometer kapiler yang terkomputerisasi.

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas beberapa tahap, yaitu : (i) penyiapan alat dan bahan, (ii) disain alat, (iii) penentuan waktu alir larutan, (iv) analisa data (pengujian akurasi, dan presisi). Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil uji dari viskometer hasil disain terhadap viskometer Ostwald. Larutan yang digunakan terdiri dari larutan bersifat polar (akuademin, larutan gula 15 %, 25 %, dan

35 %) dan larutan bersifat nonpolar (minyak tanah , larutan bio solar 50 %, 75 %, dan 100 %).

Hasil penelitian didapatkan bahwa naiknya nilai simpangan dan menurunnya nilai presisi pada kenaikan nilai viskositas menunjukkan kurang optimalnya kerja sensor akibat interaksi yang kuat antara larutan dan dinding viskometer. Viskometer hasil disain mempunyai nilai presisi lebih baik dari viskometer Ostwald yang ditunjukkan dari nilai SD viskometer hasil desain lebih kecil daripada nilai SD viskometer Ostwald. Simpangan bernilai kurang dari 5 % pada larutan uji yang bersifat nonpolar dengan viskositas di bawah 5,28 mPa.s sedangkan pada larutan uji yang bersifat polar hanya pada viskositas di bawah 1.44 mPa.s.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Disain dan Komputerisasi Viskometer Kapiler”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember;
2. Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc, Ph.D selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember;
3. Tri Mulyono, S,Si, M.Si dan Ir. Neran Mkes, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta perhatiannya untuk memberikan dukungan, dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
4. Drs. Siswoyo, M.Sc, Ph.D dan Dr. Bambang Piluharto, Ssi, MSi, selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. dosen-dosen FMIPA umumnya, dan dosen-dosen Jurusan Kimia khususnya yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan;
6. teman-teman angkatan 2008, terima kasih untuk semua kekompakan, segala bantuan, semangat, dan kenangan yang telah diberikan;
7. teman-teman kos executive 66 jember yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi;
8. kakak-kakak angkatan 2005, 2006 dan 2007;
9. adik-adik angkatan 2009, 2010, dan 2011;

10. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menerima segala bentuk kritik dan saran yang sifatnya membangun. Akhirnya penulis berharap, semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Jember, 1 Mei 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Viskositas	4
2.2 Viskometer kapiler	6
2.3 Pengamatan Laju Alir Larutan	7
2.4 Jenis Data	8
2.5 LabVIEW	9
2.6 Material Yang Digunakan	9

	Halaman
2.6.1 Gelas	9
2.6.2 Bio solar	10
2.6.3 Minyak tanah	10
2.6.4 Sukrosa	11
2.7 Analisis Data	12
2.7.1 Simpangan	12
2.7.2 Presisi	12
2.7.3 Uji-t	13
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.2.1 Alat penelitian	15
3.2.2 Bahan Penelitian	15
3.3 Diagram Alir Penelitian	16
3.2 Prosedur penelitian	16
3.4.1 Pembuatan Bahan	16
3.4.2 Disain Alat	17
3.4.3 Pengumpulan Dan Analisis Data	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN 30	
4.1 Disain Viskometer Kapiler Terkomputerisasi	30
4.2 Simpangan dan Presisi	38
4.2.1 Simpangan	38
4.2.2 Presisi	41
4.2.3 Uji t	42
BAB 5. PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	43

	Halaman
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai Viskositas Dinamik dan Massa Jenis Air	5
Tabel 3.2 Ketentuan Rentangan Tegangan	23
Tabel 3.3 Rancangan Penentuan Fluktuasi V1 Maksimum	24
Tabel 3.4 Analisis Simpangan Hasil Pengukuran Viskositas	28
Tabel 3.5 Analisis Presisi Pengukuran Viskositas	29
Tabel 4.1 Fluktuasi Tegangan V1 Larutan Kecap	37
Tabel 4.2 Analisis Simpangan Hasil Pengukuran Viskositas	38
Tabel 4.3 Analisis Presisi Data	41

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Viskositas Dinamik	4
Gambar 2.2 Viskometer Ostwald	6
Gambar 2.3 Rangkaian Optocoupler	8
Gambar 2.4 Struktur Amorf Silika	9
Gambar 2.5 Metil Ester	10
Gambar 2.6 Struktur Senyawa Substituen Minyak Tanah	11
Gambar 2.7 Struktur Sukrosa	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2 Bentuk Viskometer	17
Gambar 3.3 Pemasangan Sensor Pada Viskometer	20
Gambar 3.4 Jalur Data dari Sensor ke Komputer	21
Gambar 3.5 Diagram Alir Program Viskometer Pada Labview	22
Gambar 3.6 Prosedur Penentuan Waktu Alir Larutan Menggunakan Viskometer Ostwald	27
Gambar 3.7 Prosedur Penentuan Waktu Alir Larutan Menggunakan Viskometer Hasil Disain	27
Gambar 4.1 Seperangkat Viskometer Kapiler Terkomputerisasi	30
Gambar 4.2 Diameter Pipa Kapiler	31
Gambar 4.3 Disain Alat Viskometer	32
Gambar 4.4 Skema Tahapan Penentuan Viskositas	33
Gambar 4.5 Rangkaian Penguat dan Sensor	34
Gambar 4.6 Front Panel Program Viskometer Terkomputerisasi	36
Gambar 4.7 Diagram Blok Program Viskometer Terkomputerisasi	36
Gambar 4.8 Grafik Tegangan Terhadap Waktu	39
Gambar 4.9 Ikatan Hidrogen Sukrosa Terhadap Silika dan Air.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Spesifikasi Fotodiode IR, LED IR, dan ADC	46
B. Penentuan Massa Jenis Larutan	49
C. Penentuan Presisi Viskometer Ostwald dan Hasil Disain	51
D. Hasil Penentuan Viskositas Larutan	53
E. Penentuan Simpangan Viskositas.....	56
F. Tabel Uji-t	57
G. Grafik Tegangan Terhadap Waktu Beberapa Larutan	60

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Viskositas merupakan ukuran kekentalan zat cair. Penentuan nilai viskositas sangat diperlukan dalam penentuan sifat fisik cairan. Pengukuran viskositas secara umum menggunakan hubungan antara viskositas dengan kecepatan aliran fluida dalam kapiler, kecepatan bola di dalam fluida, dan kecepatan gerak rotary di dalam fluida, sehingga muncul beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengukur viskositas cairan yaitu metode bola jatuh, pipa kapiler, dan rotasi (Walters, 1996).

Viskometer dengan metode pipa kapiler (*micro Ostwald*) membutuhkan sampel yang sedikit dibandingkan dengan dua metode viskometer yang lain, yaitu 2 ml (Wilke, 1953). Jumlah sampel sebesar 2 ml ini masih relatif banyak jika digunakan untuk pengukuran viskositas dengan jumlah sampel yang terbatas, sehingga diperlukan adanya disain viskometer kapiler baru yang membutuhkan sedikit sampel untuk pengukuran viskositas. Prinsip kerja viskometer jenis kapiler ini adalah dengan mengukur kecepatan alir suatu fluida dengan volume tertentu dalam pipa kapiler. Pengukuran viskositas dilakukan dengan menandai waktu alir larutan pada dari tanda batas awal hingga tanda batas akhir suatu tanda yang telah ditentukan. Penandaan waktu alir dilakukan menggunakan *stopwatch* (Athawale, 2001).

Pengukuran sampel menggunakan visometer kapiler secara konvensional (pengamatan waktu alir dengan mata dan *stopwatch*) mempunyai beberapa potensi kesalahan, yaitu kesalahan pengamatan tanda pada viskometer dan kesalahan pengamatan waktu alir pada *stopwatch*. Potensi kesalahan pengamatan tanda pada viskometer diakibatkan karena ketepatan sangat tergantung pada kondisi mata pengamat yang sangat beresiko mengalami kesalahan. Potensi

kesalahan ini juga terjadi pada pengamatan waktu alir dengan *stopwatch* karena ketepatan hasil pengukuran tergantung pada ketepatan tangan dalam penggunaan *stopwatch*, sehingga pengamatan konvensional dapat digantikan oleh sensor optik (*optocoupler*) yang dipantau oleh komputer. Berdasarkan perlunya alat viskometer yang mempunyai akurasi hasil pengukuran dengan jumlah sampel yang sedikit, maka diperlukan disain dan komputerisasi viskometer kapiler.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana simpangan hasil pengukuran viskositas dari viskometer kapiler terkomputerisasi terhadap viskometer Ostwald.
2. Bagaimana presisi hasil pengukuran viskositas dari disain viskometer kapiler terkomputerisasi.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk membuat viskometer kapiler yang terkomputerisasi.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat banyaknya masalah yang berpengaruh pada penelitian ini, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Software yang digunakan yaitu Labview 8.0
2. Larutan yang diukur viskositasnya adalah akuademin, larutan gula (merek Gulaku), minyak tanah, dan bio solar.
3. Menggunakan disain viskometer tertentu
4. Pengamatan waktu alir dilakukan menggunakan sensor *optocoupler* yang ditempatkan pada posisi tetap (jarak antar sensor 3 cm dan jarak sensor kedua 10 cm terhadap dasar pipa kapiler)
5. Viskometer pembanding yang digunakan adalah viskometer Ostwald

1.5 Manfaat Penelitian

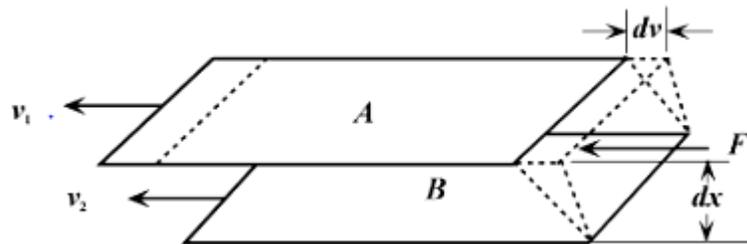
Dari penelitian ini diharapkan nantinya mempunyai manfaat diantaranya :

1. Memberikan informasi mengenai disain dan komputerisasi viskometer kapiler
2. Studi lebih lanjut mengenai disain dan komputerisasi viskometer kapiler

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Viskositas

Viskositas adalah karakteristik dasar dari suatu larutan. Saat suatu larutan mengalir, larutan itu mempunyai hambatan internal untuk mengalir. Viskositas juga diistilahkan sebagai sebuah gaya friksi dari suatu larutan. Viskositas ini merupakan sebuah fungsi suhu dan tekanan. Viskositas dapat dibedakan menjadi dua bentuk, yaitu viskositas absolut atau dinamik dan viskositas kinematik. Viskositas dinamik adalah gaya tangensial per satuan luas yang dibutuhkan untuk bergeser dari satu lapisan (A) berlawanan dengan lapisan lain (B) dengan jarak tertentu. Gaya F menyebabkan lapisan A dan B bergeser dengan kecepatan v_1 dan v_2 (gambar 2.1)



Gambar 2.1 Viskositas Dinamik

Viskositas dinamik dapat dirumuskan dengan persamaan

$$\eta = \sigma \frac{x}{v} \dots\dots\dots(2.1)$$

η = viskositas dinamik

σ = tegangan geser

x = panjang

v = kecepatan

Viskositas kinematik (ν) didefinisikan dalam persamaan

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \dots\dots\dots(2.2)$$

ρ = massa jenis larutan (Viswanath et al, 2007).

Unit satuan umum yang digunakan untuk viskositas adalah poise (P) untuk viskositas dinamik, Stokes (St) untuk viskositas kinematik. Dalam SI, satuan viskositas dinamik adalah N.s / m^2 , Pa.s atau kg/m.s dimana N adalah Newton, Pa adalah Pascal, dan $1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ N.s / m}^2 = 1 \text{ kg/m.s}$ (Viswanath et al, 2007).

Berikut ini adalah nilai viskositas dinamik dan massa jenis air.

Tabel 2.1 Nilai Viskositas Dinamik dan Massa Jenis Air

Massa jenis (g cm^{-3})	Viskositas (mPa s)	Suhu
0,998	1,002	20 °C
0,997	0,890	25 °C
0,996	0,798	30 °C

Sumber: Lide (2005).

Viskositas cairan turun dengan bertambahnya temperatur dan naik dengan bertambahnya tekanan. Salah satu hubungan η dan T dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$\log \eta = \frac{A}{T} + B \dots\dots\dots(2.3)$$

A dan B = tetapan

T = suhu

η = viskositas

(Sukardjo, 1997)

2.2 Viskometer kapiler

Viskometer kapiler bekerja dengan konsep kecepatan alir suatu larutan dalam suatu pipa tabung. Semakin kecil kecepatan alir larutan, maka semakin besar nilai viskositas (Engel dan Reid, 2006). Hal yang mendasari konsep ini adalah Hukum Poiseuille dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{V}{t} = \frac{\pi P R^4}{8\eta L} \dots\dots\dots(2.4)$$

η = viskositas larutan

V = total volume larutan

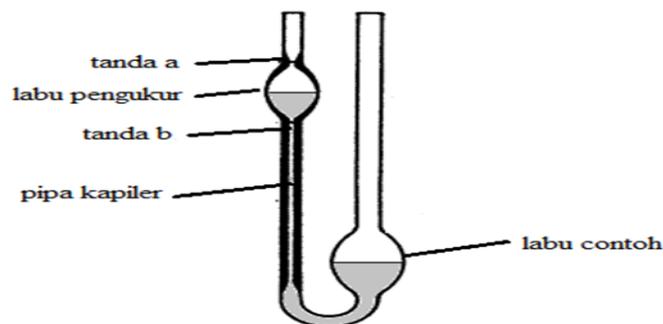
t = waktu yang dibutuhkan larutan dengan volume V viskometer

P = tekanan yang bekerja dengan cairan

L = panjang pipa

R = jari-jari kapiler (Bird, 1993).

Salah satu viskometer yang bekerja berdasarkan Hukum Poiseuille adalah viskometer Ostwald. Viskometer Ostwald mengukur waktu yang dibutuhkan oleh sejumlah larutan tertentu untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan gaya yang disebabkan oleh berat larutan itu sendiri. Larutan dengan volume tertentu diukur kecepatan alirnya dari tanda 'a' ke tanda 'b'. Disain viskometer Ostwald dapat dilihat pada gambar 2.2 (Bird, 1993).



Gambar 2.2 Viskometer Ostwald (Sumber: Bird, 1993).

Pengukuran viskositas dengan persamaan hukum Poiseuille di atas sulit dicapai. Hal ini disebabkan nilai R dan L sukar ditentukan secara tepat. Kesalahan pengukuran nilai ini akan sangat besar pengaruhnya karena nilai ini dipangkatkan empat. Untuk menghindari hal ini dalam prakteknya digunakan suatu cairan pembanding, biasanya air. Penyusunan kembali persamaan Poiseuille menjadi

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\pi R^4 (P.t)_1}{8 V L} \times \frac{8 V L}{\pi R^4 (P.t)_2}$$

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{(P.t)_1}{(P.t)_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

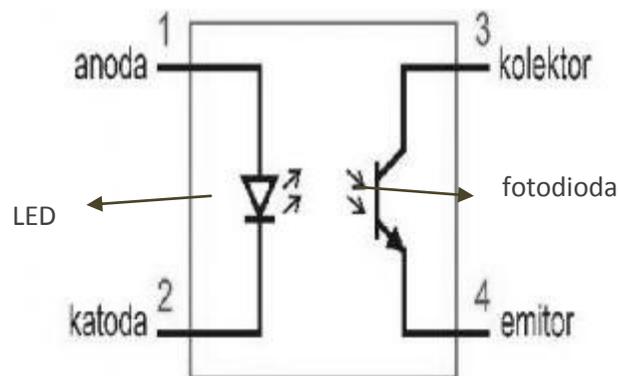
(Bird, 1993).

2.3 Pengamatan Laju Alir Larutan

Menurut Wilke et al. (1953), pengamatan laju alir secara otomatis (elektronik) dapat dilakukan dengan menambahkan sensor pada tanda pengamatan. Sinyal listrik yang dihasilkan diperlukan untuk memulai dan menghentikan proses perhitungan waktu. Salah satu jenis sensor yang dapat digunakan adalah sensor optik. Sensor optik akan memberikan sinyal listrik yang dihasilkan dari perubahan intensitas saat terjadi transisi antara larutan sampel dan udara. Sensor optik terdiri dari dua bagian, yaitu sumber cahaya dan sensor cahaya. Saat larutan sudah melewati sensor, maka terjadi kenaikan intensitas cahaya yang akan menurunkan nilai tahanan sensor. Sensor pada tanda pertama sebagai sinyal untuk menghidupkan perhitungan waktu sedangkan sensor kedua untuk mematikannya (Wilke et al, 1953).

Salah satu jenis sensor optik adalah *optocoupler*. *Optocoupler* adalah suatu rangkaian listrik yang terdiri dari sepasang LED dan fotodiode dalam satu kemasan. LED (*Light Emitting Diode*) adalah diode yang dapat memancarkan cahaya. LED dapat memancarkan cahaya karena saat diberi energi dari arus listrik, elektron berpindah ke energy yang lebih rendah dalam lubang (hole), hal ini mengakibatkan

terjadinya emisi pada panjang gelombang tertentu. Dalam hal ini, arus mengalir dari anoda ke katoda. Fotodiode adalah suatu rangkaian dioda yang peka terhadap cahaya. Saat cahaya mengenai fotodiode pada sambungan *pn* (basis), maka akan terjadi arus dari kolektor ke emitor (untuk jenis NPN) sehingga arus listrik mengalir. *Optocoupler* mampu mengatur arus dengan penggabungan antara LED dan fotodiode. Arus keluaran diatur oleh fotodiode dengan pengaruh intensitas cahaya yang dihasilkan oleh LED (Gambar 2.4) (Barmawi, 1985). LED yang digunakan dalam *optocoupler* biasanya berupa LED yang memancarkan gelombang inframerah (Salivahanan, 2008).



Gambar 2.3 Rangkaian *Optocoupler*

2.4 Jenis Data

Data yang dihasilkan dari perangkat elektronik dapat berupa sinyal analog dan sinyal digital. Sinyal analog adalah sinyal data dalam bentuk gelombang yang kontinyu, yang membawa informasi dengan mengubah karakteristik gelombang (Riyanto, 2004). Untuk diproses dalam komputer, sinyal analog dirubah menjadi sinyal digital. Rangkaian elektronik yang mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital adalah *Analog to Digital Converter (ADC)* (Rif'an, 2007). Sinyal digital merupakan sinyal data dalam bentuk pulsa yang dapat mengalami perubahan

yang tiba-tiba dan mempunyai besaran 0 dan 1. Sinyal digital hanya memiliki dua keadaan, yaitu 0 dan 1 (Riyanto, 2004).

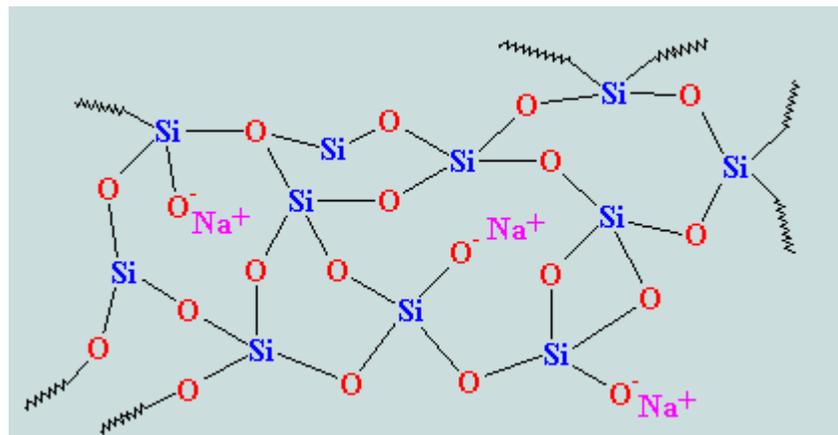
2.5 LabVIEW

LabVIEW adalah sebuah bahasa pemrograman menggunakan grafik. Grafik yang digunakan berupa ikon – ikon yang dihubungkan dengan garis – garis dan teks untuk membuat suatu aplikasi. Sebuah *user interface* dapat dibuat di dalam LabView dengan mengatur *tools* dan *objects*, dimana *user interface* ini merupakan sebuah tampilan depan (*front panel*). Selanjutnya kode – kode dapat ditambahkan menggunakan grafik yang mewakili fungsi – fungsi untuk mengontrol objek – objek dalam tampilan depan. Susunan grafik – grafik ini disebut diagram blok yang berbentuk diagram alir (*flowchart*) (National Instruments Corporation, 2003).

2.6 Material Yang Digunakan

2.6.1 Gelas

Gelas merupakan suatu amorf yang tersusun dari silika $[(\text{SiO}_2)_n]$ atau campuran dari silika dengan beberapa material. Gambar 2.4 merupakan salah satu struktur amorf dari gelas yang tersusun dari silika dengan campuran sodium.

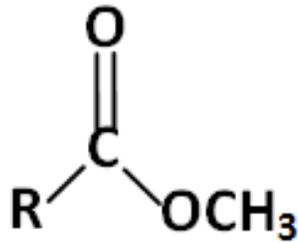


Gambar 2.4 Struktur Amorf Silika

Komposisi dari materi campuran akan menentukan karakteristik gelas (O'dian, 1933). Struktur silika bersifat polar akibat distribusi elektron yang terpusat pada atom O. Perbedaan keelektronegatifan antara O dan Si relatif besar (1,7) bahkan lebih besar dari –gugus OH yang bersifat polar (1.4) (Bruice, 2007).

2.6.2 Bio Solar

Bio Solar adalah bahan bakar campuran untuk mesin diesel yang terdiri dari 5 % Fatty Acid Methyl Ester (FAME) dan 95 persen solar murni (Anonim, 2013). Gugus asam lemak (gugus R pada gambar 2.5) umumnya merupakan rantai dari asam lemak palmitat, stearat, oleat, linoleat, dan linolenat (Sarin, 2012). Petrodisel (solar) merupakan hidrokarbon C₉-C₁₆ (Shekhawat, 2011). FAME dan hidrokarbon C₉-C₁₆ (solar) tergolong nonpolar berdasarkan nilai momen dipol yang dominan kecil secara keseluruhan. Momen dipol pada ikatan C-H saling meniadakan. Rantai panjang antar karbon semakin menambah sifat nonpolar (ikatan C-C = 0 D) (Bruice, 2007).

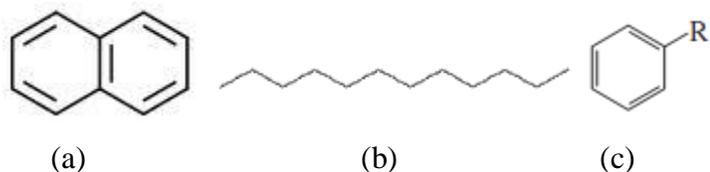


Gambar 2.5 Metil Ester

2.6.3 Minyak tanah

Minyak tanah (*kerosene*) merupakan minyak yang bersumber dari minyak bumi, berwarna kuning pucat atau tak berwarna dan berbau khas. Minyak tanah terdiri dari campuran dari beberapa senyawa hidrokarbon (C₁₀-C₁₆). Substituen minyak tanah secara umum terdiri dari *n*-dodekana, alkil benzena, naftalen dan

turunannya (gambar 2.6) (Shekhawat, 2011). Momen dipol pada ikatan C-H relatif kecil (0,4 D) bahkan saling meniadakan (pada n-dodekana). Panjangnya rantai karbon juga mengurangi kepolaran senyawa (ikatan C-C = 0 D) sehingga minyak tanah dapat digolongkan ke dalam larutan nonpolar (Bruice, 2007).

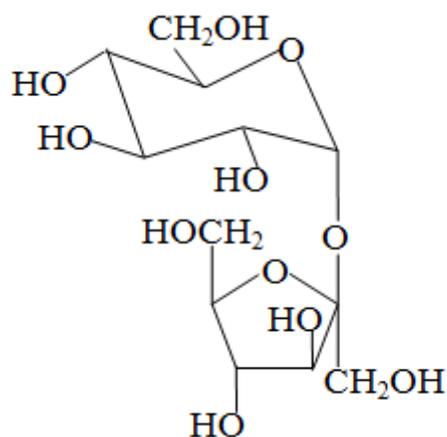


(a) naftalen; (b) n-dodekana; (c) alkil benzena

Gambar 2.6 Struktur Senyawa Substituen Minyak Tanah

2.6.4 Sukrosa

Sukrosa adalah disakarida dari dua unit monosakarida membentuk asetal. Sukrosa terdiri dari D-glukosa dan D-fruktosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosida antara C-1 dari glukosa (posisi α) dan C-2 dari fruktosa (posisi β) (gambar 2.7). Sukrosa dapat dibuat dari tebu. Sukrosa termasuk senyawa polar karena terdapat gugus-gugus $-OH$ yang mempunyai momen dipol relatif tinggi ($O-H = 1,5$) (Bruice, 2007).



Gambar 2.7 Struktur Sukrosa

2.7 Analisis Data

2.7.1 Simpangan

Penentuan simpangan dilakukan dengan membandingkan simpangan metode baru terhadap metode lain sebagai perbandingan (Jeffery, 1989). Dalam hal ini simpangan ditentukan dari hasil pengukuran viskositas oleh viskometer hasil disain terhadap viskometer Ostwald (persamaan 2.5).

$$\text{Simpangan} = \frac{|\eta_{\text{hasil desain}} - \eta_{\text{Ostwald}}|}{\eta_{\text{Ostwald}}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

2.7.2 Presisi

Presisi (kecermatan) adalah kecocokan diantara sekelompok hasil – hasil pengukuran. Presisi dapat ditentukan dengan persamaan simpangan standard (standar deviasi).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} |x_i - \bar{x}|}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

SD = standar deviasi

x_i = nilai pengukuran

\bar{x} = nilai rata – rata pengukuran

n = jumlah sampel

Jika deviasi standar dinyatakan sebagai suatu persentase dari rata – rata, maka simpangan itu disebut koefisien variasi, kv. Semakin kecil nilai kv, maka semakin teliti hasil pengukuran (Day, 1986). Nilai kv yang diharapkan adalah sekurang-kurangnya 95 % (Caulcut, 1995).

$$kv = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.7)$$

2.7.3 Uji t

Uji t digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata antara dua set data (dua metode). Pengambilan kesimpulan pada uji t didapatkan membandingkan hasil t hitung dan t tabel dengan tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan tertentu. Apabila t hitung kurang dari t tabel maka dapat disimpulkan bahwa dua metode yang dibandingkan tersebut tidak memiliki perbedaan yang berarti. Namun apabila t hitung lebih dari t tabel, maka dapat disimpulkan bahwa dua metode yang dibandingkan tersebut memiliki perbedaan yang berarti. Penentuan nilai t hitung dan derajat kebebasan adalah sebagai berikut :

- a. Jika simpangan kedua baku sama ($s_1 = s_2$)

$$t_{hitung} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{s \times \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Derajat kebebasan (v)} = n_1 + n_2 - 2 \dots\dots\dots(2.10)$$

- b. Jika $s_1 \neq s_2$

$$t_{hitung} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$v = \left\{ \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{\left(\frac{s_1^2/n_1}{n_1 + 1} + \frac{s_2^2/n_2}{n_2 + 1} \right)} \right\} - 2 \dots\dots\dots (2.12)$$

Sama atau tidaknya simpangan baku s_1 dan s_2 dapat diketahui melalui uji F. Uji F dilakukan dengan membandingkan antara nilai F hitung dan F tabel. Apabila F hitung kurang dari F tabel maka disimpulkan $s_1 = s_2$, namun apabila F hitung lebih dari F tabel, maka disimpulkan $s_1 \neq s_2$. Nilai derajat kebebasan sebesar n-1 sedangkan F hitung ditentukan dari persamaan 2.13. Variabel s_1^2 dan s_2^2 diatur sedemikian rupa sehingga $F \geq 1$.

$$F_{hitung} = s_1^2 / s_2^2 \dots\dots\dots(2.13)$$

(Miller, 1991).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dilakukan pada bulan Mei 2012 - Desember 2012.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

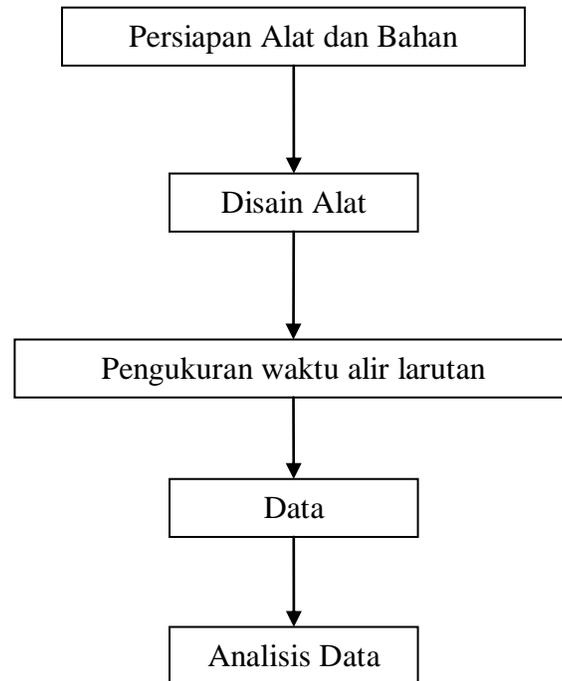
3.2.1 Alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : komputer dengan prosesor Intel (R) Atom (TM) CPU N475 @ 1,83 GHz RAM 1,00 GB, termometer, aplikasi Labview 8.0, LED IR333/H0/L10, Fotodioda PD333-3C/H0/L2, kabel, peralatan gelas (gelas beaker, pipet mohr, pipet tetes, labu ukur 100 mL), ball pipet, botol semprot, statif, piknometer, neraca analitik, Labjack UE9, mikroskop dinolite, viskometer Ostwald diameter kapiler 0,6 mm.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuademin, akuades, minyak tanah, bio solar, gula (merek gulaku), kecap (merek ABC), HCl 15%, H₂O₂ 15%, dan alkohol teknis.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Pembuatan Bahan

a. Pembuatan Larutan Gula 50 % (larutan induk)

Kristal gula sebanyak 1 kg dilarutkan dalam 1 L akuades pada suhu 50°C selama 10 menit.

b. Pembuatan larutan gula 15 %, 25 % dan 35 %

Dibuat dari pengenceran larutan induk dalam akuades pada labu ukur 100 mL dengan perbandingan antara larutan induk dan akuades berturut-turut 30 ml, 50 ml, dan 70 ml

c. Pembuatan Larutan Pembersih Viskometer

Larutan pembersih berisi HCl 15% dan H₂O₂ 15%.

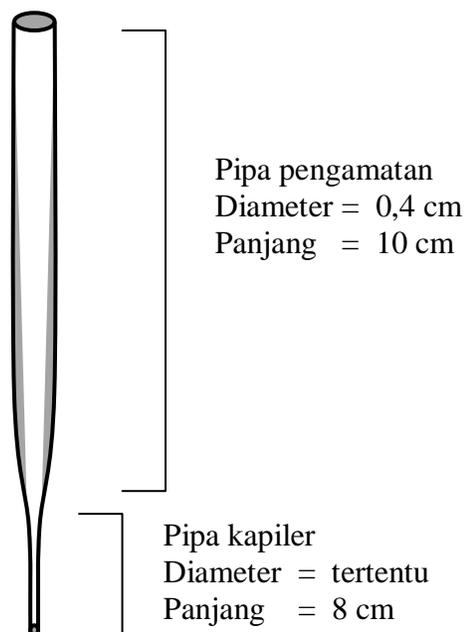
d. Pembuatan Larutan Berwarna (Larutan Kecap 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, dan 50 %)

Larutan kecap dengan kadar 50% dibuat dengan mengencerkan 15 mL kecap dalam akuades. Larutan kecap dengan kadar 10 %, 20 %, 30 % dan 40 % dibuat dari pengenceran larutan kecap 50 % dalam akuades dengan perbandingan antara larutan kecap 50% dan akuades berturut-turut 1:4 ml; 2:3 ml; 3:2 ml; dan 4:1 ml.

e. Pembuatan Larutan Bio solar 50 % dan 75 %

Larutan bio solar 50 % dan 75 % dibuat dengan mengencerkan bio solar dalam minyak tanah menggunakan labu ukur 100 ml dengan volume berturut-turut adalah 50 ml dan 75 ml.

3.4.2 Disain Alat



Gambar 3.2 Bentuk Viskometer

Pembuatan bentuk viskometer (gambar 3.2) disesuaikan dengan persamaan Poiseuille yaitu :

$$\frac{V}{\Delta t} = \frac{\pi PR^4}{8\eta L}$$

Sesuai dengan persamaan ini, viskometer dibuat dalam bentuk tabung berkapiler dengan ukuran panjang kapiler (L) dan jari-jari (R) tertentu yang mampu mengalirkan larutan dengan volume (V) tertentu. L diukur menggunakan mistar sedangkan R diukur menggunakan mikroskop dinolite. Aliran larutan dengan volume tertentu akan memberikan nilai selang waktu (Δt) hingga dapat digunakan untuk menentukan viskositas (η) dengan persamaan Poiseuille. Pipa yang digunakan adalah tabung kaca yang dibentuk sesuai gambar 2.7. Larutan yang diperlukan yaitu jumlahnya kurang dari 2 ml. Pipa pengamatan adalah tempat sensor untuk mengamati kecepatan alir larutan. Pipa kapiler dibuat untuk memperlambat aliran larutan.

a. Konsep Yang Digunakan

Konsep yang digunakan viskometer ini adalah Hukum Poiseuille :

$$\frac{V}{\Delta t} = \frac{\pi PR^4}{8\eta L}$$

Keterangan :

η = viskositas larutan

V = total volume larutan

Δt = waktu yang dibutuhkan larutan dengan volume V viskometer

P = tekanan yang bekerja dengan cairan

L = panjang pipa

R = jari-jari kapiler

Pengukuran viskositas dengan persamaan hukum Poiseuille di atas sulit dicapai. Hal ini disebabkan nilai R dan L sukar ditentukan secara tepat. Kesalahan pengukuran nilai ini akan sangat besar pengaruhnya karena nilai ini dipangkatkan 4. Untuk menghindari kesalahan ini pengukuran viskositas dilakukan dengan

menggunakan air sebagai larutan pembanding pembanding. Variabel R, P, V, dan L dapat dihilangkan karena penentuan viskositas antara larutan pembanding dan larutan yang akan ditentukan viskositasnya menggunakan alat yang sama, sedangkan π merupakan konstanta, sehingga persamaan Poiseuille dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{\eta_p}{\eta_x} = \frac{\pi R^4 (P.\Delta t)_p}{8 V L} \times \frac{8 V L}{\pi R^4 (P.\Delta t)_x}$$

$$\frac{\eta_p}{\eta_x} = \frac{(P.\Delta t)_p}{(P.\Delta t)_x} = \frac{\rho_p \Delta t_p}{\rho_x \Delta t_x} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

η_p = viskositas larutan pembanding

η_x = viskositas larutan x

ρ_p = massa jenis larutan pembanding

ρ_x = massa jenis larutan x

Δt_p = waktu alir larutan pembanding

Δt_x = waktu alir larutan x

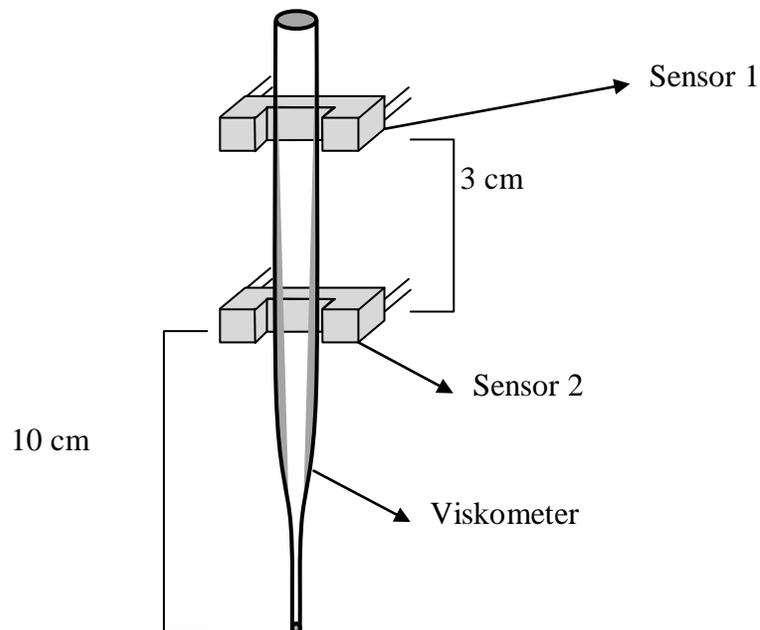
Variabel ρ_p, η_p, ρ_x diperoleh dari nilai standar larutan maupun pengukuran yang sudah diketahui, sedangkan Δt_p dan Δt_x ditentukan melalui pengukuran menggunakan viskometer.

b. Penentuan Waktu Alir Larutan (Δt_p dan Δt_x)

Waktu alir larutan ditentukan dengan mengukur waktu alir suatu larutan dalam pipa dari titik pertama ke titik kedua dengan jarak tertentu. Pengamatan waktu dilakukan menggunakan sensor *optocoupler* yang ditempatkan pada titik pertama (sensor 1) dan titik kedua (sensor 2) untuk mengurangi kesalahan pengamatan. *Optocoupler* digunakan sebagai sensor karena *optocoupler* menggunakan sinar infra merah sebagai sumber sinar sehingga gangguan dari sinar tampak dari lingkungan kecil. Fungsi *optocoupler* yang dimanfaatkan dalam sensor ini adalah keadaan

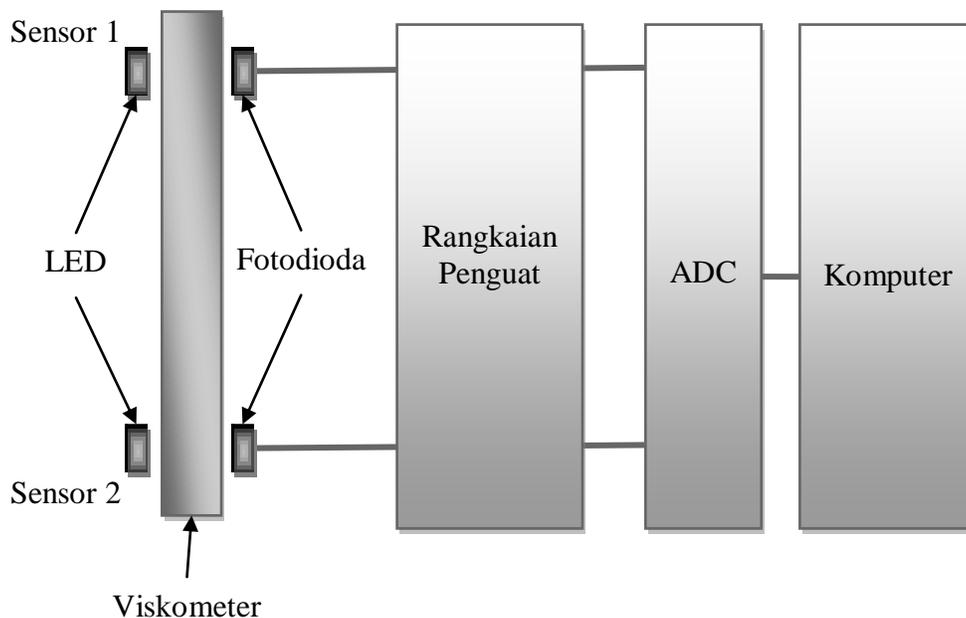
perubahan intensitas sinar inframerah yang dipancarkan oleh LED menuju fotodiode yang menyebabkan perubahan tegangan yang melalui fotodiode. Perubahan intensitas terjadi akibat adanya transisi antara ada dan tidaknya cairan dalam viskometer.

Transisi antara ada dan tidaknya cairan dalam viskometer terdiri dari dua keadaan pada masing-masing sensor, pertama saat cahaya infra merah pada sensor terhalang larutan (V_1) dan keadaan kedua saat cahaya sensor tidak terhalang larutan (larutan telah melewati larutan atau V_2). Perubahan tegangan akibat keadaan kedua digunakan untuk menghitung waktu. Tegangan V_2 dari sensor digunakan untuk memulai program penghitungan waktu pada labview, sedangkan tegangan V_2 dari sensor 2 digunakan untuk mengakhiri program penghitungan waktu. Selang waktu yang dihasilkan merupakan nilai waktu alir larutan (Δt_p dan Δt_x). Kedua sensor ditempatkan pada viskometer pada bagian pengamatan. Jarak antara kedua sensor yaitu 2 cm. Jarak sensor kedua dengan dasar pipa kapiler yaitu 10 cm. Pemasangan sensor pada viskometer dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pemasangan Sensor Pada Viskometer

Data dari sensor diproses melalui beberapa alat, yaitu rangkaian penguat, ADC (*Analog to Digital Converter*), dan komputer (gambar 3.4). Rangkaian penguat berfungsi untuk memperkuat sinyal (tegangan) dari masing-masing sensor (fotodioda). Sinyal yang sudah diperkuat masih berupa sinyal analog, sehingga harus dirubah menjadi sinyal digital agar bisa diproses dalam sistem komputer. Pengubahan sinyal analog menjadi sinyal digital menggunakan rangkaian ADC. Sinyal digital yang diperoleh kemudian dihubungkan ke perangkat komputer kemudian data diproses menggunakan program LabVIEW.

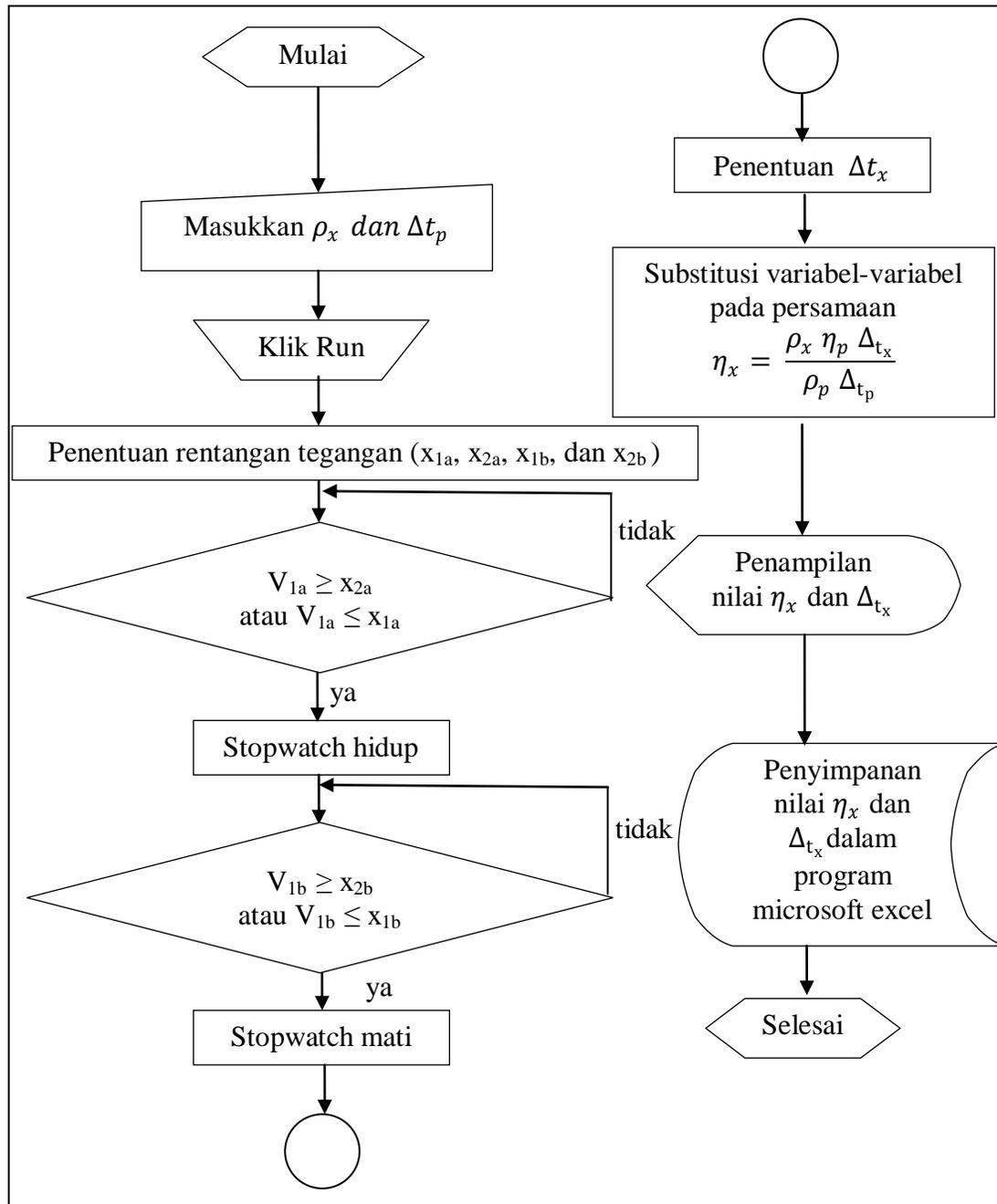


Gambar 3.4 Jalur Data dari Sensor ke Komputer

c. Program Labview

Program labview yang digunakan berisi beberapa perintah, diantaranya penentu rentangan tegangan, penghitung waktu (*stopwatch*), dan persamaan

Poisouille. Proses yang dilakukan program viskometer pada labview digambarkan dalam gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Alir Program Viskometer Pada Labview

1) Pemasukan Nilai Variabel Viskositas

Ada beberapa nilai variabel dalam penentuan viskositas, yaitu $\rho_x, \eta_p, \Delta_{t_x}, \rho_p$ dan Δ_{t_p} . Nilai η_p dan ρ_p diatur sebagai konstanta tetap yang didapatkan dari nilai standar *Handbook of Chemistry and Physics* 85TH edisi 2004-2005 (tabel 2.1). Sedangkan nilai ρ_x dan Δ_{t_p} didapatkan dari hasil pengukuran. Nilai Δ_{t_p} ditentukan melalui pengukuran larutan pembanding (akuademin) dengan mengabaikan pemasukan nilai variabel pada tahap awal. Dengan demikian pada tahap akhir didapatkan nilai Δ_{t_p} sedangkan nilai η_x diabaikan.

2) Penentuan Rentangan Tegangan Sensor 1 dan Sensor 2

Rentangan tegangan merupakan batas nilai tegangan yang membatasi nilai V_{1r} (tegangan rata-rata dari 100 titik V_1 saat larutan belum mengalir melewati sensor). Rentangan tegangan ini terdiri dari dua batas nilai tegangan, yaitu x_{1a} dan x_{2a} untuk membatasi V_{1ra} (V_{1r} sensor 1) dan x_{1b} dan x_{2b} untuk membatasi V_{1rb} (V_{1r} sensor 2). Fungsi rentangan tegangan adalah untuk membatasi perubahan tegangan pada masing-masing sensor dari V_1 menjadi V_2 (tegangan saat larutan telah melewati sensor setelah viskometer diisi larutan). Ketentuan rentangan tegangan ditentukan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Ketentuan Rentangan Tegangan

Rentangan Tegangan	Ketentuan
Batas 1 (x_1)	$x_1 = V_{1r} - c$
Batas 2 (x_2)	$x_2 = V_{1r} + c$

Konstanta c nilainya harus lebih dari fluktuasi tegangan maksimum V_{1r} (f maks.). Nilai f maks. ditentukan dari nilai f maksimum pada beberapa larutan. Nilai f didapatkan dari penentuan selisih antara nilai maksimum dan minimum dari V_{1r} masing-masing larutan. Rancangan penentuan f maks dapat dituliskan pada tabel 3.3.

Penentuan f dilakukan menggunakan akuademin dan larutan berwarna (larutan kecap 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, dan 50 %). Akuademin dan larutan berwarna digunakan untuk mengetahui pengaruh perbedaan penggunaan larutan dengan sifat medium penghantar cahaya yang berbeda. Larutan berwarna hitam menjadi pilihan karena warna hitam mempunyai daya serap pada semua panjang gelombang.

Tabel 3.3 Rancangan Penentuan Fluktuasi V_1 Maksimum

Larutan	V_1 Sensor 1			V_1 Sensor 2			f maks.
	(Volt)			(Volt)			(Volt)
	Maks.	Min.	f	Maks.	Min.	F	
Akuademin							
Kecap 10 %							
Kecap 20 %							
Kecap 30 %							
Kecap 40 %							
Kecap 50 %							

Pola tegangan sensor 1 dan sensor 2 perlu diketahui untuk melihat sifat tegangan yang dihasilkan. Penentuan pola tegangan dilakukan dengan mengukur tegangan pada sensor 1 dan sensor 2 pada keadaan mengalir dalam viskometer melewati sensor 1 dan sensor 2. Larutan yang digunakan adalah larutan yang bersifat polar dan nonpolar. Penggunaan larutan dengan perbedaan sifat ini dilakukan untuk mengetahui pola tegangan yang dihasilkan. Larutan bersifat polar yang digunakan adalah akuademin dan larutan gula (15 %, 25 %, dan 35 %) sedangkan larutan bersifat polar yang digunakan adalah minyak tanah dan larutan bio solar (50 %, 75 %, dan 100 %).

3) Penentuan Waktu Alir Larutan (Δt)

Waktu alir larutan ditentukan oleh program stopwatch berdasarkan perubahan tegangan dari V_1 ke V_2 pada sensor 1 dan sensor 2. Program stopwatch akan hidup saat sensor 1 menghasilkan tegangan V_2 dan akan berhenti saat sensor 2 menghasilkan tegangan V_2 . Penghitungan waktu pada program stopwatch dilakukan dengan menandai waktu *realtime* komputer saat dihasilkan tegangan V_2 pada sensor 1 dan sensor 2. Selisih waktu antara waktu *realtime* pertama dan kedua merupakan waktu alir larutan.

4) Substitusi Variabel Viskositas dan Penyimpanan Data

Variabel-variabel viskositas yang telah yang telah tersedia kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan $\eta_x = \frac{\rho_x \eta_p \Delta_{t_x}}{\rho_p \Delta_{t_p}}$ untuk mencari nilai viskositas zat x. Nilai η_x dan Δ_{t_x} yang dihasilkan kemudian ditampilkan pada layar dan disimpan. Data η_x dan Δ_{t_x} disimpan sebagai file yang dapat dibuka melalui microsoft excel.

3.4.3 Pengumpulan Dan Analisis Data

a. Pengumpulan Data

Larutan yang digunakan terdiri dari larutan polar dan nonpolar. Larutan polar yang digunakan adalah akuademin dan larutan gula, sedangkan pada larutan nonpolar digunakan bio solar, minyak tanah. Penggunaan larutan dengan sifat yang berbeda dilakukan untuk mengetahui pengaruh sifat larutan yang berbeda terhadap hasil akurasi dan presisi pengukuran waktu alir larutan.

Pengukuran viskositas terdiri dari dua tahap, yaitu pengukuran massa jenis dan pengukuran waktu alir larutan. Nilai viskositas akan dihasilkan bersamaan dengan hasil pengukuran waktu alir larutan melalui program labview. Proses pengukuran adalah sebagai berikut.

1) Pengukuran Massa Jenis Larutan

Massa jenis larutan diukur menggunakan piknometer dengan persamaan

$$\rho = \frac{m_1 - m_0}{v} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

ρ = massa jenis larutan

m_0 = massa piknometer kosong

m_1 = massa piknometer berisi larutan

v = volume piknometer

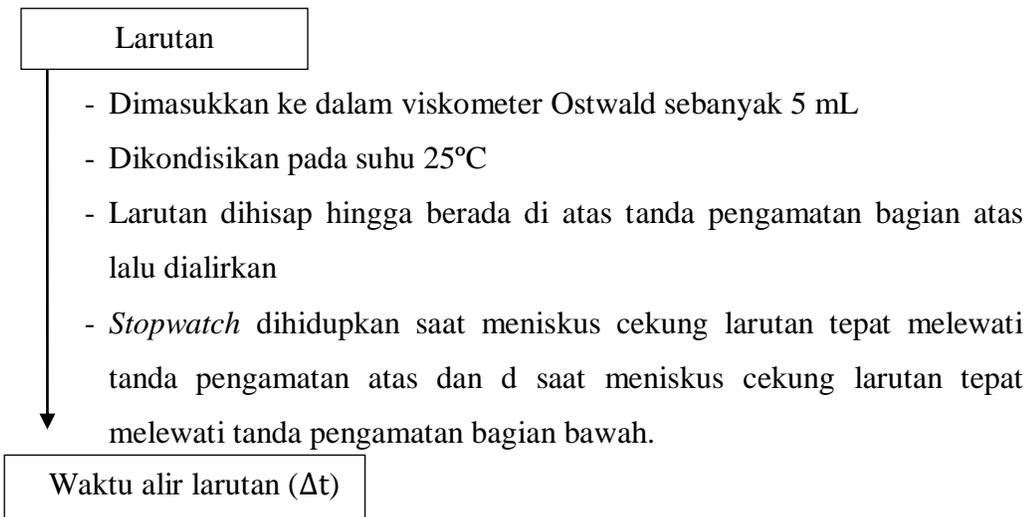
Piknometer harus dalam keadaan kering dan bersih sebelum digunakan. Pembersihan piknometer dapat dilakukan dengan mencuci menggunakan sabun kemudian dibilas dengan akuades. Langkah terakhir yaitu dibilas menggunakan alkohol, lalu dikeringkan pada suhu ruang. Pengukuran m_0 dilakukan dengan menimbang piknometer dalam keadaan kosong dan kering, sedangkan penimbangan m_1 dilakukan dengan mengkondisikan larutan gula pada suhu 25°C. Penimbangan dilakukan pada neraca analitik dengan lima kali pengulangan. Penentuan massa jenis larutan dilakukan pada minyak tanah, larutan bio solar (50 %, 75 %, dan 100 %), dan larutan gula (15 %, 25 %, dan 35 %).

2) Pengukuran Waktu Alir Larutan

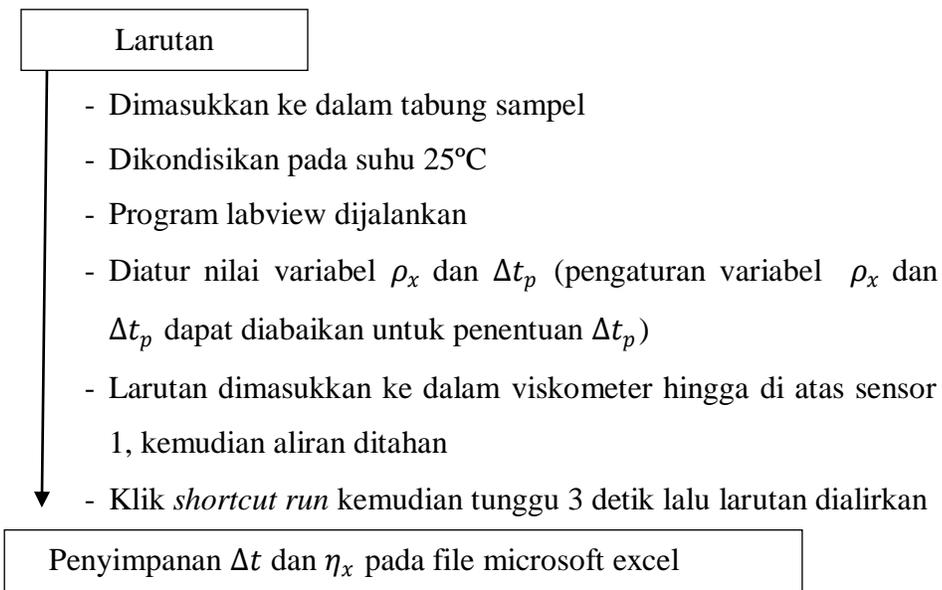
Viskometer memerlukan pembersihan sebelum digunakan. Pembersihan viskometer yang lama tidak digunakan dibersihkan dengan merendam viskometer dalam larutan pembersih viskometer minimal 12 jam kemudian dibilas dengan akuades dan dilanjutkan dengan pembilasan menggunakan alkohol, lalu dikeringkan di ruangan yang bebas debu. Sedangkan untuk pembersihan setelah pengukuran larutan yang berbeda cukup dengan menggunakan sabun, dibilas dengan akuades dan dilanjutkan dengan pembilasan menggunakan alkohol, lalu dikeringkan di ruangan yang bebas debu.

Waktu alir larutan diukur menggunakan viskometer Ostwald (gambar 3.6) dan viskometer kapiler hasil disain (gambar 3.7). Larutan yang digunakan terdiri dari larutan bersifat polar (akuademin, larutan gula 15 %, larutan gula 25 %, dan larutan

gula 35 %) dan bersifat nonpolar (minyak tanah, larutan bio solar 50 %, larutan bio solar 75 %, dan larutan bio solar 100 %). Pengulangan dilakukan sebanyak dua puluh kali.



Gambar 3.6 Prosedur Penentuan Waktu Alir Larutan Menggunakan Viskometer Ostwald



Gambar 3.7 Prosedur Penentuan Waktu Alir Larutan Menggunakan Viskometer Hasil Disain

Proses penentuan waktu alir larutan terdiri dari dua tahap, yaitu waktu alir larutan akuademin dan minyak tanah sebagai pembanding (Δ_{t_p}) dan waktu alir larutan x (Δ_{t_x}). Nilai η_p dan ρ_p dari akuademin didapatkan dari tabel 2.1, sedangkan ρ_x didapatkan dari pengukuran massa jenis. Pengukuran dilakukan pada suhu 25°C pada ruangan yang dapat dikontrol suhunya (ruangan ber-AC) dengan dua puluh pengulangan pada masing-masing larutan. Khusus untuk η_p dari minyak tanah didapatkan dari hasil pengujian viskositas di Politeknik Jember.

b. Analisis Data

1) Simpangan

Nilai simpangan menunjukkan prosentase perbedaan hasil pengukuran viskometer hasil disain baru dengan viskometer Ostwald. Semakin kecil nilai simpangan menunjukkan kedekatan pengukuran viskositas hasil disain baru terhadap viskometer Ostwald semakin besar. Simpangan ditentukan sesuai persamaan 2.5. Analisis simpangan Hasil Pengukuran Viskositas disusun sesuai tabel 3.4.

Tabel 3.4 Analisis Simpangan Hasil Pengukuran Viskositas

Jenis Larutan	Viskositas rata-rata (mPas)		Simpangan (%)
	Ostwald	Hasil disain	
Gula 15 %			
Gula 25 %			
Gula 35 %			
Bio solar 50 %			
Bio solar 70 %			
Bio solar 100 %			

2) Presisi

Presisi ditentukan dari hasil deviasi standard dari setiap pengulangan kelompok data. Persamaannya standar deviasi dituliskan sesuai dengan persamaan 2.6. Hasil deviasi standar dinyatakan dalam persentase yang disebut koefisien variasi. Semakin kecil nilai kv, maka semakin teliti pengulangannya. Koefisien variasi dituliskan sesuai dengan persamaan 2.7. Hasil pengujian ketepatan hasil pengukuran disusun pada tabel 3.5 dengan pengulangan masing-masing dua puluh kali.

Tabel 3.5 Analisis Presisi Pengukuran Viskositas

	Gula	Gula	Gula	Bio solar	Bio solar	Bio solar
	15%	25%	35%	50%	75%	100%
Viskositas						
(mPas)						
rata-rata						
SD						
Kv (%)						

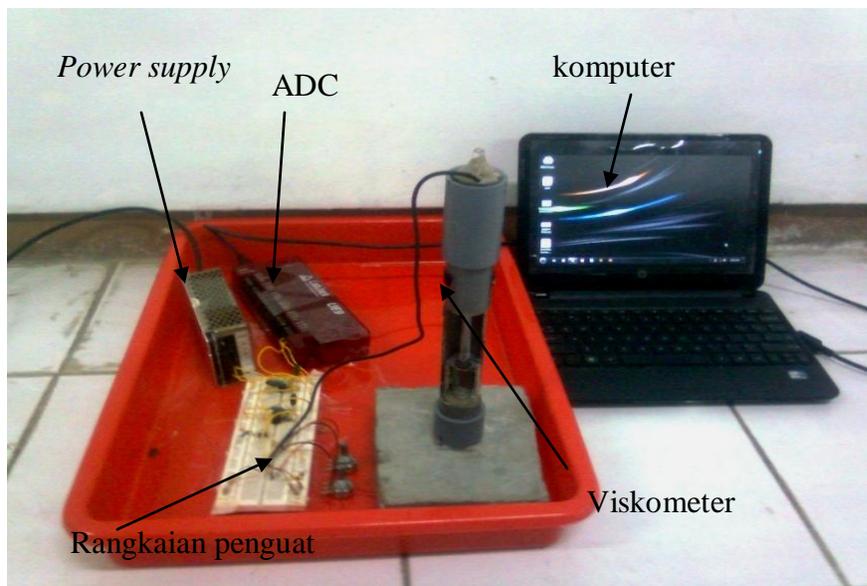
3) Uji-t

Uji t digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang berarti antara hasil pengukuran viskositas dari viskometer hasil disain terhadap viskometer Ostwald. Analisis dilakukan dari perhitungan sesuai persamaan 2.8 dan 2.13. Apabila t hitung kurang dari t tabel maka dua rata-rata viskositas yang dibandingkan tersebut tidak memiliki perbedaan yang berarti. Namun apabila t hitung lebih dari t tabel, maka dua rata-rata yang dibandingkan tersebut memiliki perbedaan yang berarti.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Disain Viskometer Kapiler Terkomputerisasi

Viskometer kapiler terkomputerisasi terdiri dari seperangkat viskometer kapiler yang dibantu oleh seperangkat komputer. Pengamatan waktu alir dibantu oleh dua buah sensor *optocoupler* yang terpasang pada dua tanda pengamatan. Seperangkat viskometer kapiler terkomputerisasi terdiri dari viskometer kapiler, sensor *optocoupler*, rangkaian penguat, *power supply*, ADC, dan satu unit komputer (gambar 4.1)



Gambar 4.1 Seperangkat Viskometer Kapiler Terkomputerisasi

Viskometer kapiler terbuat dari tabung pipa kaca. Bagian pipa pengamatan mempunyai diameter 0.4 cm dan panjang 10 cm. Bagian pipa kapiler mempunyai panjang 8 cm dengan jari-jari ujung pipa 0,425 mm, tengah (4 cm dari ujung pipa) 0,586 mm, dan pangkal pipa (8 cm dari ujung pipa) 0,693 mm. Nilai jari-jari didapatkan dari pengukuran diameter pipa kapiler menggunakan mikroskop dinolite

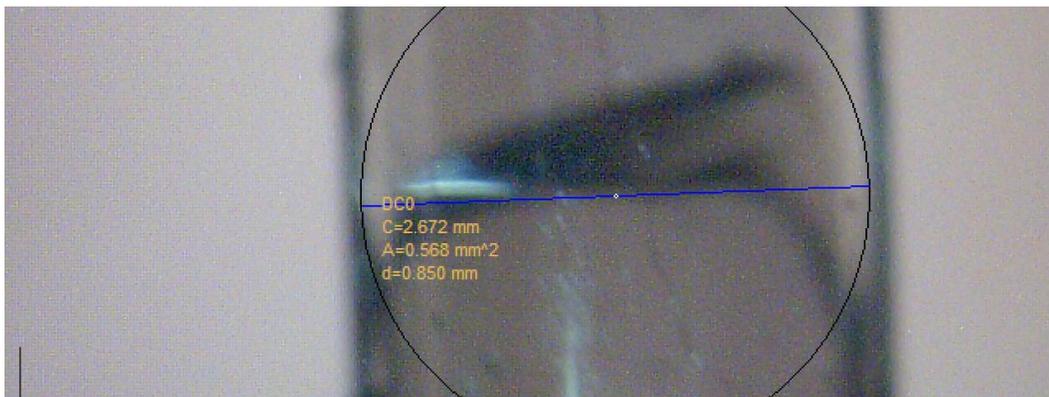
(gambar 4.2). Desain viskometer kapiler dapat dilihat pada gambar 4.3. Pengukuran viskositas membutuhkan larutan sebanyak 1.8 ml.



(a)



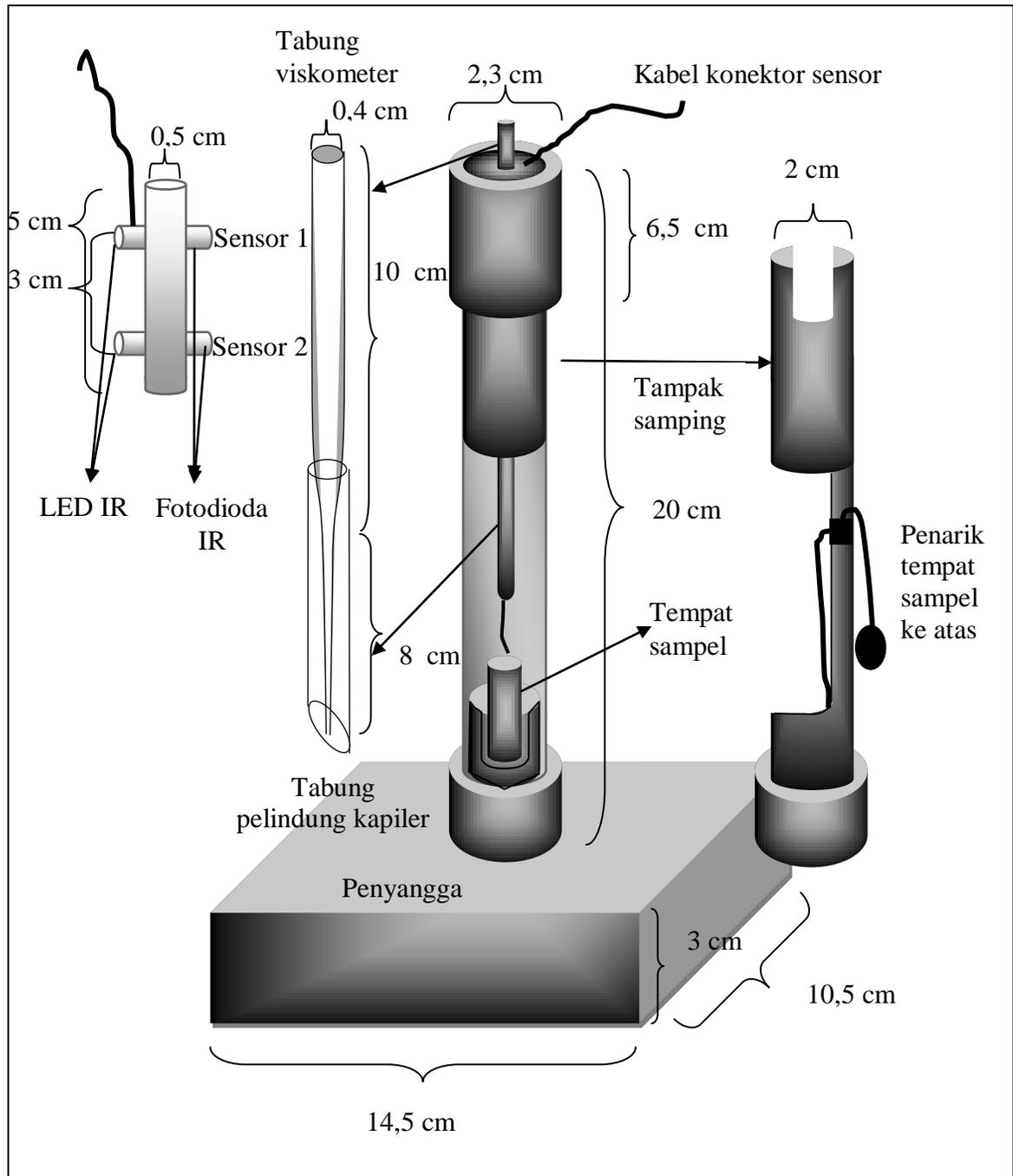
(b)



(c)

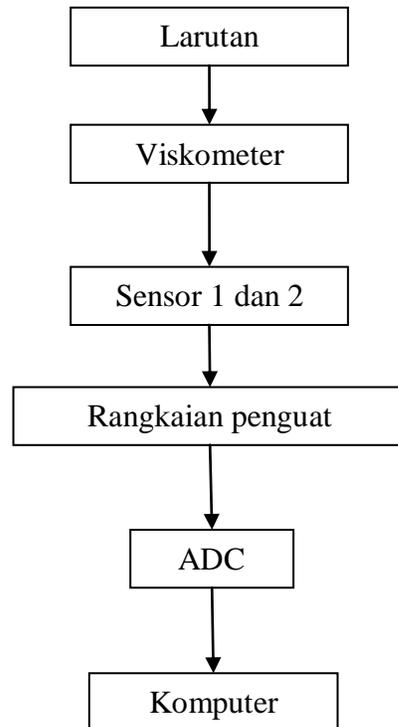
(a) pangkal pipa kapiler; (b) tengah pipa kapiler; (c) ujung pipa kapiler

Gambar 4.2 Diameter Pipa Kapiler



Gambar 4.3 Disain Alat Viskometer

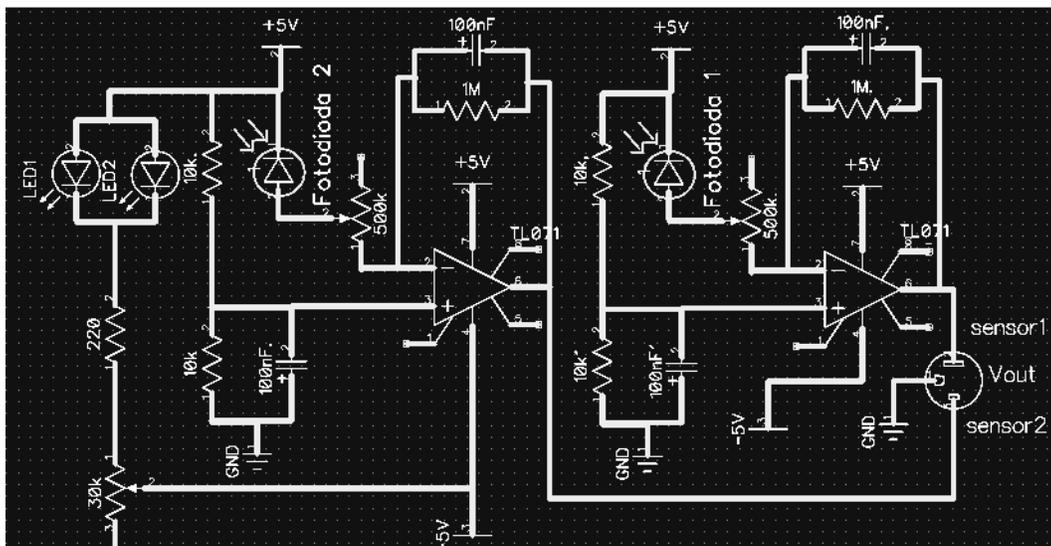
Viskositas ditentukan melalui penentuan waktu alir larutan. Proses penentuan waktu alir pada viskometer kapiler terkomputerisasi terdiri dari beberapa tahapan, yaitu sensor, rangkaian penguat, ADC, dan komputer (program labview). Skema tahapan digambarkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Skema Tahapan Penentuan Viskositas

Waktu alir larutan ditentukan dengan mengalirkan larutan pada viskometer. Penghitungan waktu dimulai saat larutan tepat melewati sensor 1 dan berhenti saat larutan tepat melewati sensor 2. Saat larutan tepat melewati sensor 1 maupun sensor 2 akan terjadi perubahan arus listrik pada sensor 1 maupun sensor 2 sehingga perintah penghitungan waktu alir dapat didasarkan pada perubahan arus listrik ini. Waktu mulai dihitung saat terjadi perubahan arus listrik pada sensor 1 dan dihentikan saat terjadi perubahan arus listrik pada sensor 2.

Sensor *optocoupler* terdiri dari fotodiode inframerah dan LED inframerah. Terdapat dua sensor *optocoupler* yang dipasang pada tabung plastik berdiameter 0.5 cm dengan jarak antar sensor *optocoupler* 3 cm (gambar 4.3). Sumber arus LED inframerah dan fotodiode dihubungkan secara paralel. Perubahan arus listrik yang dihasilkan fotodiode masih terlalu kecil sehingga perlu adanya penguatan. Arus listrik hasil keluaran masing-masing sensor diperkuat dan dikonversi menjadi tegangan oleh IC TL071 dalam rangkaian penguat. Rangkaian penguat bekerja secara inversi, sehingga tegangan hasil penguatan berbanding terbalik dengan kuat arus listrik hasil keluaran fotodiode. Rangkaian penguat diberi sumber arus DC $\pm 5V$ 1A. Rangkaian penguat disusun sesuai gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian Penguat dan Sensor

Tegangan yang dihasilkan tergantung keadaan viskometer. Saat sinar inframerah melaewati viskometer kosong dihasilkan tegangan rata-rata pada sensor 1 dan 2 berturut-turut 0,134 V dan 0,602 V, sedangkan saat sinar pada viskometer terhalang benda yang tidak ditembus sinar (kayu) tegangan yang dihasilkan meningkat, yaitu pada sensor 1 dan 2 rata-rata berturut-turut 2,258V dan 2.444 V.

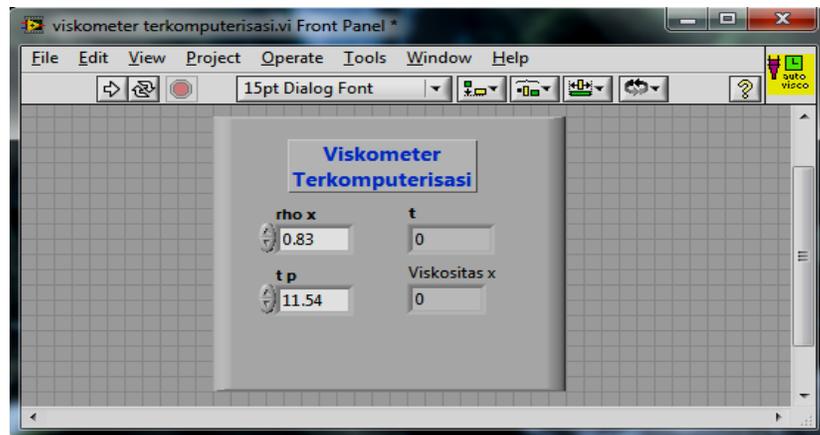
Namun saat viskometer berisi akuademin, tegangan berkurang menjadi -3.657 V dan -3.654 V. Berkurangnya nilai tegangan ini karena akuademin pada viskometer membuat sinar lebih fokus menuju fotodioda jika dibandingkan dengan saat viskometer kosong sehingga intensitas sinar yang diterima fotodioda lebih besar. Bertambahnya intensitas sinar yang diterima mengakibatkan turunnya tegangan yang terukur.

Tegangan keluaran (V_{out}) dari rangkaian penguat merupakan sinyal analog. Sinyal analog tidak dapat diproses di komputer sehingga perlu diubah menjadi sinyal digital. Proses pengubahan sinyal analog menjadi sinyal digital melalui perangkat ADC (*Analog to Digital Converter*). Alat yang digunakan adalah Labjack UE9. Sinyal digital yang dihasilkan oleh ADC ditransfer ke komputer melalui jalur USB.

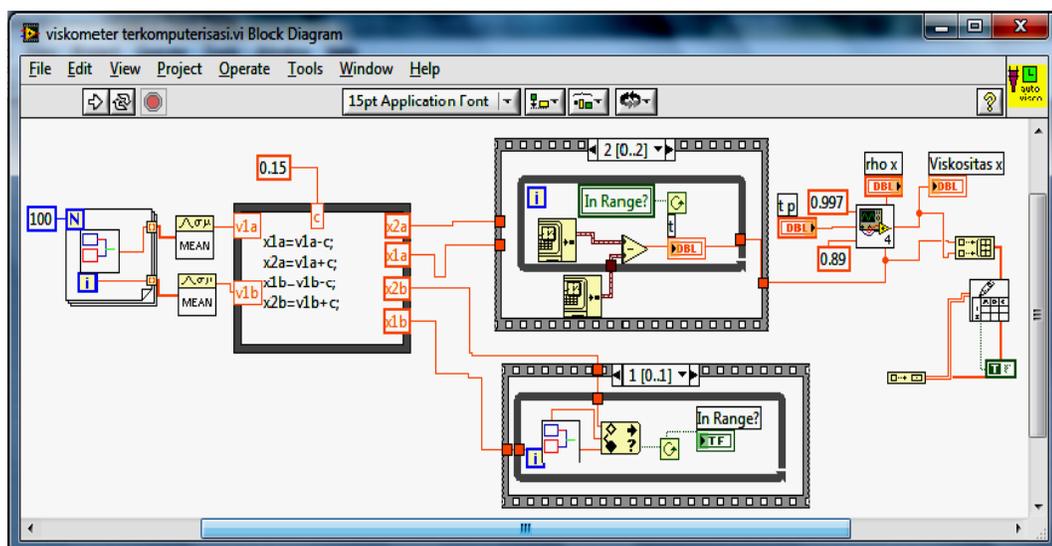
Proses penentuan waktu alir dalam penentuan viskositas dilakukan di komputer oleh program labview. Program viskometer terkomputerisasi pada labview terdiri dari dua bagian, *front panel* dan diagram blok. *Front panel* merupakan tampilan depan dari program sebagai *interface* untuk menjalankan program. *Front panel* dihasilkan dari penyusunan perintah pada diagram blok. Terdapat dua kontrol, ρ_x dan Δt_p dan dua indikator, waktu alir (t) dan viskositas, pada *Front panel*. Kontrol merupakan tempat untuk memasukkan variabel viskositas yang dibutuhkan, sedangkan indikator merupakan tempat menampilkan hasil dari proses kerja program viskometer terkomputerisasi. Tampilan *front panel* viskometer terkomputerisasi dapat dilihat pada gambar 4.6.

Diagram blok merupakan bagian pada labview yang berfungsi untuk membuat perintah pada program. Tampilan diagram blok program viskometer terkomputerisasi dapat dilihat pada gambar 4.7. Diagram blok dibuat dengan menghubungkan ikon-ikon melalui garis. Setiap ikon dan garis mempunyai arti tertentu. Ada beberapa perintah yang dibuat pada diagram blok, yaitu penentuan rentangan tegangan, program penghitung waktu (program stopwatch), perhitungan viskositas, dan

penyimpanan. Diagram proses penentuan viskositas pada program labview terdapat pada gambar 3.5.



Gambar 4.6 Front Panel Program Viskometer Terkomputerisasi



Gambar 4.7 Diagram Blok Program Viskometer Terkomputerisasi

Terdapat variabel c untuk penentuan rentangan tegangan. Penentuan fluktuasi tegangan dilakukan menggunakan akuademin dan larutan berwarna (larutan kecap 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, dan 50 %). Rentangan tegangan ditentukan untuk membatasi nilai V_{1r} pada masing-masing sensor. Keluarnya nilai V_1 dari rentangan pada sensor 1 akan memberikan perintah untuk memulai perhitungan waktu alir larutan, sedangkan keluarnya nilai V_1 dari rentangan pada sensor 2 akan memberikan perintah untuk menghentikan perhitungan waktu. Berdasarkan tabel 3.2, hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan rentangan tegangan adalah nilai c . Nilai c harus lebih besar dari f maks untuk menghindari keluarnya V_1 sebelum larutan melewati sensor akibat fluktuasi V_1 .

Tabel 4.1 Fluktuasi Tegangan V_1 Larutan Kecap

Larutan	V_{1r} Sensor 1 (Volt)			V_{1r} Sensor 2 (Volt)			f maks. (Volt)
	Maks.	Min.	f	Maks.	Min.	f	
Akuademin	-3.657	-3.670	0.013	-3.654	-3.690	0.036	0.080
Kecap 10 %	-0.968	-0.993	0.025	-1.254	-1.295	0.041	
Kecap 20 %	-0.291	-0.371	0.080	-0.595	-0.666	0.071	
Kecap 30 %	0.419	0.356	0.063	0.086	0.026	0.060	
Kecap 40 %	0.874	0.811	0.063	0.600	0.529	0.071	
Kecap 50 %	1.191	1.166	0.025	0.927	0.904	0.023	

Berdasarkan tabel 4.1 didapatkan nilai f maks sebesar 0.080 Volt sehingga nilai c harus ditentukan lebih dari 0.080 Volt. Nilai c yang digunakan dalam penentuan rentangan tegangan ini adalah 0.15 Volt. Selisih tegangan sebesar 0.070 Volt digunakan untuk mengantisipasi apabila fluktuasi V_1 melebihi f maks yang telah ditentukan.

Variabel-variabel viskositas yang telah tersedia kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan $\eta_x = \frac{\rho_x \eta_p \Delta t_x}{\rho_p \Delta t_p}$ untuk mencari nilai viskositas zat

x. Nilai η_x dan Δ_{t_x} yang dihasilkan kemudian ditampilkan pada layar dan disimpan. Data η_x dan Δ_{t_x} disimpan sebagai file yang dapat dibuka melalui microsoft excel.

4.2 Simpangan dan Presisi

4.2.1 Simpangan

Nilai simpangan menunjukkan prosentase perbedaan hasil pengukuran viskometer hasil disain baru dengan viskometer Ostwald. Semakin kecil nilai simpangan menunjukkan kedekatan pengukuran viskositas hasil disain baru terhadap viskometer Ostwald semakin besar. Nilai simpangan terdapat pada tabel 4.2.

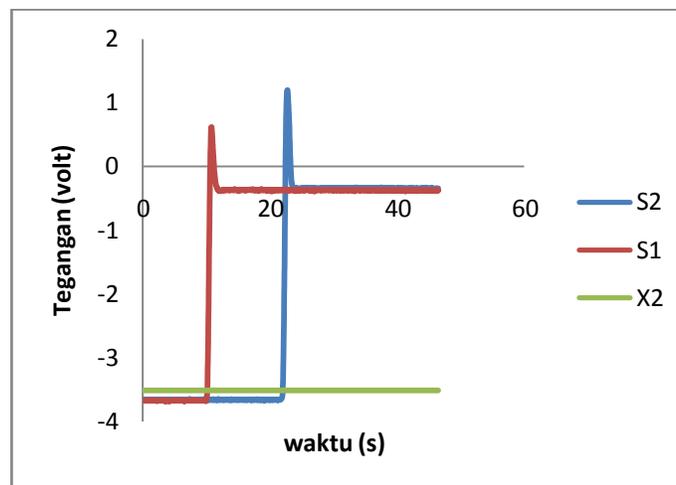
Tabel 4.2 Analisis Simpangan Hasil Pengukuran Viskositas

Jenis Larutan	Viskositas rata-rata (mPa,s)		Simpangan (%)
	Ostwald	Hasil disain	
Gula 15 %	1,44	1,38	4.17
Gula 25 %	2,21	2,07	6.33
Gula 35 %	3,82	3,53	7.59
Bio solar 50 %	2,52	2,45	2.78
Bio solar 75 %	3,54	3,43	3.11
Bio solar 100 %	5,28	5,02	4.92

Nilai simpangan meningkat pada setiap peningkatan kekentalan larutan. Larutan yang semakin kental mempunyai konsentrasi zat (gula maupun bio solar) yang semakin besar. Semakin besar konsentrasi zat maka semakin banyak molekul zat yang berinteraksi dengan molekul dinding viskometer. Peningkatan interaksi antara larutan dan dinding viskometer menyebabkan meniskus larutan cenderung lebih cekung saat larutan dialirkan dalam tabung viskometer. Meniskus larutan yang lebih cekung menyebabkan tahapan perubahan intensitas cahaya yang diterima fotodioda berlangsung lebih lambat sehingga tahapan perubahan tegangan menjadi

lebih lambat. Akibatnya diperlukan tambahan waktu untuk mencapai tegangan minimal yang dibutuhkan untuk penentuan waktu alir pada program labview. Tambahan waktu ini menyebabkan berkurangnya ketepatan penentuan waktu alir sehingga menghasilkan viskositas yang kurang tepat.

Tambahan waktu pada penentuan waktu alir larutan dapat dilihat pada pola grafik antara tegangan dengan waktu saat tegangan mulai meningkat hingga mencapai batas rentangan tegangan (x_2). Lampiran G merupakan grafik tegangan terhadap waktu beberapa larutan. Larutan yang diujikan secara umum mempunyai pola seperti gambar 4.8. Tegangan sensor 1 (S_1) maupun sensor 2 (S_2) akan mengalami peningkatan melewati x_2 yang menandakan larutan telah melewati sensor. Pola tambahan waktu dapat dilihat pada grafik lampiran H1.

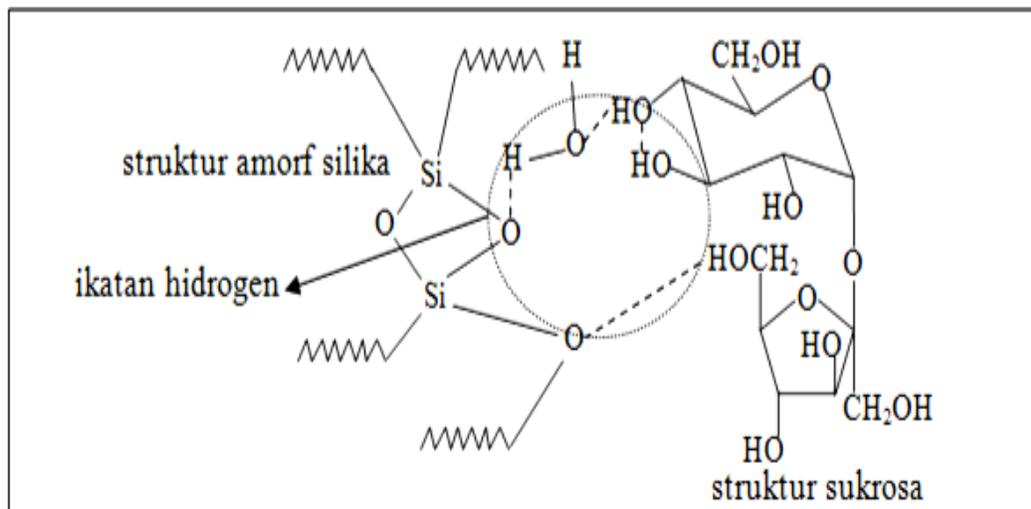


Gambar 4.8 Grafik Tegangan Terhadap Waktu

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa simpangan pada jenis larutan bio solar lebih kecil daripada simpangan pada jenis larutan gula. Hal ini terjadi meskipun viskositas larutan bio solar lebih besar daripada daripada gula. Larutan bio solar 75 % simpangannya lebih kecil daripada larutan gula 15 % dan 25 % meskipun viskositas larutan bio solar 75 % lebih besar daripada ketiga jenis larutan gula itu. Hal ini diakibatkan perbedaan interaksi antara larutan gula dan larutan bio solar terhadap dinding viskometer.

Interaksi larutan gula terhadap dinding viskometer lebih kuat daripada interaksi larutan bio solar terhadap dinding viskometer. Interaksi yang membedakan antara larutan gula dan larutan bio solar terhadap dinding viskometer adalah dugaan ada dan tidaknya ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen merupakan interaksi antar molekul yang paling kuat sehingga memungkinkan adanya penempelan yang kuat. Ikatan hidrogen hanya terdapat pada interaksi antara sukrosa pada larutan gula dengan dinding viskometer namun tidak terjadi pada larutan bio solar.

Larutan gula merupakan senyawa sukrosa yang mempunyai gugus $-OH$. Atom H yang terikat pada gugus $-OH$ dapat membentuk ikatan hidrogen dengan atom O. Ikatan hidrogen pada larutan gula diduga terjadi antara pelarut (H_2O), sukrosa, dan dinding kaca viskometer yang berupa silika (gambar 4.9). Larutan bio solar terdiri dari FAME, hidrokarbon C_9-C_{16} , dan minyak tanah (n-dodekana, naftalen, dan alkil benzena). Struktur senyawa penyusun bio solar dan minyak tanah tidak mempunyai atom H yang terikat pada atom yang mempunyai elektronegatifitas tinggi (F, O, atau N) sehingga tidak dapat membentuk ikatan hidrogen.



Gambar 4.9 Ikatan Hidrogen Sukrosa Terhadap Silika dan Air

4.2.2 Presisi

Nilai presisi menunjukkan kecocokan diantara sekelompok hasil – hasil pengukuran. Presisi ditentukan dari persamaan simpangan standard (standar deviasi) dan koefisien variasi (kv). Berdasarkan tabel 4.3 nilai SD menunjukkan simpangan hasil pengukuran waktu alir larutan terhadap rata-rata waktu alir larutan. Nilai kv menunjukkan persentase simpangan pengukuran waktu alir larutan terhadap waktu alir rata-rata larutan. Berdasarkan tabel 4.3, nilai kv secara keseluruhan larutan kurang dari 5 % sehingga tingkat kesalahan pengulangan masih dapat diterima.

Tabel 4.3 Analisis Presisi Data

Jenis Larutan	Viskometer Hasil Disain		Viskometer Ostwald	
	SD	kv(%)	SD	kv(%)
Gula 15 %	0,030	0,255	0,10	0,39
Gula 25 %	0,046	0,269	0,14	0,37
Gula 35 %	0,184	0,657	0,44	0,68
Solar 50 %	0,097	0,461	0,19	0,36
Solar 75 %	0,140	0,471	0,23	0,32
Solar 100 %	0,120	0,279	0,23	0,22

Peningkatan nilai SD menunjukkan penurunan presisi atau ketelitian alat dalam menentukan waktu alir larutan. Nilai SD dari hasil pengukuran waktu alir larutan menggunakan viskometer disain baru nilainya lebih kecil daripada menggunakan viskometer Ostwald. Hal ini menunjukkan bahwa nilai presisi viskometer hasil disain lebih baik daripada viskometer Ostwald. Seperti halnya pada nilai simpangan, penempelan juga mempengaruhi kenaikan nilai SD. Grafik pada lampiran H2 merupakan waktu tambahan pada masing-masing larutan. Masing-masing larutan dilakukan tiga kali ulangan.

4.2.3 Uji t

Uji t yang digunakan adalah uji t rata-rata. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang berarti antara hasil pengukuran viskositas dari viskometer hasil disain terhadap viskometer Ostwald. Hasil uji F menunjukkan bahwa pada larutan gula 15 % dan bio solar 75 % mempunyai perbedaan nilai SD yang berarti sehingga penentuan t-hitung menggunakan persamaan 2.11 dan 2.12, sedangkan larutan lainnya menggunakan persamaan 2.8 – 2.10. Semua larutan uji mempunyai nilai t hitung lebih dari t tabel sehingga dapat dikatakan bahwa hasil pengukuran viskometer hasil disain mempunyai perbedaan yang berarti terhadap hasil pengukuran viskometer Ostwald.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Naiknya nilai simpangan dan menurunnya nilai presisi menunjukkan kurang optimalnya kerja sensor akibat interaksi yang kuat antara larutan dan dinding viskometer.
2. Viskometer hasil disain mempunyai nilai presisi lebih baik dari viskometer Ostwald.
3. Simpangan bernilai kurang dari 5 % pada larutan uji yang bersifat nonpolar dengan viskositas di bawah 5,28 mPa.s sedangkan pada larutan uji yang bersifat polar hanya pada viskositas di bawah 1.44 mPa.s.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh diajukan saran sebagai berikut :

1. Diperlukan adanya penggunaan tabung kaca dengan komposisi yang sesuai untuk mengurangi penempelan larutan pada dinding kaca.
2. Diperlukan adanya penggunaan larutan uji dari senyawa tunggal untuk mengetahui sifatnya secara pasti

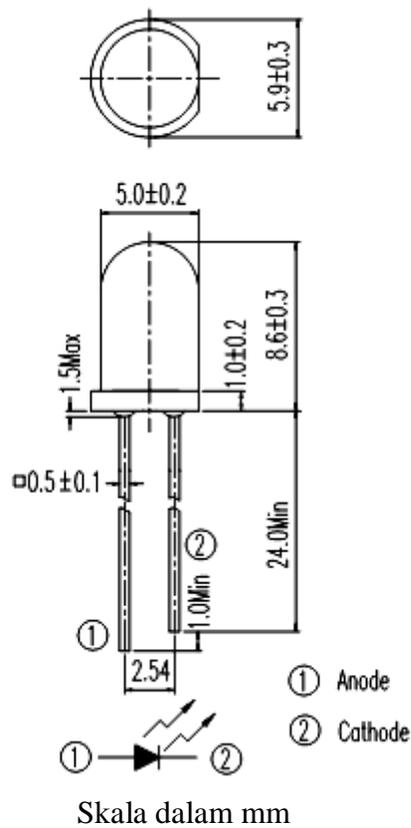
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Bio Solar*. (<http://web.pertaminaretail.com/>)[25 April 2013].
- Barmawi, M dan M.O. Tjia. 1985. *Prinsip – Prinsip Elektronika Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Bird, Tony. 1993. *Kimia Fisik Untuk Universitas*. Jakarta : Penerbit PT Gramedia.
- Bruice, Paula Yurkanis. 2007. *Organic Chemistry Fifth Edition*. United States of America : Pearson Education, Inc.
- Caulcut, R. 1995. *Statistic for Analytical Chemist*. London : Chapman and Hall.
- Day, R. A. dan A.L. Underwood. 1986. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Kelima*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Engel, Thomas dan Philip Reid. 2006. *Physical Chemistry Edisi ketiga*. San Fransisco : Pearson Education, Inc.
- Jeffery, G. H., J. Bassett, J. Mendham, R. C. Denney. 1989. *Textbook of Quantitative Chemical Analysis Fifth Edition*. New York : John Wiley & Sons.
- Lide, David R. 2005. *Handbook of Chemistry and Physics 85TH Edition 2004-2005*. New York : CRC Press.
- Miller, J.C. dan J.N. Miller. 1991. *Statistika Untuk Kimia Analitik Edisi Kedua*. Penerbit ITB Bandung : Bandung.
- National Instruments Corporation. 2003. *LabVIEW User Manual*. Austin : National Instruments Corporation.
- Odian, George. 1933. *Prinsiples of Polymerization*. Kanada : John Wiley & Son.
- Rif'an, Muhammad. 2007. *Aplikasi Simulator Laboratorium Kendali Dengan Dhelphi*. Jakarta : Richardo Publishing and Printing.
- Riyanto, Muh. Zaki. 2004. *Komunikasi Data*. Yogyakarta : Jurusan Matematika FMIPA UGM.

- Salivahanan, S., N. Suresh Kumar, A. Vallavaraj. 2008. *Electronic Devices and Circuit*. New Delwi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Sarin, Amit. 2012. *Biodiesel : Production and Properties*. Cambridge : The Royal Society of Chemistry.
- Shekhawat, D., J.J. Spivey, & D.A. Berry. *Fuel Cells : Technologies For Fuel Processing*. Amsterdam : Elsevier B.V.
- Sukardjo. 1997. *Kimia Fisik*. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Viswanath, dahir S., Tushar K. Gosh, Dasika H.L. Pasad, Nidamarty V.K. Duth, Kalipatnatu Y, Rani. 2007. *Viscosity of Liquid : Theory, Estimation, Experiment, and Data*. Netherlands : Sphringer.
- Wilke, Jurgen, Holger Kryk, Juta Hartmann, dan Dieter Wagner. 1953. *Theory and Praxis of Capillary Viscometry*. USA : National Burreau of Standards.

A.2 Spesifikasi Fotodioda

Tipe	: IR333/H0/L10
Bahan Chip	: GaAlAs
Warna Lensa	: biru transparan
Sensitifitas puncak panjang gelombang	: 940 nm
Suhu operasional	: -40 ~ +85 °C
Tegangan operasional	: 5 V
Dimensi	:



A.3 Spesifikasi ADC (Labjack UE9-Pro)

- Terdapat 14 jalur analog (12-16 bit tergantung kecepatan)
- Range tegangan masukan ± 5 Volt
- Terdapat 2 jalur analog (12 bit, 0-5 Volt)
- Terdapat 23 digital I/O
- Terdapat hingga 2 *Counters* (masing-masing 32 bit)
- Terdapat hingga 6 *Timers* (*Pulse Timing, PWM Output, Quadrature Input*)
- Dukungan SPI, I2C, dan *Asynchronous Serial Protocols*
- Dukungan perangkat keras dan perangkat lunak *Timed Acquisition*
- Maksimum *Input Stream Rate* 50 kHz (tergantung resolusi)
- Respon waktu sekurang-kurangnya 1.5 ms
- *Built-In Screw Terminals* untuk beberapa sinyal
- USB 2.0/1.1 *Interface* kecepatan tinggi
- *Ethernet 10Base-T Interface*
- *Dual-Processor Design* dengan 168 MHz dari *Total Processing Power*

Lampiran B. Penentuan Massa Jenis Larutan

$$\rho = \frac{m_1 - m_0}{v}$$

m_0 = massa piknometer kosong

m_1 = massa piknometer berisi larutan

v = volume piknometer = 9,735 mL

ρ = massa jenis larutan

$$m_l = m_{1rata-rata} - m_{0rata-rata}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} |x_i - \bar{x}|}{n - 1}}$$

$$kv = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100$$

Tabel B.1 Massa Piknometer + Larutan

	m_0	m_1						
		Gula 15%	Gula 25%	Gula 35%	Minyak Tanah	Bio solar 50%	Bio solar 75 %	Bio solar 100 %
m (g)	29,923	40,395	40,885	41,347	37,826	38,008	38,094	38,170
	29,923	40,401	40,860	41,351	37,825	38,003	38,093	38,170
	29,924	40,391	40,883	41,350	37,825	38,006	38,095	38,172
	29,923	40,395	40,867	41,348	37,819	38,005	38,090	38,172
	29,924	40,399	40,877	41,351	37,819	38,003	38,097	38,170
\bar{m}	29,923	40,396	40,874	41,349	37,823	38,005	38,094	38,171
SD	0,004	0,004	0,010	0,002	0,003	0,002	0,003	0,001
kv (%)	0,001	0,010	0,030	0,004	0,009	0,006	0,007	0,003

Tabel B.2 Massa Jenis Larutan

	Gula 15%	Gula 25%	Gula 35%	Minyak Tanah	Bio solar 50%	Bio solar 75 %	Bio solar 100 %
\bar{m}_1 (g)	40,396	40,874	41,349	37,823	38,005	38,094	38,171
m_l (g)	10,473	10,951	11,426	7,899	8,082	8,170	8,247
ρ (g,cm ⁻³)	1,076	1,125	1,174	0,812	0,830	0,839	0,847

Lampiran C. Penentuan Presisi Viskometer Ostwald dan Hasil Disain

Tabel C.1 Waktu Alir Larutan Pada Viskometer Ostwald

N	Akuademin	Gula 15 %	Gula 25 %	Gula 35 %	Minyak tanah	Bio solar 50%	Bio solar 75%	Bio solar 100 %
1	17,51	26,42	38,95	63,69	29,12	52,04	72,17	106,29
2	17,80	26,43	38,99	64,47	29,23	52,10	72,27	106,40
3	17,50	26,51	38,92	64,84	29,35	52,05	71,91	106,28
4	17,48	26,32	38,73	64,21	29,15	51,96	72,17	106,15
5	17,67	26,33	39,06	64,41	29,17	52,19	72,47	106,08
6	17,44	26,41	38,99	64,43	29,29	51,88	71,77	106,59
7	17,64	26,40	38,69	64,38	29,13	51,67	71,94	106,45
8	17,68	26,43	38,87	63,51	29,15	51,80	72,46	106,94
9	17,61	26,56	38,74	63,96	29,17	52,09	72,21	106,51
10	17,76	26,56	39,05	63,98	29,43	52,16	72,09	106,81
11	17,62	26,46	38,82	64,36	29,36	51,94	72,24	106,42
12	17,57	26,49	38,68	64,12	29,35	51,62	72,31	106,33
13	17,68	26,49	39,04	63,62	29,41	51,58	72,53	106,38
14	17,78	26,26	38,67	63,70	29,27	52,04	72,10	106,53
15	17,74	26,35	38,76	64,30	29,18	51,85	71,96	106,53
16	17,73	26,25	38,75	64,53	29,26	51,66	72,63	106,51
17	17,84	26,26	38,98	64,78	29,36	51,82	71,88	106,81
18	17,86	26,35	38,65	64,85	29,32	51,90	72,36	106,89
19	17,74	26,36	38,80	64,94	29,21	51,80	72,30	106,40
20	17,49	26,20	38,99	64,78	29,18	51,68	72,24	106,66
\bar{t}	17,66	26,39	38,86	64,29	29,25	51,89	72,20	106,50
SD	0,13	0,10	0,14	0,44	0,10	0,19	0,23	0,23
kv(%)	0,72	0,39	0,37	0,68	0,34	0,36	0,32	0,22

Tabel C.2 Waktu Alir Larutan pada Viskometer Hasil Disain

N	Akuademin	Gula 15 %	Gula 25 %	Gula 35 %	Minyak tanah	Bio solar 50%	Bio solar 75%	Bio solar 100 %
1	8,323	11,932	17,037	28,003	12,348	21,283	29,378	42,748
2	8,339	11,947	17,046	27,964	12,371	21,242	29,436	42,755
3	8,290	11,964	17,115	28,047	12,385	21,249	29,490	42,841
4	8,305	11,967	17,070	27,872	12,378	21,274	29,512	42,840
5	8,323	12,013	17,050	27,798	12,384	21,314	29,477	42,903
6	8,318	12,016	17,079	27,815	12,361	21,336	29,492	42,951
7	8,307	11,947	17,081	27,851	12,365	21,338	29,539	43,033
8	8,305	11,930	17,087	27,782	12,417	21,346	29,663	43,063
9	8,293	11,946	17,067	27,812	12,401	21,364	29,663	43,135
10	8,297	11,950	17,078	27,771	12,397	21,387	29,673	43,164
11	8,278	11,929	17,050	27,713	12,444	21,390	29,698	43,034
12	8,306	11,959	17,042	27,965	12,446	21,429	29,734	42,964
13	8,313	11,950	17,064	27,744	12,444	21,439	29,694	42,903
14	8,292	11,926	17,088	27,767	12,453	21,440	29,789	42,900
15	8,285	11,926	17,071	27,849	12,459	21,439	29,735	43,017
16	8,291	11,932	17,092	27,907	12,449	21,455	29,781	42,943
17	8,283	11,891	17,087	28,124	12,445	21,464	29,794	43,003
18	8,278	11,950	17,071	28,210	12,455	21,506	29,778	43,029
19	8,262	11,976	17,192	28,274	12,447	21,548	29,806	43,080
20	8,259	11,995	17,220	28,340	12,457	21,608	29,795	43,138
\bar{t}	8,297	11,952	17,084	27,930	12,415	21,393	29,646	42,972
SD	0,020	0,030	0,046	0,184	0,038	0,099	0,140	0,120
kv(%)	0,247	0,255	0,269	0,658	0,310	0,461	0,471	0,279

Lampiran D. Hasil Penentuan Viskositas Larutan

Tabel D.1 Penentuan Viskositas Minyak Tanah di Politeknik Negeri Jember

N	Viskositas (mm ² /s)
1	1,71
2	1,69
3	1,72
4	1,71
5	1,72
6	1,70
Rata-rata	1,71
SD	0,01
KV (%)	0,61

$$\begin{aligned}
 \eta &= v \times \rho \\
 &= 1,71 \text{ mm}^2/\text{s} \times 0,812 \text{ g}/\text{cm}^3 \\
 &= 1,39 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \times 10^6 \text{ g}/\text{m}^3 \\
 &= 1,39 \text{ g}/\text{m.s} \\
 &= 1,39 \text{ mPa.s}
 \end{aligned}$$

Tabel D.2 Nilai Viskositas Larutan Dari Viskometer Hasil Disain

N	Gula	Gula	Gula	Bio solar	Bio solar	Bio solar
	15 %	25 %	35 %	50%	75%	100 %
1	1,38	2,06	3,54	2,43	3,40	4,99
2	1,38	2,06	3,53	2,43	3,41	4,99
3	1,39	2,07	3,54	2,43	3,41	5,00
4	1,39	2,07	3,52	2,43	3,41	5,00
5	1,39	2,06	3,51	2,44	3,41	5,01
6	1,39	2,07	3,51	2,44	3,41	5,02
7	1,38	2,07	3,52	2,44	3,42	5,03
8	1,38	2,07	3,51	2,44	3,43	5,03
9	1,38	2,07	3,51	2,44	3,43	5,04
10	1,38	2,07	3,51	2,45	3,43	5,04
11	1,38	2,06	3,50	2,45	3,44	5,03
12	1,38	2,06	3,53	2,45	3,44	5,02
13	1,38	2,07	3,50	2,45	3,44	5,01
14	1,38	2,07	3,51	2,45	3,45	5,01
15	1,38	2,07	3,52	2,45	3,44	5,02
16	1,38	2,07	3,53	2,45	3,45	5,02
17	1,38	2,07	3,55	2,46	3,45	5,02
18	1,38	2,07	3,56	2,46	3,44	5,03
19	1,39	2,08	3,57	2,47	3,45	5,03
20	1,39	2,08	3,58	2,47	3,45	5,04
$\bar{\eta}$	1,38	2,07	3,53	2,45	3,43	5,02
SD	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01

Tabel D.3 Nilai Viskositas Larutan Dari Viskometer Ostwald

N	Gula	Gula	Gula	Bio solar	Bio solar	Bio solar
	15 %	25 %	35 %	50%	75%	100 %
1	1,44	2,22	3,78	2,53	3,54	5,27
2	1,44	2,22	3,83	2,53	3,55	5,27
3	1,44	2,21	3,85	2,53	3,53	5,27
4	1,43	2,20	3,81	2,52	3,54	5,26
5	1,43	2,22	3,82	2,53	3,56	5,26
6	1,44	2,22	3,82	2,52	3,52	5,28
7	1,44	2,20	3,82	2,51	3,53	5,28
8	1,44	2,21	3,77	2,52	3,56	5,30
9	1,44	2,20	3,80	2,53	3,55	5,28
10	1,44	2,22	3,80	2,53	3,54	5,29
11	1,44	2,21	3,82	2,52	3,55	5,27
12	1,44	2,20	3,81	2,51	3,55	5,27
13	1,44	2,22	3,78	2,51	3,56	5,27
14	1,43	2,20	3,78	2,53	3,54	5,28
15	1,43	2,20	3,82	2,52	3,53	5,28
16	1,43	2,20	3,83	2,51	3,57	5,28
17	1,43	2,22	3,84	2,52	3,53	5,29
18	1,43	2,20	3,85	2,52	3,55	5,30
19	1,43	2,21	3,85	2,52	3,55	5,27
20	1,43	2,22	3,84	2,51	3,55	5,29
$\bar{\eta}$	1,44	2,21	3,82	2,52	3,54	5,28
SD	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01

Lampiran E. Penentuan Simpangan Viskositas

$$\text{Simpangan} = \frac{|\eta \text{ hasil desain} - \eta \text{ Ostwald}|}{\eta \text{ Ostwald}} \times 100 \%$$

Tabel E.1 Analisis Simpangan Viskositas

Jenis Larutan	Viskositas rata-rata (mPa.s)		Simpangan (%)
	Ostwald	Hasil desain	
Gula 15 %	1,44	1,38	4.17
Gula 25 %	2,21	2,07	6.33
Gula 35 %	3,82	3,53	7.59
Bio solar 50 %	2,52	2,45	2.78
Bio solar 75 %	3,54	3,43	3.11
Bio solar 100 %	5,28	5,02	4.92

Lampiran F. Tabel Uji-t

Tabel F.1 Analisis Uji F

	Viskometer	Gula 15 %	Gula 25%	Gula 35%	Bio solar 50%	Bio solar 75%	Bio solar 100%
SD	Disain	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
	Ostwald	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
F hitung	s_1^2/s_2^2	∞	1,00	2,25	1,00	4,00	1,00
F tabel = 2,531 (N=20)	Keputusan	Berbeda	Sama	Sama	Sama	Berbeda	Sama

Tabel F.2 Analisis Uji t ($s_1 \neq s_2$)

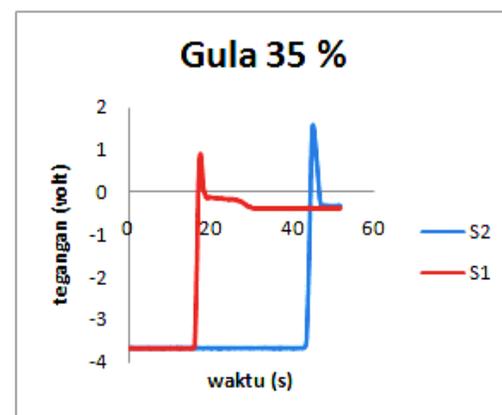
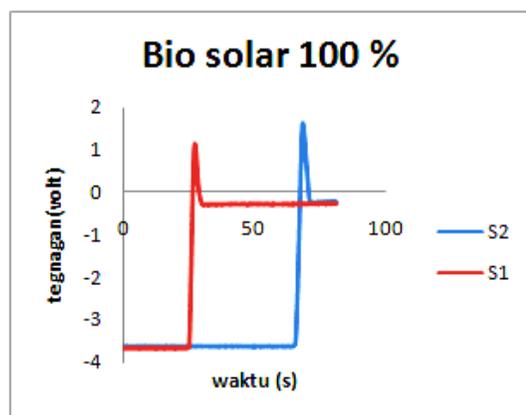
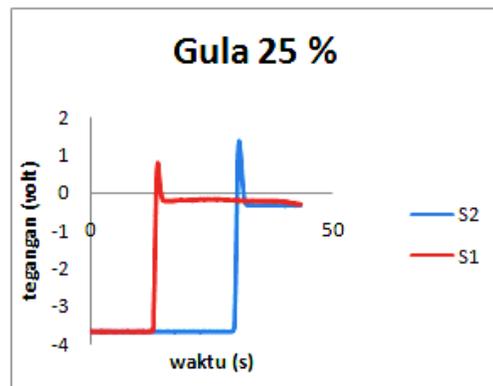
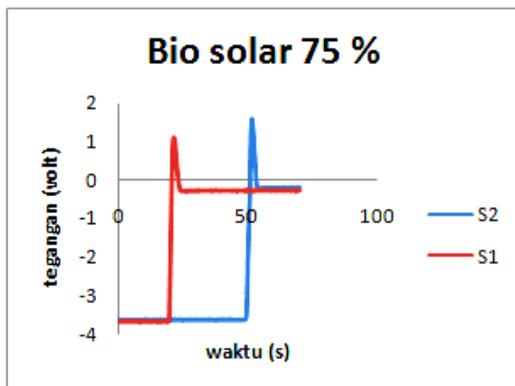
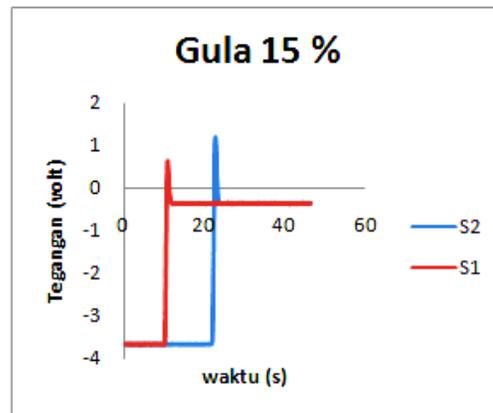
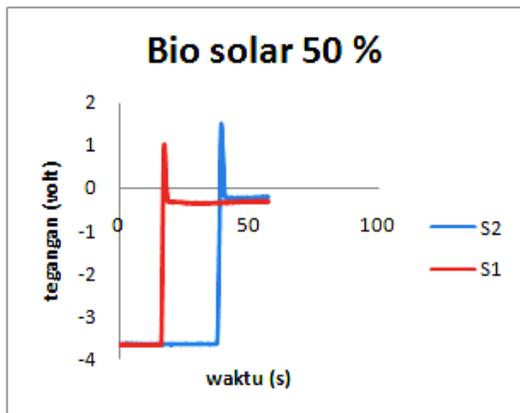
Persamaan	Nilai	
	Gula 15 %	Bio solar 75 %
$\bar{\eta}_{\text{Ostwald}} = \bar{x}_1$	1,44	3,54
$\bar{\eta}_{\text{disain}} = \bar{x}_2$	1,38	3,43
$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$	$6,00 \times 10^{-02}$	$1,10 \times 10^{-1}$
s_1^2/n_1	$5,00 \times 10^{-06}$	$5,00 \times 10^{-6}$
s_2^2/n_2	0,00	$2,00 \times 10^{-5}$
$s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2$	$5,00 \times 10^{-06}$	$2,50 \times 10^{-5}$
$\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}$	$2,24 \times 10^{-03}$	$5,00 \times 10^{-3}$
$t_{\text{hitung}} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}}$	27	22

Lanjutan

Persamaan	Nilai	
	Gula 15 %	Bio solar 75 %
$(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2$	$2,50 \times 10^{-11}$	$6,25 \times 10$
$(s_1^2/n_1)^2$	$2,50 \times 10^{-11}$	$2,50 \times 10^{-11}$
$(s_2^2/n_2)^2$	0,00	$4,00 \times 10^{-10}$
$\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 + 1}$	$1,19 \times 10^{-12}$	$1,19 \times 10^{-12}$
$\frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 + 1}$	0,00	$1,90 \times 10^{-11}$
$(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2$	$1,19 \times 10^{-12}$	$2,02 \times 10^{-11}$
$v = \left\{ \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{\frac{(s_1^2/n_1)^2}{n_1 + 1} + \frac{(s_2^2/n_2)^2}{n_2 + 1}} \right\} - 2$	19	29
t tabel	2,095	2,045
Keputusan	$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$

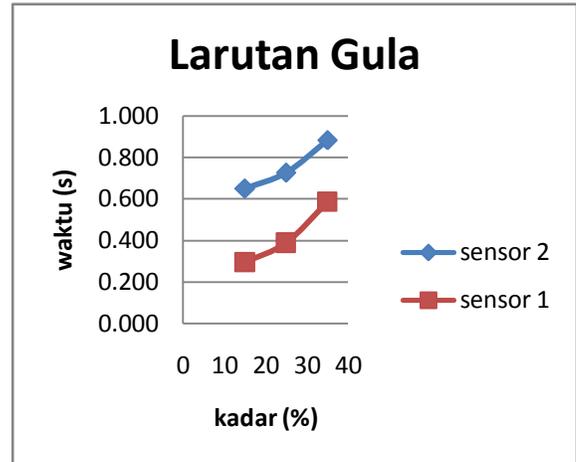
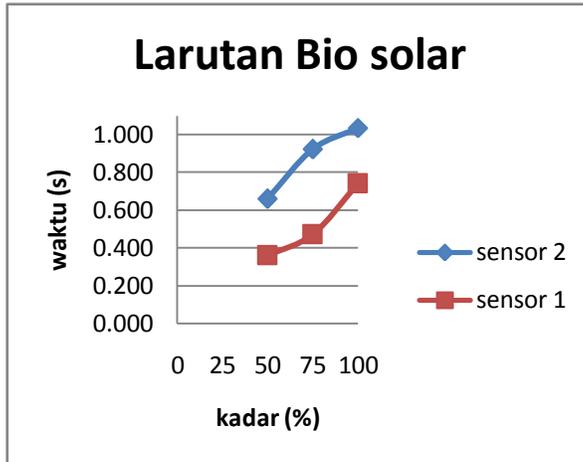
Tabel F.3 Analisis Uji t ($s_1 = s_2$)

Persamaan	Nilai			
	Gula25 %	Gula 35%	Bio solar 50 %	Bio solar 100 %
$\bar{\eta}_{\text{Ostwald}} = \bar{x}_1$	2,21	3,82	2,52	5,28
$\bar{\eta}_{\text{disain}} = \bar{x}_2$	2,07	3,53	2,45	5,02
$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$	$1,40 \times 10^{-1}$	$2,90 \times 10^{-1}$	0,07	0,26
$\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$	$3,16 \times 10^{-1}$	$3,16 \times 10^{-1}$	$3,16 \times 10^{-1}$	$3,16 \times 10^{-1}$
$(n_1 - 1)s_1^2$	$1,90 \times 10^{-3}$	$1,71 \times 10^{-2}$	$1,90 \times 10^{-3}$	$1,90 \times 10^{-3}$
$(n_2 - 1)s_2^2$	$1,90 \times 10^{-3}$	$7,60 \times 10^{-3}$	$1,90 \times 10^{-3}$	$1,90 \times 10^{-3}$
$(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2$	$3,80 \times 10^{-3}$	$2,47 \times 10^{-2}$	$3,80 \times 10^{-3}$	$3,80 \times 10^{-3}$
$(n_1 + n_2 - 2)$	$3,80 \times 10$	$3,80 \times 10$	$3,80 \times 10$	$3,80 \times 10$
$s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}$	$1,00 \times 10^{-2}$	$2,55 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-2}$	$1,00 \times 10^{-2}$
$t_{\text{hitung}} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{s \times \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$	$4,43 \times 10$	$3,60 \times 10$	$2,21 \times 10$	$8,22 \times 10$
t tabel	2,028			
Keputusan	$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$

Lampiran G. Grafik Tegangan Terhadap Waktu Beberapa Larutan

Lampiran H. Grafik Pengaruh interaksi Larutan Terhadap Simpangan dan Presisi

H.1 Grafik Pengaruh Penempelan Larutan Terhadap Simpangan



H.2 Grafik Pengaruh Penempelan Larutan Terhadap Presisi

