

LAPORAN AKHIR TAHUN I
PENELITIAN HIBAH BERSAING



**Pengembangan *Optical Brixmeter* Terkomputerisasi
Untuk Aplikasi Penentuan Rendemen Tebu Siap Tebang**

TIM PENGUSUL

Ketua: Ir. Misto, M.Si, NIDN 0021115905
Anggota : Tri Mulyono, S.Si, NIDN 0002106809

UNIVERSITAS JEMBER

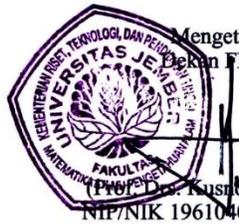
November 2015

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengembangan Optical Brixmeter Terkomputerisasi Untuk Aplikasi Penentuan Rendemen Tebu Siap Tebang

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : MISTO
Perguruan Tinggi : Universitas Jember
NIDN : 0021115905
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Fisika
Nomor HP : 085785622331
Alamat surel (e-mail) : misto.fmipa@unej.ac.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : TRI MULYONO S.Si.,MSi.
NIDN : 0002106809
Perguruan Tinggi : Universitas Jember
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 66.500.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 209.000.000,00

 Mengetahui,
Ketua FMIPA

(Prof. Dr. Kusno, DEA, Ph.D)
NIP/NIK 196104081986021001

Jember, 3 - 8 - 2015
Ketua,

(MISTO)
NIP/NIK 195911211991031002

Daftar Isi

	Halaman
Halaman Pengesahan	i
DAFTAR ISI	ii
Ringkasan	iii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Urgensi Penelitian.....	2
Bab 2 Tinjauan Pustaka	3
2.1 Produksi Gula dan Brixmeter.....	3
2.2 Peta Jalan Penelitian.....	5
Bab 3 Metode Penelitian	7
3.1 Diagram Penelitian.....	7
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	12
4.1 Desain Instrumentasi dan Rangkaian Sensor.....	12
4.2 Perancangan ADC dan Multiplekser dengan modul Arduino.....	14
4.3 Software Labview.....	17
4.4 Pembahasan.....	20
Kesimpulan.....	22
LAMPIRAN (Foto Kegiatan)	24

Ringkasan

Riset terapan dengan hasil penelitian berupa instrumen *Optical Brixmeter (OB)* terkomputerisasi yang dibangun dari perpaduan metode optik, elektronika dan teknologi informasi/komputer digunakan mengukur rendemen tebu di lahan untuk menentukan waktu siap tebang. Kekurang ketelitian ukur rendemen tebu waktu tebang oleh brixmeter digital disebabkan oleh metode pengambilan dan pengolahan data sampel yang sangat terbatas dan secara manual. Dengan menggunakan *OB* terkomputerisasi hasil pengukuran akan tersimpan secara otomatis, jumlah sampel bisa lebih banyak, pengolahan data dilakukan oleh komputer dan hasil akhir pengukuran dapat diperoleh dengan cepat dan lebih akurat. Riset ini akan berlangsung selama 3 tahun dengan tahapan sebagai berikut; Pada **tahun I**, telah dilakukan pembuatan sistem sensor, penguat dan multiplekser dengan tahapan sebagai berikut, (a) mendesain *instrumentasi dan rangkaian sensor*, menggunakan *sensor optik* pasangan *laser dioda* dan *pin fotodioda* dengan transmisi *serat optik*, (b) membuat *pengolah sinyal*; logaritmik amplifier untuk melinierkan hasil, (c) merancang *sistem multiplekser*; untuk penerimaan sinyal jamak. Pada **tahun II**, akan dilakukan pembuatan wadah yang terintegrasi dengan sistem instrumentasi komputer dengan tahapan sebagai berikut. (a) *pembuatan kontainer* (wadah fluida) tebu dengan *integrasi sensor* yang dibuat sebelumnya, (b) pembuatan rangkaian *penguat dengan tiga masukan* dari keluaran sensor, (c) pembuatan *sistem multiplekser dan ADC*, (d) pembuatan rangkaian *terintegrasi dengan komputer*, dan (e) pembuatan sistem keseluruhan pengukuran. Pada **tahun III**, akan dilakukan pengukuran, pengujian, kalibrasi, dan pengemasan dengan tahapan sebagai berikut, (a) *integrasi sistem pengolahan data*, (b) *pengolahan data dan kalibrasi*, (c) pengemasan sistem brixmeter. Dengan selesainya tahapan-tahapan penelitian ini maka secara keseluruhan bidang ini merupakan riset yang *advanced* dengan memanfaatkan perangkat optik, instrumentasi, dan teknologi komputer. Dengan inovasi *optical brixmeter* terkomputerisasi ini, maka kadar gula (rendemen) pohon tebu dapat diukur saat tebu belum ditebang dan dapat digunakan untuk menentukan waktu siap tebang berdasarkan tingkat kemasakan tebu yang optimum yaitu keadaan saat rendemen tebu maksimum. Penentuan rendemen tebu di sawah dengan alat ini dapat dilakukan dengan baik karena pengukuran dengan menggunakan optik sifatnya sangat presisi, terintegrasi dengan komputer memungkinkan pengolahan data presisi dan cepat menggunakan program komputer (dalam riset ini akan digunakan software *LabView*). Dengan mendapatkan data-data rendemen, maka hasil-hasilnya dapat dipergunakan untuk menentukan saat tebang tebu dan rencana antri siap giling di pabrik gula (PG) dan selanjutnya dapat digunakan untuk keperluan yang bermanfaat. Riset ini memerlukan kerjasama antar bidang ilmu kimia, fisika elektronika dan fisika komputasi.

Bab 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Produksi gula nasional Indonesia mengalami penurunan sangat tajam dalam tiga dasawarsa terakhir. Penurunan ini menjadikan Indonesia, yang pernah menjadi produsen gula sekaligus eksportir gula, berubah menjadi 1ystem1e gula terbesar. Rata-rata impor setiap tahun mencapai 1,5 juta ton, atau setara dengan Rp 1 triliun (Sugiarto, 2002).

Penurunan produktivitas gula Indonesia tersebut tidak saja karena semakin berkurangnya sawah beririgasi teknis, tetapi juga karena diabaikannya potensi ekonomi tebu saat ditebang. Saat yang baik adalah saat tebu memasuki fase masak, yang apabila dipanen akan diperoleh rendemen yang tinggi. Keadaan kemasakan tebu meliputi masak akhir, masak tengah, dan masak awal. Perbandingan tebu yang siap giling pada umumnya di setiap pabrik gula (PG), meliputi 20% masak akhir, 40% masak tengah dan 40% masak awal atau (20:40:40). Padahal hasil maksimum rendemen jika 40:40:20 dari kemasakan tersebut (Sugiarto, 2002). Penentuan kemasakan tebu di sawah sulit dilakukan karena alat yang ada hanya 1yst digunakan untuk mengukur rendemen tebu yang sudah ditebang.

Alat ukur kadar gula (rendemen) pada larutan dengan menggunakan sinar laser berbasis polarisasi (refraktometer) (Frederiksen, 2008), berbasis *surface plasmon resonance* (SPR) (Mahmood, 2007), dan fiber optic (Banerjee, 2007) sudah dibuat. IR-Visible (IR-Vis: IR-cahaya tampak) mampu untuk mengamati perubahan kecil yang terjadi pada sampel. Demikian juga system1er111ry IR-Vis ini dapat didesain sebagai non-invasive testing sehingga cocok sekali untuk mengamati perubahan rendemen di atas. Untuk itu menggabungkan system1er111ry biasa dan *OTDR*, dan selanjutnya dikontrol dengan computer (menjadi 1ystem *Optical Brixmeter*, *OB*) akan merupakan integrasi yang sangat baik untuk menanggulangi kendala-kendala pengukuran rendemen. Lebih jauh lagi *OB* dapat digunakan sebagai media demonstrasi pembelajaran aplikasi laser yang sangat baik.

Prospek baik dari pengembangan *OB* tentu saja didasarkan kegunaannya yang penting pada pengamatan rendemen tebu untuk menentukan tebu siap tebang dengan cepat dan juga prospek ekonominya untuk fabrikasi masal. Namun demikian penelitian mengenai rancang bangun *OB* di Indonesia sejauh pengamatan pengusul belum ada atau barangkali ada namun tidak dipublikasikan, sehingga penelitian yang intens di bidang ini

dari sekarang, diharapkan di masa datang akan mampu mengurangi ketergantungan nasional pada teknologi modern dari luar.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mendisain dan mengembangkan sebuah system yang mengintegrasikan system optic, elektronik, dan teknologi informasi/komputer yang dapat digunakan untuk mengukur rendemen saat tebu masih berdiri di sawah untuk perencanaan tebang. Desain system ini terdiri dari disain system fiber optic, *OB* dan pengintegrasian dengan komputer.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan sistem pengukur rendemen berbasis optik, elektronik dan teknologi informasi untuk aplikasi pengukuran rendemen tebu.

1.4 Urgensi Penelitian

Penelitian *Optical Brixmeter* mempunyai benefit yang sangat baik karena dapat digunakan untuk mempelajari tingkat optimum rendemen tebu pada saat tebu masih berdiri di sawah, menentukan tingkat kemasakan untuk siap tebang. Sampel pengukuran bisa diperbanyak karena menggunakan multiplekser, hasil pengukuran (data) lebih banyak jika dibanding menggunakan brixmeter digital yang selama ini digunakan oleh pabrikan tebu. Dalam industry gula penentuan rendemen tebu siap tebang misalnya, pengetahuan tentang rendemen tebu sangat penting, nantinya dapat digunakan sebagai penengah isu perbedaan rendemen antara petani tebu dengan pabrik gula. Penelitian *OB* ini meskipun mempunyai aplikasi yang sangat penting namun di Indonesia belum banyak dilakukan, sehingga penelitian dibidang ini layak dan urgen untuk dilakukan. Kedepan setelah penelitian ini selesai dilakukan akan ditingkatkan rekayasa *MOB (multiple OB)* yang menggunakan *multi-trees* lebih banyak pohon untuk pengukuran banyak sampel pohon tebu, dengan pendanaan lain yang dimungkinkan.

Bab 2. STUDI PUSTAKA

2.1 Produksi Gula dan Brixmeter

Seiring dengan ketersediaan pabrik gula dan lahan perkebunan gula di Indonesia yang semakin menipis sedangkan kebutuhan akan gula semakin hari semakin meningkat, termasuk juga kemauan masyarakat untuk menanam tebu yang berkurang karena perselisihan antara petani tebu dengan pabrikan akibat ketidakcocokan masalah penetapan rendemen tebu. Petani tebu merasa dirugikan. Ketiadaan alat ukur rendemen menjadi biang keladi perselisihan. Hal ini mendorong peneliti untuk mencari sistem pengukuran rendemen sebagai sistem instrumen, salah satunya adalah brixmeter. Brixmeter memiliki kelebihan system dengan refraktometer, diantaranya memiliki kemampuan ukur tanpa menggunakan analisa bahan kimia sehingga lebih murah dan lebih ramah lingkungan karena tidak ada limbah yang dibuang dalam proses pengukurannya (Indartono, 2005). Selain itu brixmeter dapat diproduksi dan dipasarkan ke Indonesia sebagai peralatan pengukur rendemen tebu. Satuan pengukuran yang digunakan dalam alat brixmeter adalah derajat brix ($^{\circ}$ Bx).

Derajat Brix (system $^{\circ}$ Bx) adalah kadar gula dari larutan berair. Satu derajat Brix adalah 1 gram sukrosa dalam 100 gram larutan dan mewakili kekuatan solusi sebagai persentase berat (% b / b). Jika solusi mengandung padatan terlarut selain sukrosa murni , maka $^{\circ}$ Bx hanya mendekati kadar padatan terlarut. Satuan $^{\circ}$ Bx secara tradisional digunakan untuk penentuan gula dalam anggur, gula, jus buah, dan sistem madu.

Brix digunakan dalam system makanan untuk mengukur perkiraan jumlah gula (dalam buah-buahan, sayuran, jus, anggur, minuman ringan, dan dalam system manufaktur pati dan gula. Negara yang berbeda menggunakan timbangan dalam system yang berbeda ; dalam pembuatan bir Inggris diukur dengan berat jenis X 1000, bir Eropa menggunakan Plato derajat, dan system AS menggunakan campuran berat jenis, Brix, derajat Baume dan Plato derajat. Untuk jus buah, 1,0 derajat Brix dilambangkan sebagai 1,0 % gula berat. Hal ini biasanya berkorelasi baik dengan manis dirasakan .

Brixmeter system dibagi menjadi dua kategori. Pada bagian pertama adalah system berbasis Abbe di mana setetes larutan sampel ditempatkan pada sebuah prisma ; hasilnya diamati melalui lensa mata. Sudut kritis (sudut luar yang benar-benar cahaya

dipantulkan kembali ke sampel) adalah fungsi dari indeks bias dan operator mendeteksi sudut kritis ini dengan mencatat di mana batas gelap–terang jatuh pada skala terarsir. Skala dapat dikalibrasi di Brix atau indeks bias. Seringkali prisma segitiga berisi sistem yang dapat digunakan untuk memperbaiki sampai 20 °C dalam situasi di mana pengukuran tidak dapat dibuat tepat pada suhu tersebut. Instrumen ini tersedia dalam bangku dan tanpa lengan.

Refraktometers digital juga menemukan sudut kritis, tapi jalan cahaya sepenuhnya berada internal untuk prisma. Setetes sampel ditempatkan pada permukaan (di tengah lingkaran) sehingga berkas cahaya kritis tidak pernah menembus sampel. Hal ini membuat lebih mudah untuk membaca sampel keruh. Lampu/ batas gelap, yang posisinya sebanding dengan sudut kritis, dirasakan oleh array CCD. Meter ini juga tersedia di atas bangku (laboratorium) dan portable (saku) versi. Ini adalah yang paling mudah untuk menggunakan semua metode untuk memperkirakan Brix dan dapat digunakan pada lokasi dengan pelatihan yang minimal. Setetes air suling ditempatkan pada prisma dan tombol kalibrasi ditekan. Air suling kini digantikan oleh setetes jus dari buah yang diukur. Tombol membaca ditekan dan layar menunjukkan °Bx langsung. Kemampuan untuk dengan mudah mengukur Brix di lapangan memungkinkan untuk menentukan waktu panen yang ideal buah dan sayuran sehingga produk tiba di konsumen dalam keadaan sempurna atau ideal untuk langkah-langkah proses selanjutnya seperti pemurnian.

Karena akurasi tinggi dan kemampuan untuk pasangan dengan teknik pengukuran lainnya (% CO₂ dan % system), sebagian besar perusahaan minuman ringan dan bir menggunakan berosilasi U–tabung kepadatan meter. Refraktometer masih umum digunakan untuk jus buah.

Brixmeter digital adalah sistem alat yang menggunakan pengukuran indeks bias untuk menentukan Brix % gula dalam larutan air. Metode ini sederhana dan cepat. Sampel diukur setelah kalibrasi pengguna yang sederhana dengan air deionisasi atau suling. Dalam hitungan detik sistem mengukur indeks bias sampel dan mengkonversi ke konsentrasi satuan % Brix. Refraktometer digital ini menghilangkan ketidakpastian terkait dengan refraktometer mekanik dan sistem yang mudah untuk pengukuran di lapangan

2.2 Peta Jalan Penelitian

Selain presisi, brixmeter digital yang beredar di Indonesia diupayakan menggunakan teknologi pendukung yang seefisien mungkin agar performanya yang dihasilkan memiliki tingkat kompetitif yang tinggi (Indartono, 2005). Sejalan dengan Rencana Induk Penelitian (draft) Universitas Jember, pengembangan energy baru dan terbarukan pada issue pemanfaatan limbah gula dengan sistem pengembangan teknologi pendukung pemanfaatan limbah gula mendapatkan prioritas. Untuk mendukung program tersebut khususnya dengan teknologi pendukung pembuatan instrumentasi rendemen gula, peneliti mempelajari kelemahan teknologi pada brixmeter digital sebagai alat ukur pada saat digunakan. Hampir semua brixmeter digital di Jawa Timur, masih menggunakan tipe manual atau konvensional (Sarjoko, 1991). Salah satu kelemahan dari tipe ini adalah kurang optimalnya dalam bekerja karena selalu diikuti dengan pencatatan manual rendemen tidak praktis dan pengolahan datanya melalui pemindahan data ke komputer. Brixmeter dengan tambahan peralatan elektronik dapat bekerja dengan komputer untuk pengukuran rendemen dan dapat mengolahnya dalam bentuk grafik atau tabel dengan demikian akan menghasilkan performa pengukuran yang maksimum.

Pada penelitian ini, peneliti mengangkat tema brixmeter yang terkomputerisasi yang akan menghasilkan performa pengukuran rendemen selalu bekerja pada keadaan optimum. Brixmeter yang akan dihasilkan dihubungkan dengan komputer untuk penyimpanan dan pengolahan data. Peneliti menggunakan instrumentasi elektronika untuk mengukur besaran parameter produk rendemen menggunakan sensor yang sesuai (optik), kemudian dengan menggunakan program computer untuk mengolahnya dan menampilkan data pengukuran.

Peneliti mempunyai latar belakang penelitian berbasis instrumentasi elektronika dan teknologi informasi. Beberapa hibah yang diperolehnya sebelumnya antara lain ;I. hibah **Insentif Ristek tahun 2008** tentang Sistem monitoring suhu, level cairan infuse, dan aliran tetes infuse untuk pasien di rumah sakit untuk sejumlah 20 pasien. Dana yang dihibahkan sebesar Rp.200.000,000,-. Dari evaluasi keluaran teknologi yang dihasilkan akhir tahun 2008 kemudian dilanjutkan dengan penelitian serupa tahun ke II dengan penambahan alat ukur kelistrikan jantung (EKG) pada **hibah Ristek tahun 2009** dengan dana Rp.250,000,000,-. Pada 2010 dilanjutkan dengan **hibah penyusunan Paten** dengan

dana dari Ristek sebesar Rp.10,000,000,-. **Pengurusan Paten** melalui Ristek untuk judul penelitian di atas telah dilakukan dan dikirim ke Ristek. Artikel yang telah dihasilkan dari penelitian ini berjudul Sistem Pengukur Suhu Simultan untuk Aplikasi Pemantauan Suhu Tubuh Pasien di Rumah Sakit di Jurnal Flux terbitan Vol 7 No.1. 2010.

Hibah berikutnya adalah Hibah Penelitian berjudul Desain Dan Pengembangan CAR (Computerized Advanced-Reactometer):Integrasi Metode Spektroskopi Optik dan SFT (Stopped Flow Technique) Untuk Aplikasi Pengukuran Laju Reaksi Kimia tahun 2009 dan tahun 2010.

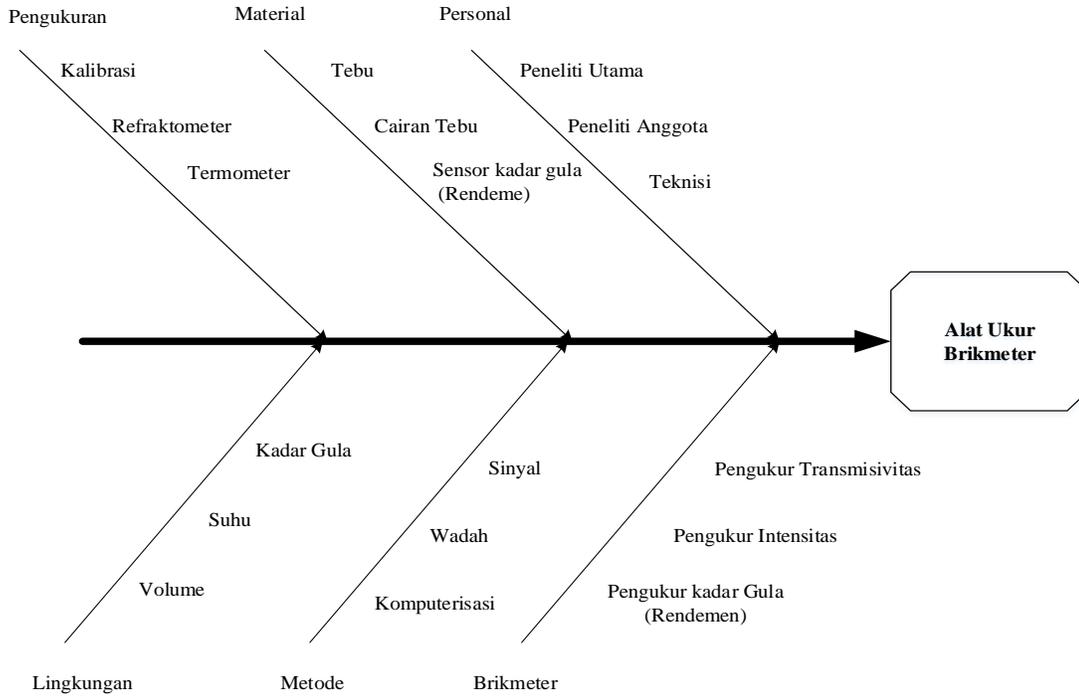
Penelitian dengan topik berbasis instrumentasi dan teknologi informasi yang akan dilakukan secara mandiri maupun bersama mahasiswa dalam bentuk tugas akhir (skripsi). Luaran yang telah didapatkan adalah teknologi (sistem) dan artikel pada jurnal baik yang terakreditasi maupun tak terakreditasi.

Bab 3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Penelitian

Untuk melaksanakan penelitian dengan baik, maka tahapan-tahapan penelitian perlu dirancang secara sistematis dalam diagram alir *fishbone* seperti pada gambar 2.1.

Gambaran Penelitian Secara Keseluruhan

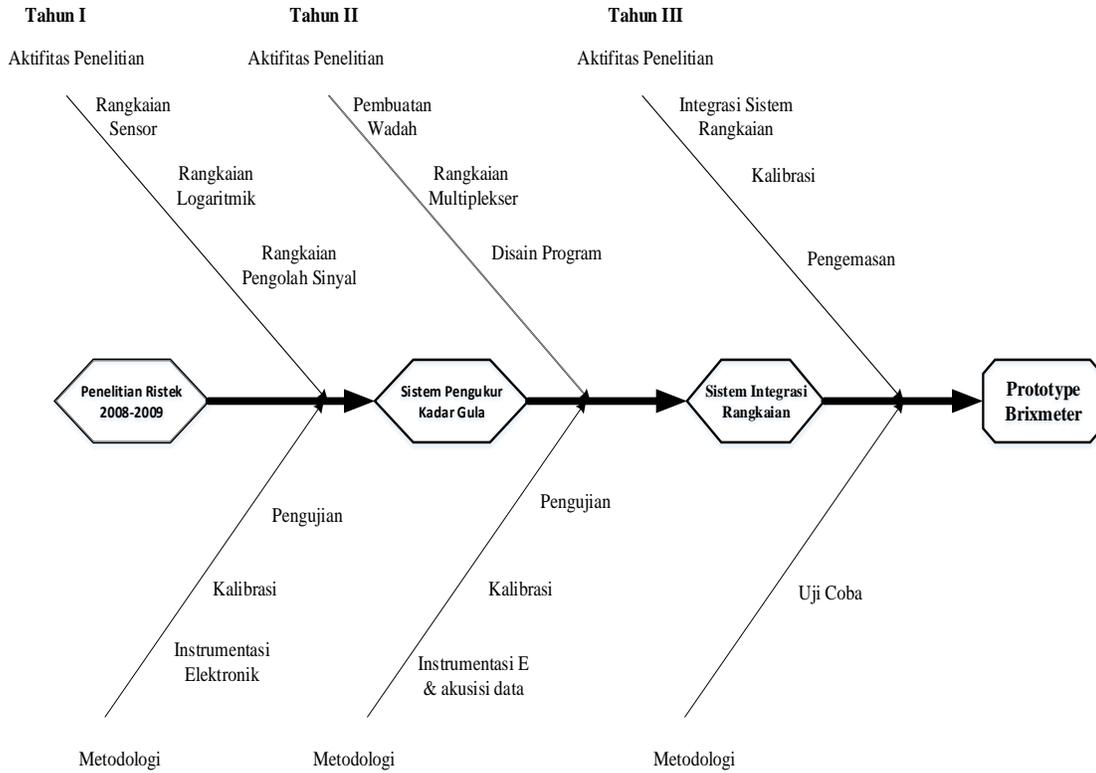


Gambar 2.1 Fishbone Penelitian Secara Keseluruhan

Gambaran sistem pengukuran, material, personal, lingkungan, metode dan brixmeter yang akan dibentuk tercermin dalam *fishbone* di atas. Demikian juga bagian dari sub sistem masing-masing merupakan bagian untuk membentuk brixmeter.

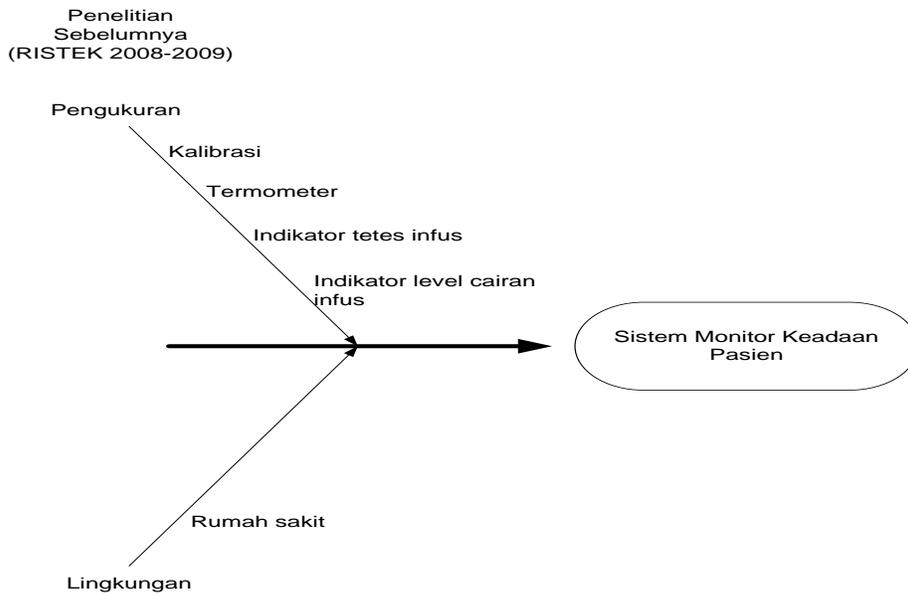
Sedangkan tahapan-tahapan penelitian aktifitas yang akan dilakukan dalam penelitian seperti pada gambar 2.2 berikut

Tahapan-Tahapan Aktifitas Penelitian Selama 3 tahun



Gambar 2.2 Fishbone Tahapan penelitian

Sebagai awal pengalaman penelitian yang pernah peneliti dapatkan yaitu Insentif Ristek tahun 2008 dan tahun 2009 dengan fishbone sebagai berikut gambar 2.3 berikut Penelitian Sebelum Hibah RISTEK 2008-2009



Gambar 2.3 Fishbone penelitian sebelumnya

Penjelasan Diagram:

Tahun I Penelitian (Pembuatan Brixmeter terkomputersisasi):

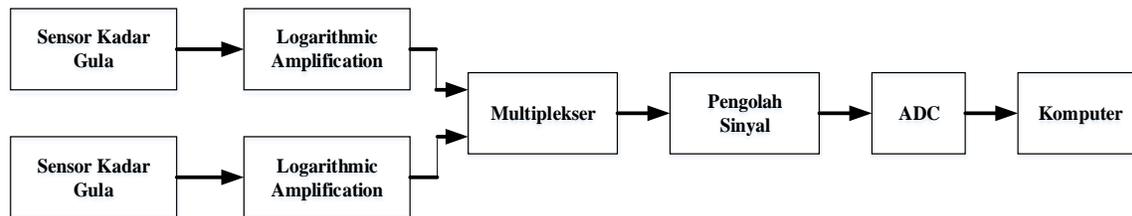
1. Desain Instrumentasi dan Rangkaian Sensor

Membuat rancangan rangkaian sensor untuk kadar gula baik berupa rancangan rangkaian elektronika digital menggunakan microcontroller maupun rancangan global instrumentasi brixmeter.

Indikator : Desain rangkaian elektronika berbasis MicroC dan instrumentasi

2. Desain Sistem Pengolah Sinyal

Merancang dan membuat sistem pengolah sinyal dari sensor, berupa amplifier dilakukan dengan memasang masing-masing sistem sensor tersebut dalam container fluida cairan tebu. Pengolahan hasil pengukuran di atas dilakukan melalui perbandingan informasi dari sensor terhadap nilai referensi (kalibrasi). Secara skematik dapat dilihat seperti gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Skema brixmeter yang akan dibuat

3. Merancang Sistem Multiplekser

Pada tahapan ini dirancang sistem multiplekser untuk menambah jumlah pengukuran sampel cairan tebu untuk pengukuran secara simultan. Untuk itu perlu dilengkapi dengan multiplekser yang dikendalikan lewat komputer, atau juga dengan menanamkan perintah operasi otomatis dalam *MicroC* (microcontroller).

Indikator : Rancangan sistem multiplekser

Laporan Tahun I dan Publikasi

=====

Tahun II Penelitian: Integrasi Rangkaian Sensor pada Multiplexer dan komputer:

1. Studi Pustaka

2. Pembuatan Kontainer (wadah fluida)

Ini adalah kontainer untuk sampel yang akan dikesan oleh wadah sampel pengukuran dengan sensor optik terpasang dan amplifier pengolah sinyal yang berhasil dibuat pada tahun I. Sampel parameter adalah hasil rendemen.

Luaran : Sampel

Indikator : Alat berhasil dibuat

3. Pembuatan rangkaian penguat dengan tiga masukan dari keluaran sensor:

Pembuatan rangkaian penguat menggunakan penguat operasional dengan masukan dari keluaran sistem sensorl cairan tebu.

Luaran : rangkaian penguat.

Indikator : Sistem fisik penguat

4. Pembuatan sistem multiplexer dan ADC yang terintegrasi dengan komputer:

Dirancang dan dibuat sistem multiplexer dan ADC untuk memperbanyak pengukuran sampel cairan tebu.

Luaran : rangkaian multiplexer dan ADC terintegrasi komputer.

Indikator : Sistem fisik multiplexer terintegrasi komputer

5. Pembuatan sistem keseluruhan pengukuran

Pada tahap ini dibuat sistem secara keseluruhan untuk mengukur rendemen sampel dengan komputer sebagai sistem pengolahnya.

Luaran : Sistem Pengukuran

Indikator : Alat berhasil dibuat dan bekerja dengan baik

5. Desain program komputer pengukuran

Tahun ke III:

Pembuatan Pengolahan data dan pengemasan:

1. Intergrasi sistem pengolahan data

Pada tahap tahun III ini instrumen alat ukur disatukan untuk menjadi sebuah alat ukur berbasis teknologi informasi.

Luaran : alat brixmeter

Indikator : Alat brixmeter berhasil dibuat dan bekerja dengan baik

2. Pengolahan Data

Data hasil akuisis data tentu saja perlu diolah, dan berdasarkan hasil perbandingan nilai referensi maka dicari kaitan linear antara perubahan nilai parameter rendemen.

Luaran : Software

Indikator : Nilai parameter rendemen

Jadi sampai tahapan ini sebenarnya alat ukur secara keseluruhan sudah terbangun dan dikembangkan sesuai tujuan penelitian. Secara keseluruhan desain, pengembangan dan unjuk kerja alat ukur dapat kita gambarkan seperti pada gambar 2.4 di atas

3. Kalibrasi

Kalibrasi adalah hal yang penting dilakukan untuk mengoreksi kesalahan hitung dan ukur pada alat ukur yang telah dibuat. Kalibrasi dilakukan dengan alat ukur standar di laboratorium atau lembaga pemberi sertifikasi pengujian.

Indikator : Data kalibrasi

4. Pengemasan

Pengemasan adalah proses akhir dari pembuatan alat ukur /alat. Setelah alat dikalibrasi dan didesain dengan baik maka alat harus dikemas dengan baik, sedemikian hingga alat berdimensi kecil namun fungsi-fungsinya tetap terjaga baik.

Indikator : alat ukur yang sudah terkemas rapi

Laporan/Publikasi

Hasil-hasil penelitian akan dipublikasikan dalam jurnal ilmiah terakreditasi dan akan diikutkan dalam seminar. Laporan penelitian pada dasarnya setiap tahun namun pada akhir penelitian laporan dikerjakan secara menyeluruh. Berkaitan dengan penelitian dan publikasi maka selama penelitian akan direkrut beberapa mahasiswa tugas akhir untuk ikut dalam penelitian. Untuk memudahkan publikasi hasilnya dimuat di website/blog khusus penelitian ini yang dapat diakses.

Luaran : Seminar, Jurnal, website, laporan akhir

Indikator : Jumlah jurnal yang diterbitkan/submit, adanya website, seminar yang diikuti

Bab 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahun I Penelitian

4.1 Desain Instrumentasi dan Rangkaian Sensor

Rangkaian secara keseluruhan dari penelitian ini seperti terlihat pada halaman 13. Tahapan penelitian ini dimulai dari pembuatan rancangan sistem sensor. Sebuah kuvet untuk tempat sampel berukuran panjang 3 cm, sumber sinar dari LED, fiber optik, dan fotodetektor (foto pada lampiran), dirangkai. Sumber sinar LED masuk ke sampel (kuvet) melalui fiber optik kemudian sinar yang keluar dari sampel ditangkap oleh fotodetektor. Hubungan intensitas sinar dari LED dan intensitas yang keluar sampel dapat dipelajari melalui prinsip spektrometer optik. Jika sinar dari LED adalah I_o dan yang diteruskan dari sampel adalah I , maka hubungan kedua dapat dituliskan sebagai berikut;

$$I = I_o e^{-\mu x} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan μ adalah koefisien serapan sampel dan x adalah panjang sampel.

Melalui pengukuran intensitas yang dikonversi ke tegangan maka persamaan (1) berubah menjadi

$$V = V_o e^{-\mu x} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan V dan V_o masing-masing adalah tegangan keluaran dan tegangan masukan.

Hasil percobaan pengukuran tegangan pada sistem sensor pada saat kuvet tanpa larutan (berisi udara) dengan sinar LED warna merah, hijau, biru, dan kuning adalah sebagai berikut;

Tabel 1 Pengukuran tegangan keluaran sampel menggunakan air

No	Bit			Warna	Tegangan luaran (mV) (Percobaan dengan air)					
	R	G	B		Percob.1	Percob.2	Percob.3	Percob.4	Percob.5	Rata-rata
1.	255	0	0	merah	73,5	78,4	63,7	63,7	78,4	71,54
2.	0	255	0	hijau	63,7	68,6	68,6	58,8	63,7	64,68
3.	0	0	255	biru	73,5	78,4	78,4	68,6	68,6	73,50
4.	255	255	0	kuning	78,4	87,2	91,1	83,3	87,2	85,44
5.	150	0	150	ungu	87,2	83,3	78,4	78,4	78,4	81,14

Percobaan dilanjutkan menggunakan kadar gula dengan sinar LED warna merah saja., hasilnya sebagai berikut.

Tabel 2 Pengukuran tegangan keluaran sampel menggunakan larutan gula

No	Konsentrasi	Tegangan luaran (mV)					
		Percob.1	Percob.2	Percob.3	Percob.4	Percob.5	Rata-rata
1.	2 gram/ 1000 ml	20,2	20,2	20,6	20,8	20,5	20,46
2.	4 gram/ 1000 ml	19,2	19	18,8	18,9	19	18,98
3.	6 gram/ 1000 ml	18,8	18,8	18,6	18,7	18,9	18,76
4.	8 gram/ 1000 ml	17,6	17,8	17,5	17,6	17,7	17,64
5.	10 gram/ 1000 ml	17	16,9	17,2	17	17,2	17,06
6.	12 gram/ 1000 ml	15,5	15,7	15,8	15,4	15,6	15,60
7.	14 gram/ 1000 ml	13,8	13,7	13,2	13,3	13,3	13,46
8.	16 gram/ 1000 ml	12,2	12,4	12,2	11,8	11,7	12,06
9.	18 gram/ 1000 ml	11,8	11	11,2	11,6	11	11,32
10.	20 gram/ 1000 ml	11	10,5	10,2	10,2	10,6	10,50

Berdasarkan prinsip spektroskopi maka koefisien larutan gula μ dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut;

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)}{X} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan μ adalah koefisien serapan sampel dan x adalah panjang sampel.

Pengukuran koefisien serapan μ larutan gula (sukrosa) (sumber sinar merah) dengan panjang cuvet 0,03 m, seperti tabel sebagai berikut;

Tabel 3 Pengukuran koefisien serapan μ larutan gula

No	Konsentrasi	Tegangan luaran (mV)						
		Tanpa gula (V1) mV	Dengan gula (V2) mV	STDEV	(V1/V2)	ln(V1/V2)	(ln(V1/V2))/0,03	Koefisien serapan μ (/m)
1.	2 gram/ 1000 ml	71,54	20,46	0,260768	0,285994	1,25178	-41,7260	41,7260
2.	4 gram/ 1000 ml	71,54	18,98	0,170783	0,265306	1,32687	-44,2290	44,2290
3.	6 gram/ 1000 ml	71,54	18,76	0,095743	0,262231	1,33853	-44,6177	44,6177
4.	8 gram/ 1000 ml	71,54	17,64	0,125831	0,246575	1,40009	-46,6696	46,6696
5.	10 gram/ 1000 ml	71,54	17,06	0,125831	0,238468	-	-47,7840	47,7840

						1,43352		
6.	12 gram/ 1000 ml	71,54	15,60	0,182574	0,218060	-	-50,7662	50,7662
7.	14 gram/ 1000 ml	71,54	13,46	0,294392	0,188146	-	-55,6845	55,6845
8.	16 gram/ 1000 ml	71,54	12,06	0,251661	0,168577	-	-59,3454	59,3454
9.	18 gram/ 1000 ml	71,54	11,32	0,365148	0,158233	-	-61,4562	61,4562
10.	20 gram/ 1000 ml	71,54	10,50	0,331662	0,142857	-	-64,8637	64,8637

Koefisien serapan menunjukkan serapan energi sinar oleh larutan gula. Selanjutnya dengan menggunakan peralatan tersebut akan diaplikasikan pada larutan yang bersal dari cairan tebu untuk penentuan rendemen tebu. Pada tahap tahun I ini kegiatan selain difokuskan pada sensor juga pada perencanaan multiplekser, ADC menggunakan modul Arduino UNO.

4.2 Perancangan ADC dan multiplekser menggunakan Modul Arduino

Rangkaian Mikrokontroller adalah sistem komputer yang ringkas karena dapat menggantikan fungsi komputer dalam pengendalian kerja dan disain yang jauh lebih ringkas dari pada komputer (Artanto, 2012). Mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja karena program kontrol disimpan pada ROM yang ukurannya relatif besar. Sedangkan RAM hanya digunakan untuk tempat penyimpanan sementara, termasuk register-register yang digunakan pada mikrokontroller yang bersangkutan (Artanto, 2012).

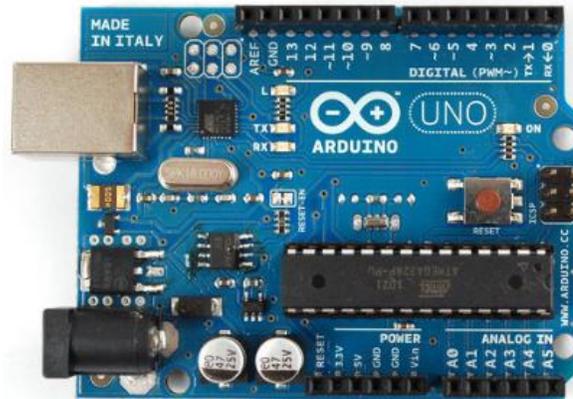
Arduino adalah sebuah *platform* kompuasti fisik yang bersifat *open source* dengan *board input* dan *output* yang sederhana (0/1) dan lingkungan pengembangan yang menerapkan bahasa pengolahan yang dapat dihubungkan *software* dan *hardware* lainnya sehingga dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi lingkungan dan menampilkannya pada PC. Arduino tersusun dari dua bagian utama yaitu board arduino dan IDE (*Integrated Development Environment*) arduino. Papan Arduino berupa hardware yang digunakan ketika menyusun rangkaian. Sedangkan IDE arduino berupa software yang digunakan untuk pengolahan pada PC. IDE digunakan untuk membuat

gambaran program komputer yang di-upload pada papan arduino. Gambaran program digunakan untuk menentukan pekerjaan yang harus dilakukan oleh papan arduino (Artanto, 2012).

(Artanto, 2012) menjelaskan bahwa kelebihan arduino dari *platform* lainnya adalah:

1. IDE arduino merupakan *multiplatform* sehingga dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi.
2. IDE arduino dibuat berdasarkan pada IDE Processing yang sederhana sehingga mudah untuk digunakan.
3. Pemrograman arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan port USB sehingga dapat dioperasikan pada semua PC.
4. Arduino adalah hardware dan software yang bersifat *open source* sehingga bisa di-*download* secara gratis.
5. Biaya hardware yang cukup murah.
6. Proyek arduino dikembangkan dalam lingkungan pendidikan sehingga bagi pemula akan lebih cepat dan mudah mempelajarinya.
7. Memiliki banyak pengguna dan komunitas secara global sehingga dapat membantu dalam setiap kesulitan yang dihadapi.

Berikut ini merupakan bentuk modul Arduino Uno:



Gambar 4.1 Modul Arduino UNO

Sumber: Artanto, 2012

Kelebihan *board* Arduino UNO adalah memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau menyuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan batera untuk memulainya (Febriansyah *et al*, Tanpa Tahun) serta *Arduino Uno* bisa digabungkan bersama modul atau alat lain dengan protokol yang berbeda-beda. (Artanto, 2012). Sedangkan untuk Arduino IDE merupakan salah satu software khusus yang dapat digunakan untuk memprogram mikrokontroler. Software tersebut memungkinkan pengguna untuk menambah dan mengurangi *library* yang ada. Jika pengguna ingin menggunakan *library* yang telah ada, pengguna harus meng-*copy file* tersebut ke *folder library* Arduino IDE (Artanto, 2012).

(Artanto, 2012) menjelaskan bahwa *Arduino Uno* menggunakan *chip AVR ATmega168/328*, komunikasi *serial*, ADC (*Analog ToDigital Converter*), *timer*, *interrupt*, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan I2C (*inter IC*). (Artanto, 2012) menjelaskan bahwa *Arduino UNO* memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya, dengan spesifikasi *board* arduino berupa:

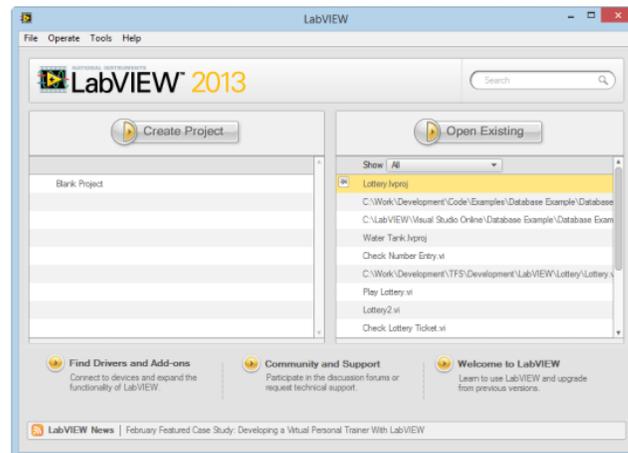
Tabel 4 Karakteristik Arduino UNO (Sumber: Artanto, 2012)

KOMPONEN	SPESIFIKASI
MIKROKONTROLER	ATMega328
OPERASI VOLTAGE	5 V
INPUT VOLTAGE	7 – 12 V (rekomendasi)
INPUT VOLTAGE	6 – 20 V (limit)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
ARUS	50 mA
FLASH MEMORY	32 KB
BOOTLOADER	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB

Menurut (Artanto, 2012) *hardware* mikrokontroler Arduino diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman *wiringbased* yang berbasis *syntax* dan *library*. Pemrograman *wiring-based* ini tidak berbeda dengan C/C++, tetapi dengan beberapa penyederhanaan dan modifikasi. Untuk memudahkan dalam pengembangan aplikasinya, mikrokontroler Arduino juga menggunakan Integrated Development Environment (IDE) berbasis *processing*.

4.3 Software LabVIEW

LabVIEW merupakan singkatan dari *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*. Software ini pertama kali dikembangkan oleh perusahaan National Instruments (NI) pada tahun 1986 (Artanto, 2012). Labview merupakan suatu software pemrograman dalam bidang industri dan instrumentasi yang banyak mengalami perkembangan. *Software* Labview mempunyai tingkat ketelitian dan kehandalan yang baik (Halvorsen, 2014) . LabVIEW menggunakan pemrograman aliran data (*dataflow*), dimana aliran data dari node pada blok diagram akan menentukan perintah eksekusi berdasarkan VI. VI atau *virtual instrument* adalah program LabVIEW yang menirukan instrumen sebenarnya dalam bentuk simbol-simbol (Halvorsen, 2014). Ketika membuka LabVIEW, maka akan muncul jendela “*Getting Started*” seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Tampilan jendela “*Getting Started*” pada LabVIEW 2013
Sumber: Halvorsen, 2014

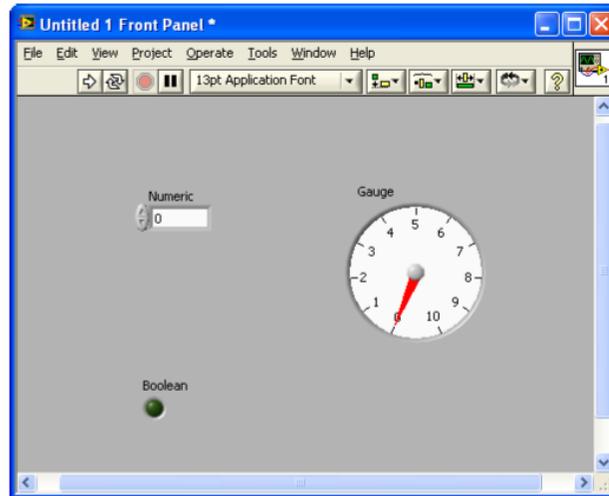
4.3.1 Virtual Instrument

Pada LabVIEW terdapat 3 bagian dari VI yaitu *front panel*, diagram blok, *icone* atau *connector pane*. *Front panel* pada VI digunakan untuk menampilkan kontrol dan

indikator bagi user. Diagram blok mengandung kode dari VI (*source code*) sedangkan *icone* atau *connector pane* merupakan tampilan visual dari sebuah VI yang mempunyai konektor untuk masukan dan keluaran dari program (Halvorsen, 2014).

a. *Front Panel*

Ketika akan membuat lembar baru dari VI atau membuka file yang sudah ada, maka akan muncul jendela *Front Panel* seperti pada gambar berikut:



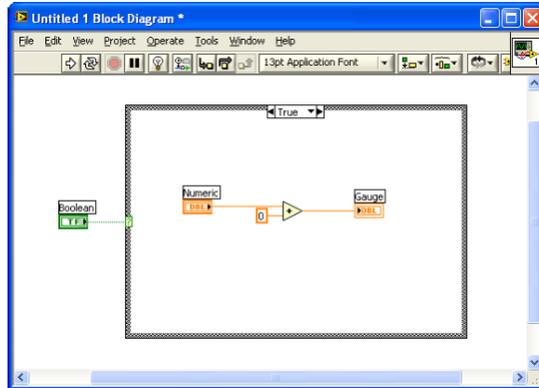
Gambar 4.3 Tampilan jendela *Front Panel*

Sumber: Halvorsen, 2014

Pada LabVIEW akan dibutuhkan indikator dan kontrol ketika membuat *interface* pada *Front panel*. Kontrol dapat berupa *knobs*, *push buttons*, *dials*, dan *input* lainnya. Sedangkan indikator dapat berupa grafik, LED, dan tampilan *output* lainnya (Halvorsen, 2014). Bagian kontrol digunakan untuk menyimulasikan mekanisme instrumen masukan dan mengisi data pada *block diagram* dari VI, sedangkan indikator menyimulasikan instrumen keluaran dan menampilkan data yang dihasilkan oleh *block diagram* (Halvorsen, 2014).

b. *Block Diagram*

Selain jendela *Front panel*, jendela *Block Diagram* juga akan muncul ketika akan membuat lembar baru dari VI atau membuka file yang sudah ada. Tampilan jendela *Block Diagram* adalah seperti pada gambar berikut:



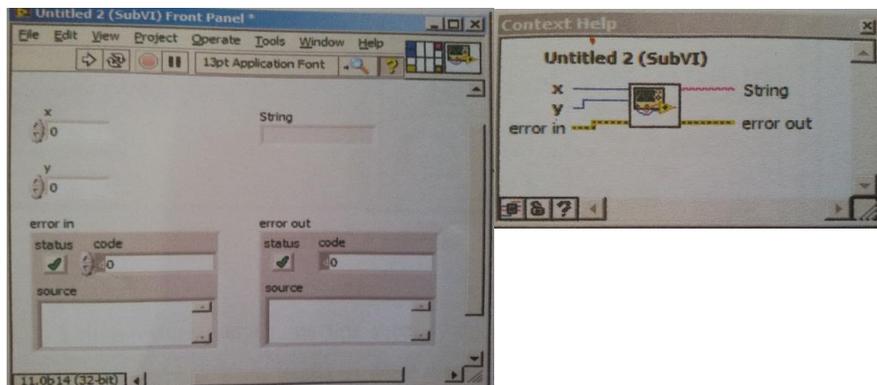
Gambar 4.4Tampilan jendela *Block Diagram*

Sumber: Halvorsen, 2014

Setelah mengatur *Front panel*, haruslah ditambahkan kode menggunakan tampilan grafik dari fungsi-fungsi untuk mengontrol objek-objek pada jendela *Front panel*. *Block diagram* berisi kode sumber grafis. (Halvorsen, 2014). Sejalan dengan itu, (Halvorsen, 2014) menyatakan bahwa Block diagram merupakan jendela tempat menuliskan perintah dan fungsi yang bersesuaian dengan *Front panel* yang berupa simbol, node dan garis sebagai *data flow* untuk mengeksekusi program termasuk kode dari dari *Front panel*. Rangkaian pada *Block diagram* adalah benar ketika panah yang menghubungkan antar simbol tidak putus-putus. Jika rangkian pada *Block diagram* sudah benar maka *Front panel* dapat dikerjakan.

c. *Connector pane* atau *Icon*

Connector pane atau *Icon* merupakan penghubung antar VI. Hubungan antar VI disebut dengan SubVI. Berikut ini merupakan bentuk tampilan jendela *Connector pane* atau *Icon* yang ada pada VI dari LabVIEW:

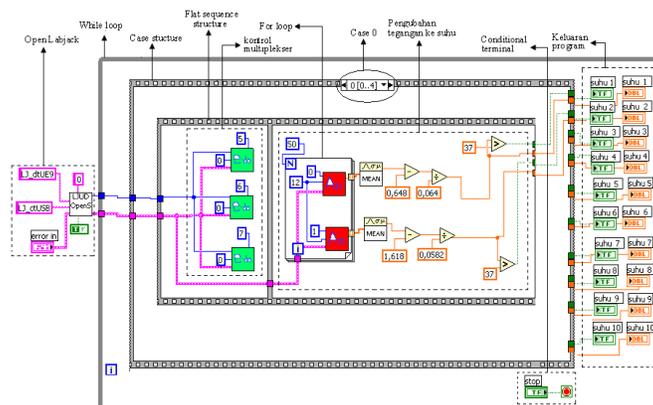


Gambar 4.5 Tampilan jendela *Connector pane* atau *Icon*

Sumber: Halvorsen, 2014

Program Pengonversi sinyal tegangan ke harga pada tampilan

Agar dapat ditampilkan pada monitor suhu diperlukan program pengkonversi. Blok diagram dari program yang dibuat dapat dilihat pada gambar. Pembuatan program dilakukan pada tampilan *block diagram* yang terdapat pada *software* Labview seperti ditunjukkan pada gambar 6. Tampilan dari *block diagram* memperlihatkan adanya diagram *sequence structure* di dalam diagram *while loop*. Kedua diagram terdapat dua buah sub VI (sub rutin). Sub VI pertama adalah *block* yang bertuliskan LJUD Opens dan Sub rutin yang ke-2 bertuliskan LJUD eDI. Sub VI LJUD Opens berfungsi untuk mengenali tipe *device* dan tipe *connection* yang masuk kedalam computer. *Device* yang digunakan adalah Labjack UE9 sedangkan tipe *connection* menggunakan koneksi USB (*universal serial bus*). Sub VI LJUD eDI berfungsi untuk mengenali dan membaca sinyal digital yang masuk kedalam komputer. Setelah melewati ke dua sub VI diatas, data masukan.



Gambar 4.6. Blok diagram program pengolahan sinyal ke bentuk tampilan

4.4 Pembahasan

Dari tahapan penelitian pada tahun I ini telah dicapai seluruhnya. Mulai desain instrumentasi rangkaian, rangkaian sensor, dan perencanaan pengubah sinyal analog ke digital. Membuat rancangan rangkaian sensor untuk kadar gula baik berupa rancangan rangkaian elektronika digital menggunakan microcontroller maupun rancangan global instrumentasi brixmeter. Merancang dan membuat sistem pengolah sinyal dari sensor, berupa amplifier dilakukan dengan memasang masing-masing sistem sensor tersebut

dalam container fluida cairan tebu. Hasil percobaan pengukuran yang dilakukan seperti pada tabel 1 dan tabel 2. Tabel 1 menyatakan keluaran tegangan dan tabel 2 menyatakan pengukuran angka serapan pada cairan gula. Pengolahan hasil pengukuran di atas dilakukan melalui perbandingan informasi dari sensor terhadap nilai referensi (kalibrasi). Yang dilanjutkan pada tahap berikutnya tahun II.

BAB 5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem brixmeter tahun I yang terdiri dari rangkaian elektronik dan sensor untuk pengukuran kadar gula (sukrosa) secara optik dapat dibangun dengan menggunakan sumber sinar, transmisi sinar (fiber optik), kuvet, dan rangkaian sensor (fotodiode, opamp, dan hambatan).
2. Rangkaian multiplekser, pengolah sinyal, dan ADC, dapat dibangun menggunakan modul Arduino untuk perancangan sebuah brixmeter. Program tambahan untuk mengaktifkan Arduino juga diperlukan pengaturan sinyal.
3. Dengan teknologi sistem ini maka brixmeter (tahun I) dapat berlangsung pada pengukuran kadar gula dapat berlangsung .

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktur DP2M Dikti Kemenristekdikti sebagai penyandang dana penelitian ini melalui hibah DP2M Dikti 2014.

DAFTAR PUSTAKA

Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.

Atkins, Physical Chemistry, 1998, Oxford University Press

Anonymous, 2005, *Introduction to Cane Plantation Technology* 2rd Ed., Prentice Hall, New Delhi.

Banerjee, PC., 2007. *Sucrose from Cane : A general Review*. In *Trend in New Crops and New Uses.*, J.Jannick and A.Whipkey (eds). Alexandria, VA : ASHS Press.

Bates, Frederick (1 May 1942). ["Polarimetry, Saccharimetry and the Sugars. Table 114: Brix, apparent density, apparent specific gravity, and grams of sucrose per 100 ml of sugar solutions"](http://www.boulder.nist.gov/div838/publications.html). <http://www.boulder.nist.gov/div838/publications.html>. Retrieved 10 January 2014.

Daulay dan Rahman, 1992. *Alat Ukur Rendemen*, Institut Pertanian Bogor

Frederiksen, D, Rahayu, W.P., Ma'oen, S., Suliantari, 2008. Teknologi Pembuatan Alat Ukur Rendemen Tebu Hasil Pertanian. Bogor: PAU Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.

Halvorsen, Hans-Petter. 2014. *Introduction to LabVIEW*. Norwegia: Telemark University College

Indartono Y, 2005. Brixmeter, Alternatif Alat Ukur Rendemen: Kajian Prestasi Instrumentasi Pertanian dan Implementasi di lapangan. Fisika, LIPI.

Judoamidjoyo, M., A.a.Darwis dan E.G.Said, 1982. *Teknologi Pengukuran Rendemen*. Jakarta: Rajawali Press.

Lee, K.J., Tribe, D.E. and Rogers, P.L., 1979. *Biotechnol. Lett.*, 1, 421. Lee, K.J., Suku, D.E. dan Rogers, P.L, 1979. *Biotechnol.Lett.*, 1, 421. *Lettl.*, 421.

Mahmood, 2007. SPR Untuk Pengukuran Rendemen. Institut Pertanian Bogor

Melyani, V. 2009. Petani Tebu Indonesia Sulit Kalahkan Brazil. ([URL:http://www.Tempointeraktif.com/hg/bisnis/2009/07/02/brk,20090702-184943.id.html](http://www.Tempointeraktif.com/hg/bisnis/2009/07/02/brk,20090702-184943.id.html), diakses 26 September 2010).

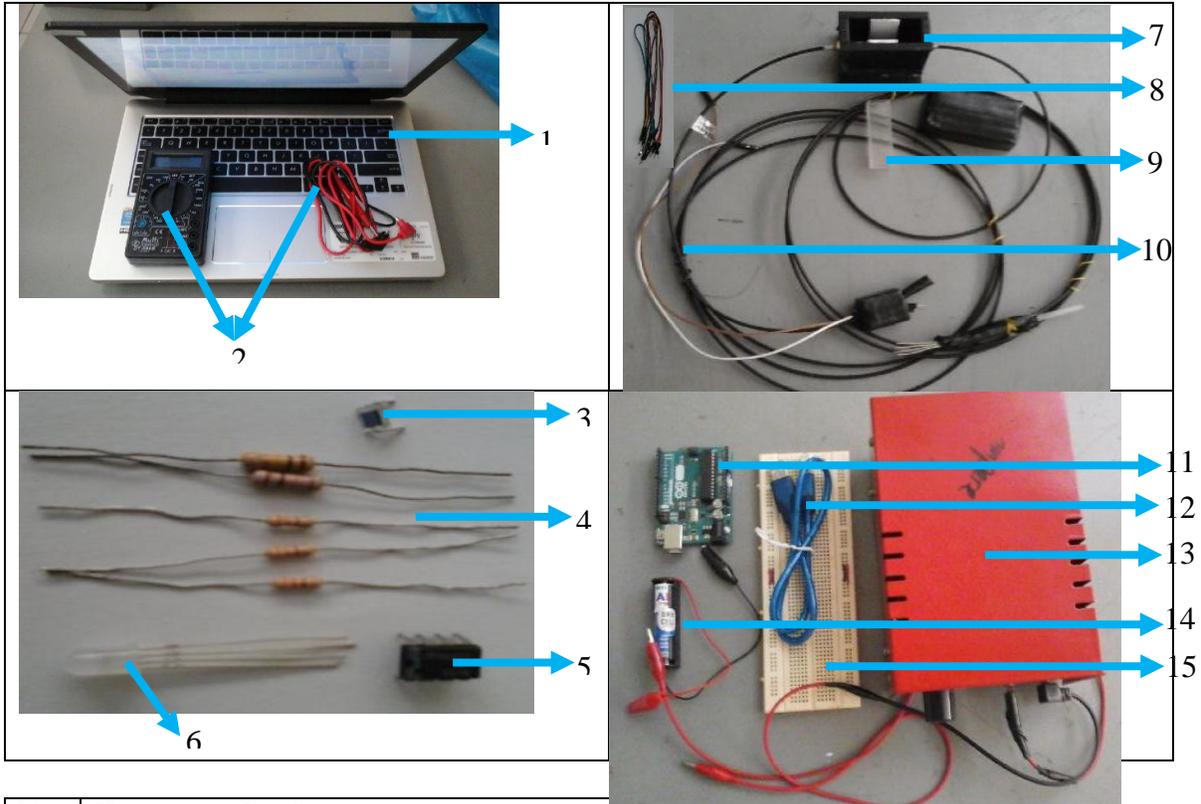
Rianto 2004. Teknologi Pengukuran Rendemen. Institut Pertanian Bogor

Sarjoko, 1981. Brixmeter *Latar Belakang dan Beberapa Penerapannya*. Jakarta : Gramedia Pustaka Umum.

Sugiarto, 2002 Studi produksi gula nasional: perkembangan industri gula dari tebu . <http://www.lontar.ui.ac.id>.

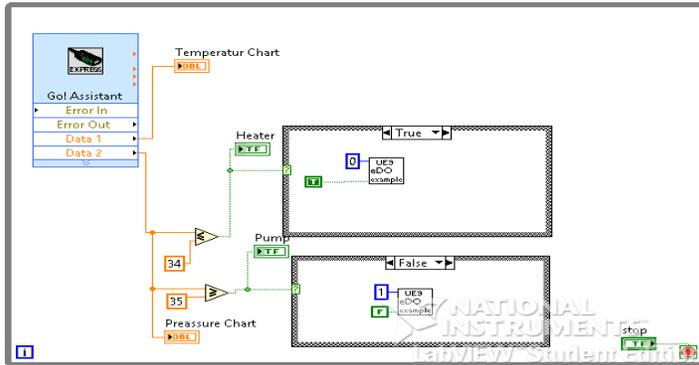
LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran (Foto Hasil Kegiatan Penelitian)

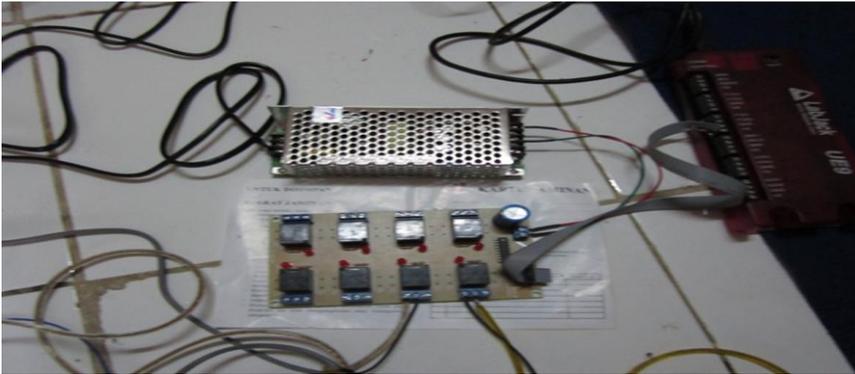


No.	Keterangan Gambar
1	Laptop
2	Voltmeter Digital
3	Fotodiode BPW 34
4	Resistor
5	IC Op Amp LF 357
6	RGB <i>Bright</i> LED
7	Konektor
8	Kabel <i>Jumper</i>
9	Kuvet Kaca
10	Fiber Optik
11	Modul Arduino UNO
12	Kabel USB
13	Power Supply 5 Volt
14	Batrei 1,5 Volt
15	<i>Project Board</i>

Tampilan program Labview



Switch relay



Pengujian rangkaian

