

ABSTRAK DAN EXECUTIVE SUMMARY

PENELITIAN HIBAH BERSAING



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

Oleh

Ketua: Ir. Misto, M.Si, NIDN 0021115905

Anggota: Tri Mulyono, S.Si, MSi, NIDN 002106809

UNIVERSITAS JEMBER

Nopember 2016

Pengembangan Optical Brixmeter Terkomputerisasi Untuk Aplikasi Penentuan Rendemen Tebu Siap Tebang

Peneliti : Misto¹, Tri Mulyono²
Mahasiswa Terlibat : Alex Taufiqurrahman Zain
Sumber dana : BOPTN Universitas Jember
1. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember, Jember
2. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember

ABSTRAK

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**, telah 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. Pada tahap ini adalah tahap akhir dari pembuatan sistem dan pembuatan laporan akhir dari penelitian.

Kata kunci: *brixmeter, terkomputerisasi, rendemen, tebu*

Pengembangan Optical Brixmeter Terkomputerisasi Untuk Aplikasi Penentuan Rendemen Tebu Siap Tebang

Peneliti : Misto¹, Tri Mulyono²
Mahasiswa Terlibat : Alex Taufiqurrahman Zain
Sumber dana : BOPTN Universitas Jember
Kontak Email : misto.fmipa@unej.ac.id
Diseminasi : belum ada

1. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember, Jember
2. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember

Pendahuluan

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 4system4e 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 4yst 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 system refraktometer IR-Vis ini dapat didesain sebagai non-invasive testing sehingga cocok sekali untuk mengamati perubahan rendemen di atas. Untuk itu menggabungkan system refraktometer biasa dan OTDR, dan selanjutnya dikontrol dengan computer (menjadi sistem *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.

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

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.

Metodologi 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. 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 computer.. Sampel pengukuran bisa diperbanyak karena menggunakan multiplekser, hasil pengukuran (data) lebih banyak jika dibanding menggunakan brixmeter digital yang selama ini digunakan oleh pabrikan tebu.

Tahun II Penelitian

a. Desain Instrumentasi dan Rangkaian Sensor

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

$$V = V_0 e^{-\mu x} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan V dan V_0 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)						Koefisien serapan μ (/m)
		Tanpa gula (V1) mV	Dengan gula (V2) mV	STDEV	(V1/V2)	ln(V1/V2)	(ln(V1/V2))/0,03	
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	1,43352	-47,7840	47,7840
6.	12 gram/ 1000 ml	71,54	15,60	0,182574	0,218060	1,52299	-50,7662	50,7662
7.	14 gram/ 1000 ml	71,54	13,46	0,294392	0,188146	1,67053	-55,6845	55,6845
8.	16 gram/ 1000 ml	71,54	12,06	0,251661	0,168577	1,78036	-59,3454	59,3454
9.	18 gram/ 1000 ml	71,54	11,32	0,365148	0,158233	1,84369	-61,4562	61,4562
10.	20 gram/ 1000 ml	71,54	10,50	0,331662	0,142857	1,94591	-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.

b. 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). Mikrokontroller 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 *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 berbasiskan *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*.

a. *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:



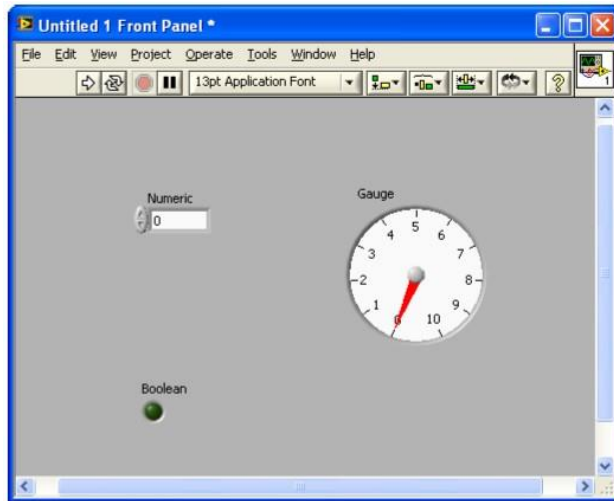
Gambar 1 Tampilan jendela “*Getting Started*” pada LabVIEW 2013
Sumber: Halvorsen, 2014

i. *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:

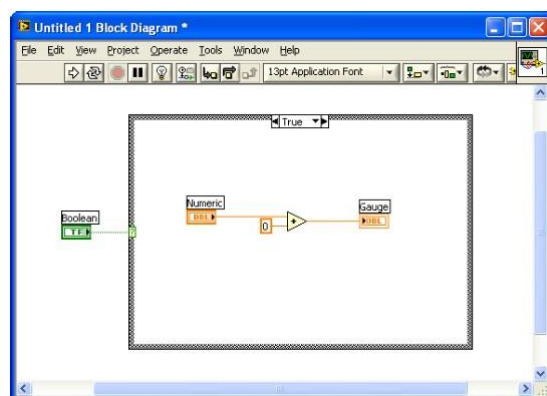


Gambar 2 Tampilan jendela *Front Panel*
Sumber: Halvorsen, 2014

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:



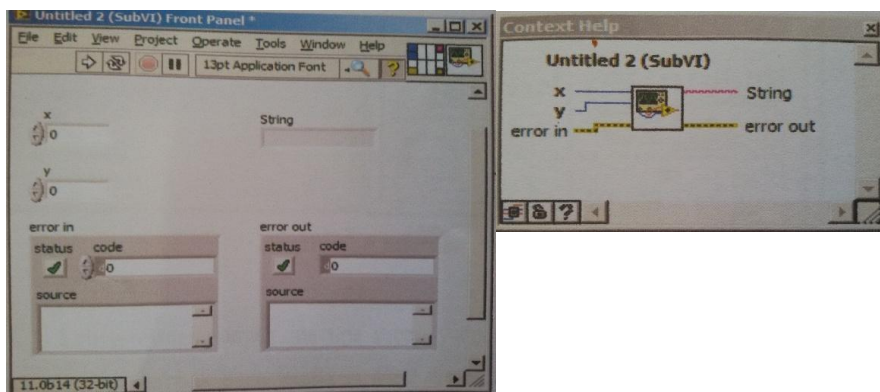
Gambar 3 Tampilan jendela *Block Diagram*
Sumber: Halvorsen, 2014

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 rangkaian 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 Tampilan jendela *Connector pane* atau *Icon*
Sumber: Halvorsen, 2014

3. 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 pata tahap berikutnya tahun II.

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.

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.
- Halvorse, 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. 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>, 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>.