

# **ABSTRAK DAN EXECUTIVE SUMMARY**

## **PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**Pengembangan Teknologi Fermenter Terkomputerisasi  
Untuk Meningkatkan Kinerja dan Hasil  
Pada Pembuatan Alkohol Dari Limbah Industri Gula**

### **TIM PENGUSUL**

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

**Anggota: Asnawati, S.Si, MSi, NIDN 0014086809**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**Desember 2013**

**Pengembangan Teknologi Fermenter Terkomputerisasi**  
**Untuk Meningkatkan Kinerja dan Hasil**  
**Pada Pembuatan Alkohol Dari Limbah Industri Gula**

Misto<sup>1)</sup>, Asnawati<sup>2)</sup>

- 1) Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember, Jember
- 2) Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember, Jember

---

**Abstract:**

Sebuah penelitian berupa pengembangan teknologi fermenter berbasis teknologi informasi, dibangun dari perpaduan metode fermentasi konvensional dan sistem control berbasis komputasi, agar bekerja optimal dengan waktu untuk menghasilkan alkohol lebih singkat dan tanpa sisa karbohidrat. Fermenter ini dibangun dengan mengaplikasikan sistem pengendalian suhu, pH, dan tekanan. Keadaan optimal sebuah fermenter alkohol untuk suhu, pH, dan tekanan masing-masing adalah, 34-35 °C, 4-5, dan 1 atm. Pada tahun pertama dari penelitian ini adalah merencanakan dan pengujian sistem instrumentasi dan pengendalian ketiga parameter. Dari pengujian sistem telah dihasilkan untuk suhu dapat mempertahankan suhu 34-35 °C, pH dapat mempertahankan pH minimum 4, dan tekanan sebesar 1 atmosfer. Sistem pengendalian suhu dibangun dengan menggunakan sensor termistor tahan pH rendah, elemen pemanas, dan pemompa air dingin. Sedang pengendalian pH dibangun dengan menggunakan pemompa air untuk pengenceran dan menaikkan pH, dan tekanan dibangun menggunakan sebuah sistem penghubung ruang bertekanan rendah. Semua pengendalian dilakukan dengan menggunakan program Labview. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

Kata kunci: fermenter, suhu, pengendalian, termistor, teknologi informasi.

## Summary

# Pengembangan Teknologi Fermenter Terkomputerisasi Untuk Meningkatkan Kinerja dan Hasil Pada Pembuatan Alkohol Dari Limbah Industri Gula

Misto<sup>1)</sup>, Asnawati<sup>2)</sup>

- 1) Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember, Jember
- 2) Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember, Jember

## Pendahuluan

Riset terapan dengan hasil penelitian berupa pengembangan teknologi fermenter berbasis teknologi informasi yang dibangun dari perpaduan metode fermentasi konvensional dan sistem control berbasis komputasi. Teknologi ini diharapkan dapat merekayasa fermenter konvensional agar bekerja secara optimum melalui pengendalian parameter hasil produk fermentasi (suhu, tekanan CO<sub>2</sub>, dan pH) sehingga proses fermentasi dapat berlangsung tuntas hingga semua karbohidrat habis terfermentasi. Pada fermenter konvensional yang bekerja secara alami tanpa adanya sistem pengendalian sehingga suhu fermentasi tidak berada pada kondisi optimum karena mudah dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Demikian juga tekanan gas CO<sub>2</sub> dan derajat keasaman produk yang meningkat juga bisa berada pada keadaan tidak optimum, akan mengurangi laju fermentasi bahkan menghentikan sama sekali proses karena peran ragi terhenti. Riset di bidang ini merupakan riset yang *advanced* memanfaatkan teknologi pengendalian parameter hasil, teknologi komputer melalui pengendalian suhu, tekanan gas, dan derajat keasaman (pH) untuk selalu berada pada keadaan optimum hingga semua bahan (karbohidrat) seluruhnya termentasi menjadi alkohol. Pada tahun pertama penelitian ini telah dibangun sebuah sistem pengendalian suhu, pH, dan tekanan untuk bisa bekerja pada keadaan optimal. Keadaan optimal sebuah fermenter alkohol untuk suhu, pH, dan tekanan masing-masing adalah, 34-35 °C, 4-5, dan 1 atm.

## Metodologi Penelitian

Pada tahun pertama ini dilakukan perancangan sistem instrumentasi dan pengendalian ketiga parameter (suhu, tekanan dan pH). Perancangan sistem dilakukan untuk mempertahankan optimal suhu 34-35 °C, pH minimum 4, dan tekanan dari sampel sebesar 1 atmosfer. Sistem pengendalian suhu dibangun dengan menggunakan sensor termistor tahan pH rendah, elemen pemanas, dan pemompa air dingin. Sedang pengendalian pH dibangun

dengan menggunakan pemompa air untuk pengenceran dan menaikkan pH, dan tekanan dibangun menggunakan sebuah sistem penghubung ruang bertekanan rendah. Semua pengendalian dilakukan dengan menggunakan program Labview.

### Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Dengan inovasi berupa integrasi teknik pengendalian secara otomatis menggunakan komputer, semua parameter fermentasi yang membatasi laju produksi alkohol dalam fermenter dapat diketahui selanjutnya dikendalikan sehingga proses biokimiawi terjadinya alkohol berlangsung terus hingga proses fermentasi selesai. Dengan demikian lama waktu fermentasi dapat memendek dan hasilnya maksimum. Dengan memanfaatkan komputer maka monitoring parameter hasil dapat dilakukan dengan sangat baik, karena semua informasi dapat ditampilkan di layar komputer dengan baik dan juga perhitungan-perhitungan kimia-fisika dapat dilakukan dengan cepat untuk diumpankan kembali sebagai aksi pengendalian sistem secara akurat menggunakan program komputer tertentu (dalam riset ini akan digunakan software LabView). Riset ini memerlukan kerjasama antar bidang ilmu kimia, fisika elektronika dan fisika komputasi.

Suhu larutan fermentasi dideteksi oleh sensor suhu termistor. Untuk mendapatkan perubahan tegangan keluaran yang berbanding lurus dengan pertambahnya suhu, maka termistor *NTC* disusun dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltagedivider*) seperti gambar 1. Tegangan yang didapat dari rangkaian tersebut adalah

$$V_o = \frac{R_x}{R_T} V_{in} \quad (1)$$

Tegangan yang dihasilkan dari sensor suhu termistor yang menunjukkan besaran suhu berupa tegangan searah atau yang setara dengan tegangan yang mempunyai periode yang sangat panjang (tinggi) atau mempunyai frekuensi mendekati nol (frekuensi rendah). Tegangan sinyal ini harus dipertahankan bebas derau pada frekuensi di atasnya. Untuk itu agar sinyal bebas dari derau frekuensi tinggi maka pada rangkaian sensor unit sensor dilengkapi filter lolos rendah orde pertama dengan menggunakan komponen *R* dan *C*. Tanpa memperhitungkan beban filter respon amplitudo (*voltage gain*) dalam bentuk kompleks dari filter lolos rendah ini diberikan oleh

$$\frac{V_o}{V_i}(j\omega) = \frac{jXc}{R + jXc} \quad (2)$$

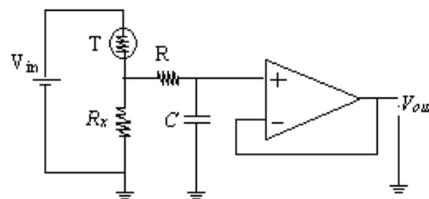
Yang dapat diselesaikan ke dalam penguatan besar (*magnitude gain*) dan fasa berikut

$$\frac{V_o}{V_i}(j\omega) = \frac{Xc}{\sqrt{R^2 + Xc}} \angle -\tan^{-1} \frac{R}{Xc} \quad (3)$$

Frekuensi potong  $f_{3db}$  (*cutt-off frequency*) filter lolos rendah orde pertama mengikuti persamaan

$$f_{3db} = \frac{1}{(2\pi RC)} \quad (4)$$

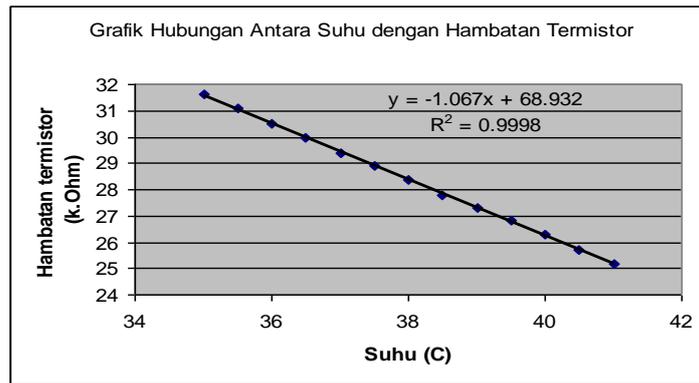
Rangkaian sensor suhu termistor *NTC* bersama dengan filter lolos rendah tampak seperti pada gambar 1 berikut



Gambar 1. Skema rangkaian sensor suhu

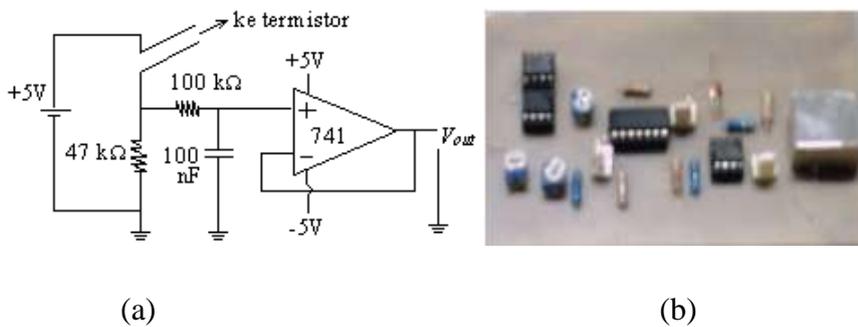
Tapis lolos rendah digunakan untuk meniadakan derau pada frekuensi 20 Hz dan dari jala-jala listrik melalui pencatu daya. Sinyal dari sensor suhu yang bebas derau kemudian diteruskan ke penerus tegangan (*voltage follower*). Sinyal dari penerus tegangan kemudian diumpankan pada rangkaian pengkondisi sinyal dan rangkaian terminal. Pada rangkaian terminal sinyal suhu digabungkan menjadi satu kelompok dengan sinyal suhu dari sembilan pasien lain. Sistem pencatutan daya 5 volt diberikan melalui terminal ini.

Dari hasil karakterisasi termistor diperoleh respon hambatan termistor terhadap suhu yang linier pada rentang suhu 34,5 °C sampai 41°C. Hambatan termistor berubah rata-rata sebesar 0,5 kΩ setiap kenaikan suhu sebesar 0,5 °C. Grafik hubungan antara suhu dengan hambatan termistor diberikan pada gambar 2. Tanda minus pada gradien persamaan garis menunjukkan bahwa hambatan termistor berkurang dengan bertambahnya suhu sehingga termistor ini termasuk jenis *NTC*. Nilai  $R^2$  yang hampir sama dengan 1 menunjukkan bahwa grafik yang diperoleh linier.



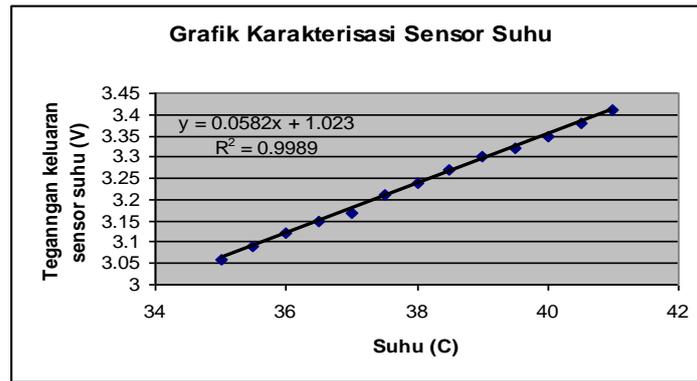
Gambar 2. Grafik hubungan antara suhu dengan hambatan termistor

Bagian kedua dari rangkaian sensor suhu adalah rangkaian tambahan. Rangkaian ini terdiri dari sebuah rangkaian pembagi tegangan, tapis lolos rendah orde satu, dan *buffer*. Skema dan bentuk fisik rangkaian tambahan masing-masing dapat dilihat pada gambar3 (a) dan (b).



Gambar 3 (a) Skema rangkaian tambahan dan (b) Bentuk fisik rangkaian tambahan

Hasil pengujian karakteristik sensor suhu pada rentang 34,5 °C sampai 41 °C menunjukkan bahwa tegangan keluaran sensor suhu (V) bertambah secara linier dengan pertambahan suhu (T) sebagaimana terlihat pada gambar 4. Tegangan keluaran sensor suhu rata-rata berubah sebesar 0,03 volt untuk setiap kenaikan suhu sebesar 0,5 °C (atau 0,06 volt/°C).



Gambar 4. Grafik karakterisasi sensor suhu

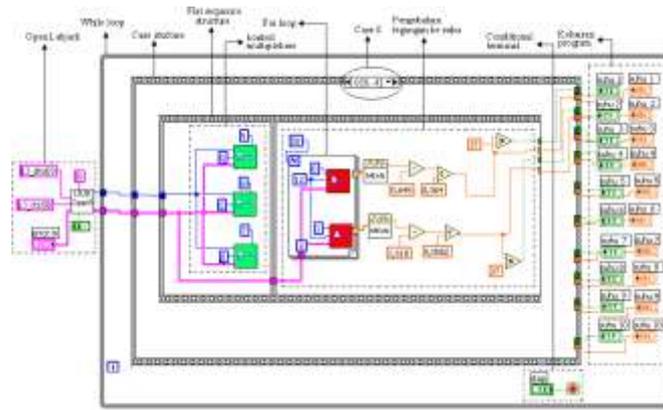
Rangkaian multiplexer ini memiliki dua keluaran, yaitu Out0 dan Out1 yang masing-masing dihubungkan dengan terminal analog Labjack AIN0 dan AIN1. Masukan mana yang akan diteruskan ke keluaran rangkaian multiplexer bergantung pada nilai biner yang diberikan pada selektor A, B, dan C.



Gambar 5. Rangkaian multiplexer

### Program Pengonversi sinyal tegangan ke harga pada tampilan

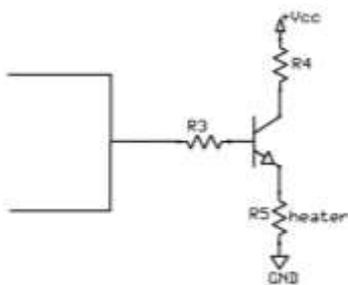
Agar dapat ditampilkan pada monitor suhu diperlukan program pengkonversi. Blok diagram dari program yang dibuat dapat dilihat pada gambar. Pembuatan program dilakukan pada tampilan *block diagram* yang terdapat pada *software* Labview seperti ditunjukkan pada gambar 6. Tampilan dari *block diagram* memperlihatkan 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 6. Blok diagram program pengolahan sinyal ke bentuk tampilan

### Merancang Sistem Aksi Pengendalian Suhu

Pengendalian suhu dilakukan berdasarkan pengendalian on-off, dengan referensi suhu menggunakan acuan pustaka sebesar 34-35 °C. Jika suhu larutan kurang dari 34 °C, maka pengendali (komputer) akan memberikan tegangan melalui R<sub>3</sub> diteruskan ke sebuah transistor untuk memberikan arus pada *heater*, *heater* memanaskan untuk menaikkan suhu larutan. Jika suhu melebihi 35 °C, maka sistem pendingin akan bekerja melalui sistem pengendali untuk mengaktifkan pompa air yang memompakan air dingin ke larutan, sampai suhu mencapai 35 °C. Rangkaian sistem pengendali suhu seperti pada gambar 7 untuk daya rendah hingga 1000 watt (menggunakan arus searah), sedang untuk sistem yang menggunakan arus bolak-balik seperti pada gambar 8 untuk daya lebih besar dari 1000 watt.



Gambar 7. Rangkaian pemanas (*heater*)

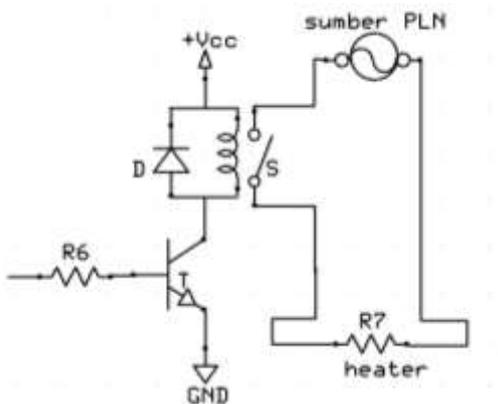
Sedang sistem pengendali yang menggunakan tegangan bolak-balik, sistem menggunakan *relay switch* untuk meng-*on*-kan heater (pemanas). Rangkaian pemanas pada gambar 7 diperlukan pada sistem fermentasi dengan daya rendah (1000 watt ke bawah). Sedang untuk daya lebih tinggi pemanas menggunakan sumber tegangan bolak-balik dengan perantara *switch relay*. Uji pengendalian untuk mempertahankan suhu sistem pada (34-35) °C dilakukan dengan memberikan gangguan agar suhu turun di bawah 34 °C dengan

membiarkan mengikuti suhu lingkungan. Suhu lingkungan berkisar 27-30 °C (suhu rendah) dan 40 °C ke atas untuk suhu tinggi. Pengendalian untuk menurunkan suhu dilakukan dengan memberikan air dingin bersuhu 27-30 °C ke sistem melalui pompa. Aksi pengendalian untuk menaikkan suhu dilakukan menggunakan pemanas (*heater*) dan pendinginan dilakukan dengan pemberian air dingin 27-30 °C melalui pompa yang kedua dikendalikan oleh sistem pengendali. Tabel hasil pengujian sistem pengendalian suhu adalah sebagai berikut.

Tabel 1 Hasil pengujian sistem pengendalian suhu.

No.	suhu sistem	Aksi pengendali suhu	Suhu akhir sistem
1.	di bawah 34 °C	Pemanas <i>on</i>	34 °C
2.	(34-35) °C	Pemanas dan pendingin <i>off</i>	34-35 °C
3.	di atas 35 °C	Pendingin <i>on</i>	35 °C

Berdasarkan hasil pengujian sistem pengujian tabel 1 maka sistem dapat mempertahankan suhu 34-35 °C dengan baik.

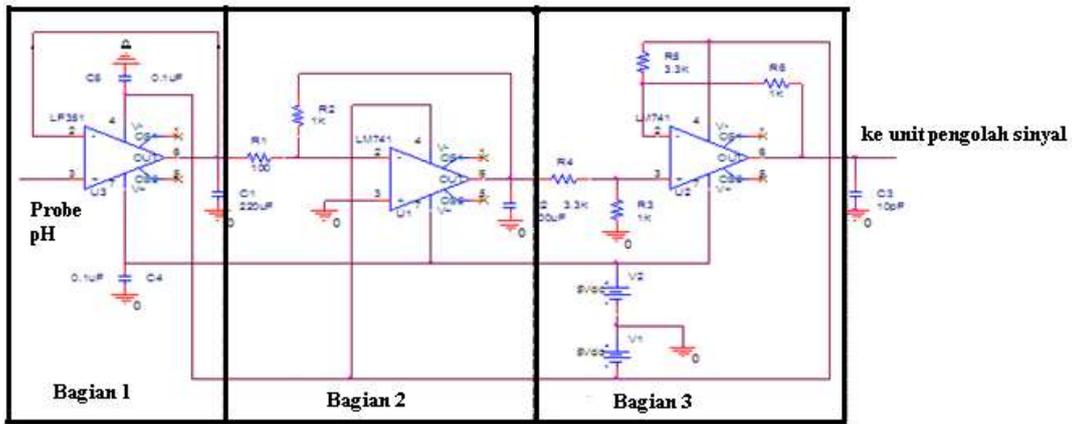


Gambar 8. Blok diagram bagian dari pengendalian suhu

### Desain Instrumentasi Sensor pH dan Tekanan

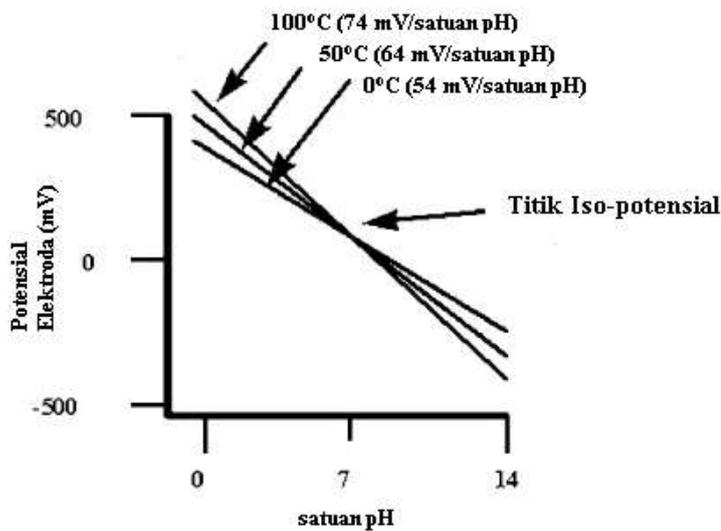
Pengukuran pH dilakukan dengan probe pH, hasilnya dalam bentuk tegangan searah kemudian diolah dengan rangkaian sebagai berikut gambar 9. Rangkaian terdiri dari rangkaian bagian 1 yang berfungsi sebagai penerus tegangan. Kemudian diperkuat

menggunakan rangkaian membalik bagian 2. Bagian rangkian penskala untuk mendapatkan rentangan harga dari 0-14. (skala pH).



Gambar 9. Blok diagram bagian dari pengukuran pH

Hasil konversi tegangan ke pH pada sistem penguat seperti tampak pada grafik di bawah gambar 10.



Gambar 10. Konversi tegangan potensial ke pH

Sedang pengukuran tekanan dilakukan dengan sensor tekanan buatan Venier dengan bantuan program komputer. Tekanan yang terukur berkisar 1-1,5 atmosfer

### Sistem Pengendali pH dan Tekanan

Proses fermentasi menghasilkan alkohol. Jika alkohol yang dihasilkan makin banyak maka pH menurun. Penurunan pH pada batas aman agar ragi tidak mati adalah 4. Oleh karena itu pH harus dikendalikan agar tidak minimum 4. Pengendalian pH dilakukan berdasarkan pengendalian *on-off*, dengan referensi pH menggunakan acuan pustaka minimum sebesar 4. Aksi pengendalian dilakukan jika pH larutan kurang dari 4, maka pengendali (komputer) akan menghidupkan pompa untuk mengalirkan air ke dalam sistem agar pH naik. Proses ini dilakukan dengan jalan sistem kendali pH memberikan tegangan rangkaian pengendali pH melalui hambatan diteruskan ke sebuah transistor untuk memberikan arus pada *switch relay* untuk menghidupkan pompa, air mengalir menuju sistem untuk pengenceran, pH naik, pH dipertahankan minimum 4.

Tabel 2 Hasil pengujian sistem pengendalian pH.

No.	pH sistem	Aksi pengendali pH	pH akhir sistem
1.	di bawah 4	Pompa <i>on</i>	4
2.	4-7	Pompa <i>off</i>	4
3.	di atas 7	Pompa <i>off</i>	Tidak berubah

Pengendalian pH dilakukan agar ragi tidak mati, proses fermentasi berjalan terus hingga karbohidrat habis. Dengan demikian fermentasi berjalan tuntas. Sedang pengendalian tekanan udara dalam ruang fermentasi diharapkan produksi CO<sub>2</sub> hasil fermentasi berjalan terus. Jika tekanan naik (CO<sub>2</sub> melimpah) maka proses fermentasi melambat. Proses pengendalian tekanan dilakukan dengan membuang CO<sub>2</sub> ke udara bebas melalui valve yang dikendalikan secara *on-off*.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem fermenter yang bekerja secara optimum dapat dibangun dengan penambahan sistem pengendalian parameter utama fermentasi (suhu, pH dan tekanan) berupa rangkaian elektronik dan computer.
2. Hasil pembacaan suhu dan pH oleh masing-masing sensor dapat ditampilkan pada *front panel* program dengan benar. Indikator numerik memunculkan masing-masing suhu dan pH sensor yang terpasang..

3. Dengan teknologi sistem ini maka fermentasi dapat berlangsung pada suhu optimal sehingga fermentasi dapat berlangsung meskipun suhu lingkungan turut memberikan gangguan, dengan demikian fermentasi diharapkan dapat tuntas hingga karbohidrat habis.

### **Ucapan Terima Kasih**

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktur DP2M Dikti Depdiknas sebagai penyandang dana penelitian ini melalui hibah DP2M Dikti 2013.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Atkins, Physical Chemistry, 1998, OxfordUniversity Press

Anonymous, 2005, Introduction to Alcohol Fermentation Technology 2rd Ed., Prentice Hall, New Delhi.

Badger, PC., 2002. *Ethanol from Cellulose : A General Review*. In Trend in New Crops and New Uses., J.Jannick and A.Whipkey(eds). Alexandria,VA : ASHS Press.

Daulay dan Rahman, 1992. Fermentasi Alkohol, Institut Pertanian Bogor

Fardiaz, D, Rahayu, W.P., Ma'oen, S., Suliantari, 2008. *Teknologi fermentasi Hasil Pertanian*. Bogor: PAU Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.

Gunasekaran, P. and Raj, K. C. 1999. *Ethanol Fermentation Technology – Zymomonas mobilis*. Current Science. Vol. 77, #1, 56-68 diambil dari Ghani Arasyid dkk, (Online), (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12522-Paper.pdf> diakses 15 oktober 2010).

Indartono Y, 2005. Bioethanol, Alternatif Energi Terbarukan : Kajian Prestasi Mesin dan Implementasi di lapangan. Fisika, LIPI.

Judoamidjoyo, M., A.a.Darwis dan E.G.Said, 1982. *Teknologi Fermentasi*. 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. *Lett1.*, 421.

Melyani, V. 2009. Petani Kopi 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 Proses Fermentasi. Institut Pertanian Bogor

Sarjoko,1991.*Bioteknologi Latar Belakang danBeberapa Penerapannya*. Jakarta

:Gramedia Pustaka Umum.

Sukeksi, L.Studi produksi bahan bakar terbarukan:ligno etanol dari tandan kosongawit.

<http://www.lontar.ui.ac.id>.

Taherzadeh, M. and Karimi, K. 2007. *Acid-basedHydrolysis Processes for Ethanol from*

*Lignosellulosic Material* : A Review,Bioresources 2 (3), 472-499, diambil dari

Ghani Arasyid dkk, (Online),(<http://digilib.its.ac.id/public/ITSUndergraduate->

12522-Paper.pdf diakses15 oktober 2010

Wood, B.J. 1998 Microbiology of Fermented Food, Springer, Berlin.

Zubaidah 1998 Pengaruh Pemberian Inokulum Murni *Saccharomyces cerevisia* dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Kimia danOrganik Tape Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.), Laporan Penelitian Fakultas Sain dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.