



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE  
PJ-01**

**PENGESAHAN  
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**NAMA : SORAYA NORMA MUSTIKA**  
**NIM : 115060309111013 - 63**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRONIKA**  
**JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN PENGUKUR *OPTICAL DENSITY*  
BAKTERI *LACTOBACILLUS PLANTARUM* DAN  
STATER YOGURT (*LACTOBACILLUS PLANTARUM*  
DAN *STREPTOCOCCUS THERMOPHILLUS*)**

**TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:**

Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc**  
**NIP. 19590304 198903 1 001**

**Dian Widya Ningtyas, STP.,MP**  
**NIP. 19810713 200501 2002**

**PERANCANGAN PENGUKUR *OPTICAL DENSITY* BAKTERI  
*LACTOBACILLUS PLANTARUM* DAN STATER YOGURT  
(*LACTOBACILLUS PLANTARUM* DAN *STREPTOCOCCUS  
THERMOPHILLUS*)**

**Publikasi Jurnal Skripsi**



Disusun Oleh :

**SORAYA NORMA MUSTIKA**

**NIM : 105060301111019 - 63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2014**

# PERANCANGAN PENGUKUR *OPTICAL DENSITY* BAKTERI *LACTOBACILLUS PLANTARUM* DAN STATER YOGURT (*LACTOBACILLUS PLANTARUM* DAN *STREPTOCOCCUS* *THERMOPHILLUS*)

Soraya Norma Mustika<sup>1</sup>, Ponco Siwindarto<sup>2</sup>, Dian Widya Ningtyas<sup>3</sup>

**Abstrak.** Bakteri sudah sering dimanfaatkan oleh banyak orang pada masa ini. Salah satu kegunaan bakteri yang paling sering dipakai adalah untuk fermentasi, fermentasi daging ataupun fermentasi yogurt. Bakteri yang sering digunakan adalah *Lactobacillus Plantarum* yang digunakan untuk fermentasi daging, stater yogurt (*Streptococcus Thermophilus* dan *Lactobacillus Bulgaricus*) yang digunakan untuk fermentasi yogurt. Dalam pembuatan fermentasi bakteri akan berpengaruh besar dalam menentukan hasil fermentasi. Untuk itulah dibutuhkan alat penghitung bakteri untuk dapat menghitung jumlah bakteri supaya hasil fermentasi efektif. Salah satu metode perhitungan bakteri adalah spektrofotometri dimana menggunakan sensor *photodiode* yang menangkap cahaya dari LED dan memanfaatkan hukum *Lambert Beer* supaya dapat *Optical Density* dari larutan *Lactobacillus Plantarum* dan stater yogurt (*Streptococcus Thermophilus* dan *Lactobacillus Bulgaricus*). Digunakan pula pengondisi sinyal yakni pengubah arus ke tegangan, dan dapat diproses dengan Mikrokontroler ATmega8. Pada alat ini, hasil akan ditampilkan menggunakan LCD maupun Komputer dengan menggunakan MAX 232.

Kata Kunci: Bakteri, Spektrofotometri, *Optical Density*

## I. PENDAHULUAN

Stater adalah bibit pembuatan produk fermentasi. Untuk membuat hasil fermentasi menjadi lebih optimal, lebih cepat dalam proses fermentasi diperlukan kultur stater yang tepat. Tepat disini diartikan bahwa stater dikondisikan secara maksimal. Pengondisian stater dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain membuat kultur stater basah atau pembuatan kultur stater kering. Salah satu indikasi hasil kultur stater berhasil atau tidak adalah mengukur jumlah banyaknya bakteri yang dihasilkan dari proses pengondisian pembuatan stater. Soraya norma mustika adalah mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (no telepon korespondensi penulis 08194411922; email sorayanorma@gmail.com)

Ponco Siwindarto adalah dosen Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
Dian Widya Ningtyas adalah dosen Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Dengan kata lain, keberhasilan pembuatan kultur stater dapat dilihat perlakuan yang dilakukan apakah menghasilkan jumlah bakteri yang mencukupi untuk digunakan dalam fermentasi atau tidak. Dengan begitu perlu adanya alat yang dapat mengetahui banyak bakteri yang dihasilkan oleh perlakuan ataupun pengondisian yang dilakukan.[1]

Produsen fermentasi menengah ke bawah jarang menggunakan alat penghitung bakteri untuk memaksimalkan hasil fermentasi yang dibuat karena alat tersebut sangat mahal, sehingga uji coba bakteri masih menggunakan cara-cara manual, bahkan tidak dihitung bakteri yang terkandung.[2]

Melihat kendala yang dihadapi oleh kalangan industri fermentasi menengah kebawah tadi, perlu dirancang alat dengan metode lain yang dapat menghitung bakteri hasil pembuatan kultur stater. Perancangan alat ini memanfaatkan metode spektroskopi berupa interaksi pemantulan. Dengan metode interaksi tersebut dapat mengetahui banyaknya bakteri yang dihasilkan pada perlakuan pembuatan kultur tanpa merusak bakteri.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah terbuatnya alternatif perangkat alat penghitung bakteri melalui metode absorpsi spektrofotometri.

## II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

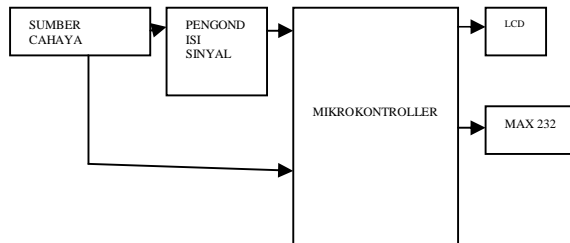
### A. Spesifikasi Alat

Spesifikasi rangkaian alat diterapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan. spesifikasi alat adalah sebagai berikut :

- Pengukuran *densitas optik* bakteri didasarkan pada intensitas cahaya setelah melewati sampel kultur basah
- Jangkauan pengukuran *densitas optik* bakteri antara 610 nm-760 nm, 500-570 nm, 450-500 nm
- Sumber cahaya yang digunakan adalah sebuah LED merah, hijau, biru yang juga memiliki spectrum warna dari bakteri

- Sensor cahaya yang digunakan adalah *Silicon Photodiode*
- Kalibrasi alat ini dilakukan dengan cara membandingkan keluaran alat uji (berupa tegangan) dengan data laboratorium

### B. Diagram Blok Rangkaian



Gambar 1 Diagram blok sistem secara keseluruhan

### C. Prinsip Kerja

Sumber cahaya memancarkan cahaya yang sesuai dengan spektrum warna larutan yang mengandung bakteri. Cahaya tersebut selanjutnya akan diteruskan oleh sampel sehingga akan diterima oleh sensor photodiode. Resistansi *photodiode* berubah seiring dengan perubahan warna larutan yang mengandung bakteri yang akan menghasilkan arus saat diberi tegangan  $V_{cc}$ . Sensor *photodiode* mengubah besaran cahaya menjadi arus yang akan diubah menjadi tegangan oleh rangkaian pengubah arus ke tegangan. Kemudian tegangan tersebut dikuatkan dan disesuaikan oleh rangkaian pengondisi sinyal agar memenuhi tegangan masukan sesuai yang dapat diterima oleh mikrokontroler. Hasilnya akan diproses oleh mikrokontroler, kemudian mengubah menjadi bentuk angka dalam satuan *Optical Density* untuk ditampilkan pada LCD, dan ditampilkan oleh komputer menggunakan MAX 232.

- Perencanaan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak Perencanaan dari masing-masing bagian dapat diuraikan sebagai berikut:

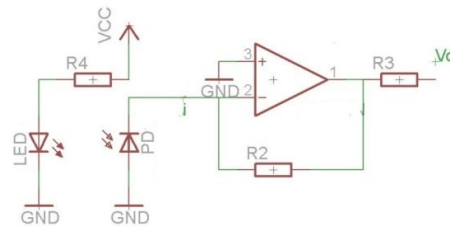
- 1) Perencanaan bagian perangkat keras (*hardware*) meliputi:
  - a) Bagian sumber cahaya
  - b) Bagian *detektor* cahaya
  - c) Bagian pengubah arus ke tegangan
  - d) Bagian pengondisi sinyal
  - e) Bagian mikrokontroler ATmega 8
  - f) Bagian display LCD 2x16
  - g) Bagian MAX 232
- 2) Perencanaan bagian perangkat lunak

#### Perangkat keras

Pada perangkat keras ini ada beberapa bagian antara lain, bagian sumber cahaya, bagian *detektor* cahaya, bagian pengubah arus ke tegangan, bagian pengondisi sinyal, bagian mikrokontroler ATmega 8, bagian penampil LCD, dan bagian penampil ke komputer menggunakan MAX 232

#### - Rangkaian Detektor Cahaya

Rangkaian ini merupakan rangkaian yang digunakan untuk menghasilkan cahaya yang akan dipancarkan melewati sampel larutan yang mengandung bakteri. Rangkaian sumber cahaya menggunakan LED dengan warna yang sesuai dengan dengan spektrum warna yang diinginkan yakni LED merah ,hijau, dan biru. Menurut *datasheet*, tegangan yang digunakan adalah 9 . Sedangkan arus yang tertera pada *datasheet* adalah 20 mA. Rangkaian sumber cahaya ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 2 Rangkaian Detektor Cahaya

Untuk menentukan resistor yang digunakan ,menggunakan persamaan ini,

$$\frac{V_{cc}}{R} = I_{pd}$$

Dapat dilihat resistor yang digunakan adalah . Di pasaran resistor yang ada adalah , karena itulah digunakan . Detektor cahaya yang digunakan adalah fotodiode, yang dapat memberikan respon dari panjang gelombang yang dimiliki bakteri. Sensor ini menghasilkan arus yang berbanding terbalik dengan perubahan warna larutan. Arus fotodiode semakin kecil seiring dengan pekatnya larutan yang mengandung bakteri. Rangkaian pengondisi sinyal digunakan untuk mengubah sinyal keluaran dari rangkaian fotodiode supaya sesuai dengan jangkauan tegangan mikrokontroler. Dari pengamatan menggunakan sampel bakteri didapatkan arus minimal dan maksimal sensor adalah sebesar 0 dan 49,9 .

Tegangan yang diperlukan oleh masukan ADC pada mikrokontroller adalah 0-5 V. Tegangan yang diinginkan adalah 0 - 4,992 V. Untuk mendapatkan keluaran tegangan dalam rang tersebut maka digunakan rangkaian pengubah arus ke tegangan. Resistor yang diperlukan didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$|V_o| = |-I| \times R_2$$

$$R_2 = \frac{|V_o|}{|-I|}$$

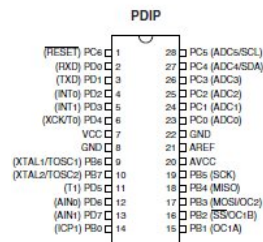
$$R_2 = \frac{4,992 V}{49,9 \mu A}$$

$$R_2 = 100 k\Omega$$

Sehingga didapatkan bahwa resistor yang digunakan adalah 100 kΩ untuk mencapai nilai tegangan yang diinginkan 0 - 4,992 V yang diperlukan untuk masuk ADC pada mikrokontroller.

- Rangkaian Mikrokontroller

Rangkaian Mikrokontroller ATMEGA 8 merupakan tempat pengolahan data dan pengontrolan alat. Gambar 4.5. menunjukkan pin-pin mikrokontroller ATMEGA 8 yang dihubungkan pada ULN2803, MAX 232 dan LCD.



Gambar 3 Mikrokontroller ATMEGA 8

Sebuah Mikrokontroller agar dapat bekerja sebagai pengontrol alat ini dalam berbagai macam fungsi, kaki-kaki port mikrokontroller dihubungkan dengan sebagai berikut

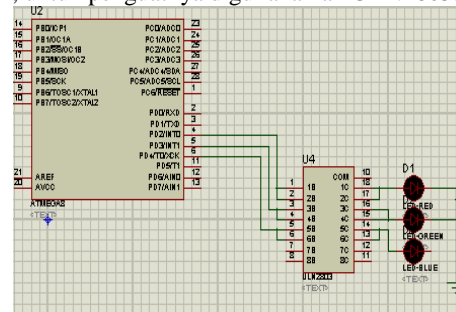
Tabel 1 Konfigurasi I/O Mikronkotroller

Alamat Port	Fungsi
PB.0	Output ke LCD
PB.1	
PB.2	
PB.3	
PB.4	
PB.6	
PB.7	
PC.0	Input ADC dari Sensor
PD.0	Input ke MAX 232
PD.1	
PD.2	Input Rangkaian ULN 2803
PD.3	

PD.4	
RST	Reset Rangkaian

- Rangkaian ULN2803

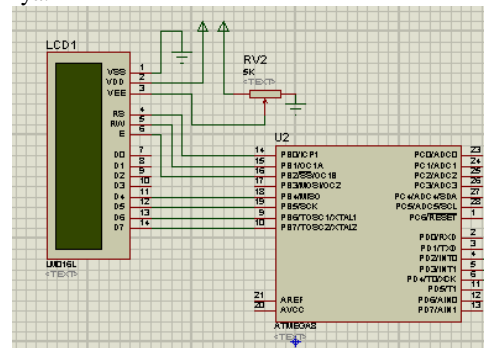
Terdapat tombol switch yang mengubah LED yang akan digunakan, untuk pertama kali LED yang digunakan adalah Red, setelah tombol switch ditekan maka LED yang digunakan berubah menjadi Green, dan selanjutnya jika ditekan ketiga kalinya, LED akan berubah menjadi Blue. Hal ini membutuhkan mikrokontroller yang dihubungkan pada pin PD. 2, PD. 3 dan PD. 4. Karena arus pada Mikrokontroller sangat kecil, untuk penguatnya digunakanlah ULN2803.



Gambar 4. Rangkaian Mikrokontroller dengan ULN 2803

- Rangkaian LCD

LCD merupakan unitkeluaran system mikrokontroller. LCD yang digunakan adalah tipe (16 kolom x 2 baris). Bus data LCD (D4-D7) terhubung dengan mikrokontroller (P). Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan ground. RS dihubungkan dengan pin PB.0 pada Mikrokontroller. Sedangkan untuk mengaktifkan E(enable) LCD dibutuhkan keluaran dari pin PB.1 untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistoe variable 5k. Gambar 4.7 LCD dan konfigurasi pinnya.

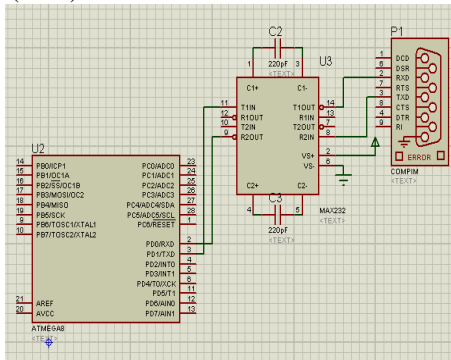


Gambar 5. Rangkaian Mikrokontroller dengan LCD

- Rangkaian MAX 232

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, komunikasi antara komputer dengan alat dilakukan secara serial, dengan level tegangan untuk RS232. Dikarenakan adanya perbedaan level tegangan antara mikro dengan port kabel data serial komputer yang telah compatible dengan standar RS232, maka dibutuhkan sebuah pengubah level tegangan. IC max232 digunakan sebagai pengubah level tegangan TTL pada mikro ke level tegangan RS232. Komunikasi dilakukan secara

asinkron dengan jumlah data 8 bit, noparity, dan menggunakan *baud rate* sebesar  $\pm 11520$  bps, untuk pengiriman data digunakan fasilitas yang ada pada pengendalik mikro yaitu fasilitas pada PD. 0 (RXD), PD.1 (TXD) dan GND

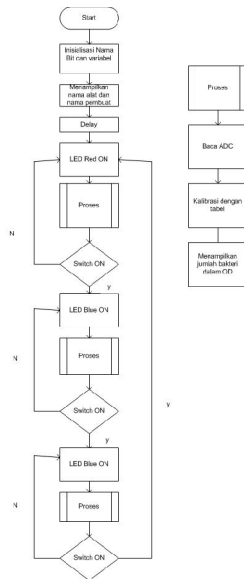


Gambar 6. Rangkaian Mikrokontroler dengan MAX232

- Perangkat Lunak

Tujuan dari program utama adalah mengatur urutan kerja sistem sehingga sistem mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Secara umum tugas yang harus dikerjakan oleh program utama meliputi sistem pembacaan sensor kemudian menampilkan data ke LCD, kemudian menampilkan pada komputer. Algoritma program utama ditunjukkan dalam Gambar 9.

Saat sistem ON, Perancangan perangkat lunak berkaitan dengan flowchart ladder diagram pada software CV AVR. Gambar 9 adalah flowchart sistem keseluruhan.



Gambar 7. Flowchart Program Utama

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Respon Sensor

Pengujian ini juga meliputi pengubah arus ke tegangan untuk memperoleh respon yang linier. Hasil pengujian didapat dari perbandingan antara tegangan keluaran sensor yang sudah diubah menjadi tegangan dengan hasil pengukuran jumlah bakteri di Laboraturium pusat UNISMA. Hasil perbandingannya ditunjukkan dalam

Tabel 2 pada LED merah, Tabel 3 pada LED hijau, dan Tabel 4 pada LED biru.

Tabel 2 Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Sensor dari LED merah

Jenis Sampel dan ke	Tegangan (mV) dari Alat	Nilai Optical Density (OD) dari Spektrofotometer
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1	429	0.32
<i>Lactobacillus plantarum</i> 2	483	0.362
<i>Lactobacillus plantarum</i> 3	503	0.29
Stater yogurt 1	605	0.2
Stater yogurt 2	898	0.18
Stater yogurt 3	1093	0.17

Tabel 3 Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Sensor dari LED Hijau

Jenis Sampel dan ke	Tegangan (mV) dari Alat	Nilai Optical Density (OD) dari Spektrofotometer
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1	2645	0.38
<i>Lactobacillus plantarum</i> 2	2872	0.37
<i>Lactobacillus plantarum</i> 3	3396	0.3
Stater yogurt 1	3748	0.21
Stater yogurt 2	3899	0.18
Stater yogurt 3	4333	0.17

Tabel 4 Hasil Pengujian Tegangan Keluaran Sensor dari LED Biru

Jenis Sampel dan ke	Tegangan (mV) dari Alat	Nilai Optical Density (OD) dari Spektrofotometer
<i>Lactobacillus plantarum</i> 1	551	0.46
<i>Lactobacillus plantarum</i> 2	557	0.44
<i>Lactobacillus plantarum</i> 3	605	0.36
Stater yogurt 1	620	0.31
Stater yogurt 2	898	0.28
Stater yogurt 3	1171	0.16



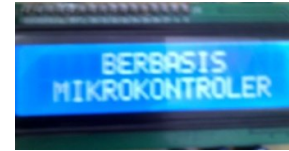
Gambar 9. Hasil Pengujian LCD 1

B. Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal

Hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal ditunjukkan dalam Tabel 4

Tabel 5. Hasil Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal

Arus Pengukuran(μA)			Tegangan perhitungan(V)			Tegangan pengukuran(V)			Rata-Rata Error
Red	Green	Blue	Red	Green	Blue	Red	Green	Blue	
273,2	620,1	742,4	273,2	620,1	742,4	272	619,2	743	0.22171
429,3	859,2	776,7	429,3	859,2	776,7	428,7	860,1	776,2	0.102976
386,2	937,8	815,8	386,2	937,8	815,8	386,1	935	816,1	0.120408
117,3	586,7	273,5	117,3	586,7	273,5	116,5	585,1	273,8	0.354764
371,5	1093,7	776,3	371,5	1093,7	776,3	370	1094	775,8	0.165216
386,3	2645,2	486,2	386,3	2645,2	486,2	385,6	2644,4	487,2	0.138901



Gambar 10. Hasil Pengujian LCD 2

Besarnya kesalahan dari hasil pengujian pada Tabel 4 dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Prosentase penyimpangan pengujian rangkaian pengondisi sinyal elektroda pH adalah:

$$\%Kesalahan = \frac{|V_{outPerhitungan} - V_{outPengukuran}|}{V_{outPerhitungan}} \times 100\%$$

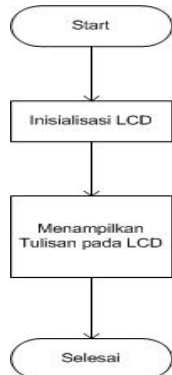
2. Kesalahan rata-rata hasil pengujian rangkaian pengondisi sinyal elektroda pH adalah :

$$\%Kesalahan\ rata - rata = \frac{\sum \% Kesalahan}{n} \times 100\%$$

n=banyaknya pengujian yang dilakukan

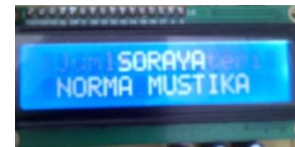
$$\%Kesalahan\ rata - rata = \frac{3.311927}{18} \times 100\% = 0.183996\%$$

C. Pengujian Mikrokontroler ATMEGA8



Gambar 8. Memori ATmega 8

Hasil pengujian didapatkan bahwa perangkat lunak pada mikrokontroler ATmega 8 bekerja sesuai diagram alir.



Gambar 11. Hasil Pengujian LCD 3

D. Pengujian Antarmuka MAX 232

Hasil pengujian didapatkan bahwa perangkat lunak pada MAX 232 bekerja sesuai diagram alir. Tampilan angka pada MAX 232 sesuai dengan yang tertampil di LCD, yang ditunjukkan pada Tabel berikut

Tabel 6. Hasil Pengujian Rangkaian MAX 232

No	Nilai yang keluar di komputer	Nilai yang tertera pada LCD
1	0.217	0.217
2	0.245	0.245
3	0.651	0.651
4	0.327	0.327
5	0.940	0.940

Nilai Error atau kesalahan didapatkan kesalahan sebesar 0% pada rangkaian MAX 232.

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

Hasil pengujian keseluruhan sistem perhitungan bakteri dalam larutan dapat diketahui besar kesalahannya dengan sampel yang ada diukur dan dibandingkan dengan pengujian yang dilakukan di laboratorium seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil Pengujian Rangkaian Keseluruhan

No	Jenis Sampel	Alat Penghitung Bakteri ( <i>Optical Density</i> )			Hasil Laboratorium ( <i>Optical Density</i> )			Rata-Rata Error
		Red	Green	Blue	Red	Green	Blue	
1	Lactobacillus Plantarum Pengenceran 1	0.17	0.22	0.27	0,15	0.25	0.31	4.875168
2	Lactobacillus Plantarum Pengenceran 2	0.133	0.242	0.313	0.14	0.23	0.31	3.729859
3	Stater Yogurt Pengenceran 3	0.245	0.268	0.345	0.23	0.27	0.36	3.678461
4	Stater Yogurt Pengenceran 4	0.433	0.576	0.614	0.425	0.59	0.62	1.748624

### KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sensor *photodiode* keluaran yang dikondisikan dengan pengubah arus ke tegangan adalah dengan penyimpangan 0.183996 %, menunjukkan pengondisi sinyal yang baik. Sedangkan hasil keluaran sensor semakin keruh maka semakin kecil nilai tegangan menunjukkan respon sensor yang cukup baik. Keluaran pada LCD dan komputer sesuai dengan program yang dibuat yang menampilkan secara *realtime*. Dari keseluruhan alat kesalahan yang didapatkan adalah 3.508 % dari pengujian pada Lactobacillus Plantarum maupun stater yogurt.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afrie, Setiawan. 2011. *20 Aplikasi Mikrontroller ATMEGA 16 Menggunakan BASCOM-AVR*. Yogyakarta: Andi OFFSET
- [2] Buckle, K A. 1987. *Ilmu Pangan. Terjemahan H Purnomo dan Adiono*. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- [3] Coughlin, Robert F. 1982. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. Erlangga: Jakarta
- [4] Isnafia, I.A. 2002. *Pengaruh Bahan Kriogenik dan Lama Penyimpanan Terhadap Karakteristik Kultur Kering Sosis Fermentasi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- [5] Knorr, Dietrich W. 1987. *Food Science and Technology*. New York: Marcel Dekker Inc
- [6] Lindon, John. 2000. *Encyclopedia of spectroscopy and Spectrometry*. London: Academic Press
- [7] Malvino, Albert Paul. 1996. *Prinsip-prinsip Elektronika, Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- [8] V, Nikolai. 2006. *Optical Spectroscopy Methods and Instrumentation*. Netherland: Oxford
- [9] W, Bibiana. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. Jakarta: PT RajaGrafinfo Persada