

APLIKASI MK AT89C51 UNTUK PENDETEKSIAN KADAR LIMBAH MERUGIKAN INDUSTRI PENGEPAKAN UDANG

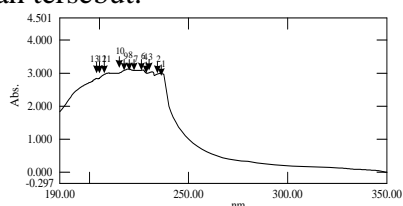
Setiadi Cahyono Putro
Hary Suswanto
Saidah
Wulan Indriastuti

Abstrak: Tujuan pengembangan adalah merancang pendeteksi kadar STPP limbah industri pengepakan udang. Instrumentasi sistem menggunakan sistem fotometri memanfaatkan sinar UV yang ditembakkan ke sampel limbah pada kuvet untuk mendeteksi kadar STPP. Logikanya semakin besar sinar UV yang diserap oleh STPP maka semakin besar kadar STPP-nya. Sinyal cahaya dilewatkan pada cairan STPP dan diterima oleh photodiode selanjutnya diubah menjadi sinyal listrik. Perubahan sinyal cahaya menjadi listrik digunakan sebagai input OP-Amp yang berfungsi sebagai pengkondisi sinyal input ADC. Selanjutnya ADC akan mengubah tegangan input menjadi data digital 8 bit. Data yang diinputkan ke MK akan diolah dengan program MCS-51 dan ditampilkan ke display seven segment dan merupakan hasil pen-deteksian kadar STPP dalam persen. Hasil pendeteksian mempunyai keandalan $\pm 80\%$.

Kata Kunci: STPP, Mikrokontroler, Elektronik.

STPP (*Sodium Tripolyphosphate*) merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh perusahaan perikanan yang bergerak dibidang pembekuan dan pengepakan udang. Limbah STPP dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. STPP adalah merupakan senyawa aditif atau bahan tambahan pada proses pembekuan udang bertujuan untuk mengenyalkan daging dan mengkilatkan permukaan udang (Hera, 2003).

STPP digunakan untuk perendaman produk *added value* yaitu *nobashi ebi*. Konsentrasi STPP pada perendama udang adalah 4 %. (Susanti, 2004:47). STPP sebagai limbah tidak dapat terurai diudara. STPP mudah larut dalam air dan secara signifikan terdapat dalam limbah industri pengepakan udang. STPP ini tidak dapat terurai secara kimiawi, sehingga dikhawatirkan terjadinya penumpukan STPP pada limbah. Oleh karena itu diperlukan alat yang dapat mengetahui kadar STPP dalam limbah tersebut.



Gambar 1 Pengujian λ maksimum STPP

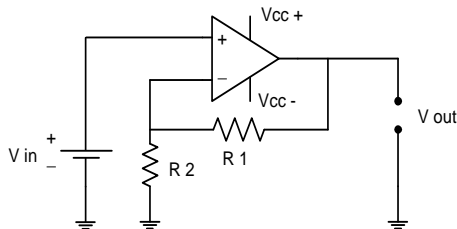
Untuk mendeteksi kadar STPP digunakan UV-VIS yang sering digunakan untuk pengukuran ataupun analisis kualitatif dan kuantitatif zat dengan menggunakan absorpsi panjang gelombang λ cahaya tampak atau Ultraviolet (Budiasih, 1999: 11).

Pada uji laboratorium di PERUM Jasa Tirta Malang, STPP dilarutkan dalam air dengan konsentrasi 10 % disinari dengan Sinar UV yang menunjukkan λ antara 190-350 nm maka absorpsi cahaya UV pada STPP diperlihatkan pada Gambar 1. Penyerapan cahaya terjadi pada $\lambda=190-230$ nm, sedangkan penyerapan cahaya maksimum terjadi pada $\lambda= \pm 216$ nm. Meskipun demikian dapat dikatakan bahwa STPP dapat menyerap sebagian dari daerah UV yang mempunyai λ antara 10-380 nm.

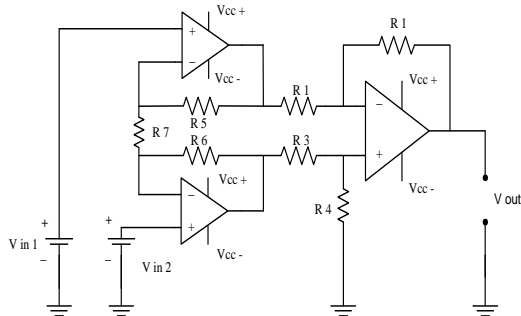
Untuk menangkap sinar UV digunakan photodiode sebagai detektor yang berfungsi untuk mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik. Tegangan yang diterima oleh detektor diperkuat menggunakan Op-Amp *non inverting* Gambar 2 sebelum dikonversikan ke ADC.

Fungsi penguat differensial atau Instrumentasi mode CMRR dalam perancangan alat digunakan untuk memperkuat

perbedaan dua sinyal dari detektor (detektor sampel dan detektor referensi), sehingga hanya diperlukan satu buah ADC untuk mengkonversikan output sinyal yang dihasilkan. Rangkaian Op-Amp ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Rangkaian penguat tak membalik (Sumber: Malvino, 1987)



Gambar 3 Op-Amp Instrumentasi mode CMRR (Sumber: Malvino, 1987)

Hubungan antara tegangan input dan output pada penguat instrumentasi DC dirumuskan sebagai berikut:

$$V_0 = \left(1 + \frac{2R_5}{R_7}\right) \frac{R_2}{R_1} (V_1 - V_2)$$

$$\text{Gain} = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{2R_5}{R_7}\right)$$

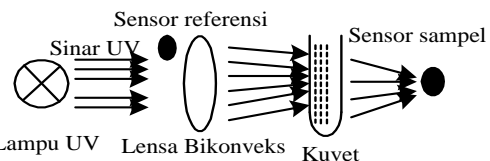
Output Op-Amp instrumentasi digunakan sebagai input ADC yang berfungsi untuk merubah data analog ke data digital sebagai masukan untuk kendali utama Mikrokontroler. Pada perancangan digunakan ADC 0804 yang dapat mengkonversikan input analog menjadi 8 keluaran digital (8 bit) sehingga dapat di hubungkan langsung dengan port-port MK.

MK AT89C51 berfungsi sebagai main control untuk memproses data input dari ADC dan menampilkannya pada display. Data tersebut ditampilkan pada display *seven segment*. Dengan demikian diperlukan

transistor yang digunakan untuk mengaktifkan display seven segment. Transistor ini berfungsi sebagai saklar atau *switching*. Seven segment berfungsi untuk menampilkan informasi atau data yang merupakan output dari MK yang memberikan informasi tentang kadar STPP dalam limbah industri pengepakan udang.

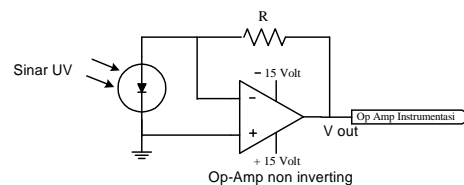
METODE

Kadar STPP pada limbah dideteksi dengan menggunakan sistem spektrofotometri. Sinar lampu UV ditembakkan ke sampel limbah untuk mengetahui kadar STPP. Sinar yang ditembakkan harus sesuai dengan panjang gelombang yang dapat diserap STPP. Untuk meloloskan panjang gelombang kadar STPP digunakan sinar UV dengan asumsi bahwa bahan tambahan lain dalam limbah dianggap variabel tetap, instrumentasinya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Gambar Sistem pendeteksi kadar STPP

Sinar UV yang dilewatkan oleh sampel limbah (dalam kuvet) akan mengenai photodiode (sensor sampel) dan digunakan sebagai data input untuk Op-Amp. Karena kuat cahaya yang masuk tidak selalu sama maka digunakan photodiode untuk mendeteksi kuat cahaya UV dan digunakan sebagai sensor referensi.



Gambar 5 Gambar rangkaian sensor

Sensor sampel resistor yang dipakai untuk penguatan Op-Amp non inverting adalah 100KΩ. sehingga Voltage output sesuai dengan rumus:

$$V_{out} = I_{\text{photodiode}} \times R$$

Sensor referensi, R yang digunakan untuk penguatan adalah 10 Ω. Dengan menggunakan resistor 10Ω maka tegangan output dari sensor sampel dan V_{out} sensor referensi mempunyai perbedaan 0 V. Perbedaan dari kedua sensor tersebut akan dikuatkan oleh Op-Amp instrumentasi seperti pada Gambar 3, sehingga output mencapai tegangan 0-5 V sebagai input ADC. ΔV untuk sampel 50% STPP adalah 0.047 V. Supaya tegangan ini bisa jadi tegangan input ADC maka digunakan penguatan 83 kali, dengan setting R₁ = R₂ = R₃ = R₄ = R₅ = R₆ = 100K maka R₇ yang diperlukan adalah:

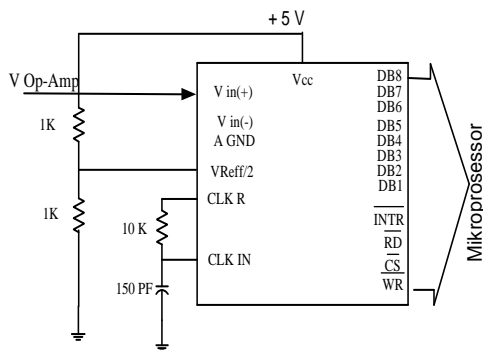
$$\text{Gain} = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{2R_5}{R_7} \right)$$

$$83 = 1 + \frac{2 \times 100K\Omega}{R_7}$$

$$R_7 = \frac{200K\Omega}{83}$$

$$R_7 = 2,4K\Omega.$$

ADC yang digunakan pada instrumen pen deteksi kadar STPP adalah ADC 0804 yang bisa mengubah data analog menjadi data digital 8 bit. Data ini akan digunakan sebagai input MK AT89C51. Rangkaian ADC 0804 diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Rangkaian ADC 0804

V_{reff} dan V_{in} yang digunakan adalah 5V dan input V_{reff}/2 merupakan pembagi tegangan. Jika R₁=R₂=1KΩ maka output ke V_{reff}/2 adalah:

$$V_{reff / 2} = \left(\frac{1K\Omega}{1K\Omega + 1K\Omega} \right) 5V$$

$$V_{reff / 2} = 2,5V$$

Resolusi ADC menunjukkan perubahan tegangan yang dapat menyebabkan kenaikan 1 bit pada Output digital ADC. Jadi setiap perubahan tegangan 0,02 output digital ADC akan naik 1 bit, diperoleh dari:

$$\text{Resolusi ADC} = \frac{V_{reff}}{(2^8 - 1)}$$

$$= \frac{5V}{(256 - 1)}$$

$$= 0,0195 V$$

$$= 0,02 V$$

Karena tegangan input analog secara langsung sebanding dengan output digital, maka output digital pada saat kadar STPP 50 % dengan input analog A_{in} = 3,901 Volt adalah:

$$D_{out} = \frac{A_{in}}{V_{reff}} \times 256 = \frac{3.90}{5} \times 256 = 200_{10}$$

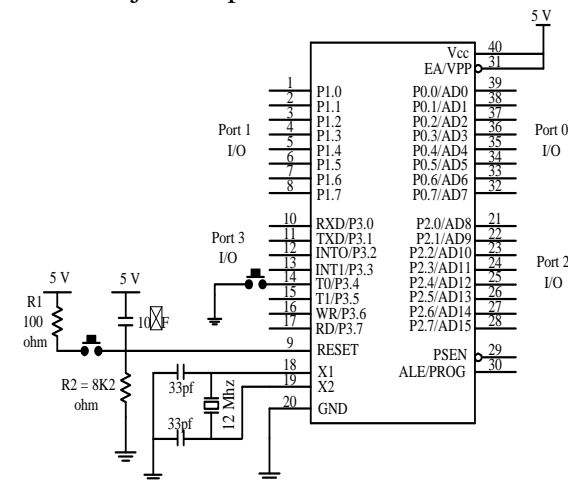
atau 1100 1000₂

Sedangkan output digital terkecil adalah:

$$D_{out} = \frac{A_{in}}{V_{reff}} \times 256 = \frac{0}{5V} \times 256 = 0_{10}$$

atau 0000 0000₂

Output dari rangkaian ADC ini akan digunakan sebagai input atau data MK yang akan diproses oleh program MK. MK akan membandingkan data masukan dengan data-base yang ada dalam program. Pembuatan database untuk program dilakukan dengan membuat sampel limbah yang disesuaikan dengan penelitian yang telah dilakukan di pabrik pengepakan udang di Banyuwangi. Gambar design hardware MK ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Rangkaian MK AT 89C51

P1.0-P1.7 MK AT89C51 digunakan sebagai input biner 8 bit dari ADC (LSB-MSB). Sedangkan P3.0 digunakan sebagai input INTR dan WR untuk mengaktifkan ADC serta P3.4 sebagai tombol hold. Output MK ini akan ditampilkan melalui seven segment yang dihubungkan dengan P2.0-P2.7 dan P0.1-P0.7 dihubungkan dengan transistor yang berfungsi sebagai driver seven segment.

Perancangan menggunakan transistor PNP SS9012, dengan hfe antara 64-202 dan seven segment yang mempunyai LED warna merah dengan spesifikasi $V = 1.7-2,8$ dan $I = 10mA-20mA$, sehingga R_{sv} dan R_b Gambar 8 dapat dihitung sebagai berikut:

$$R_{SV(\min)} = (V_{cc} - V_{LED(\max)}) / I_{LED(\max)}$$

$$= (5 - 2,8) V / 20mA$$

$$= 110\Omega$$

$$R_{SV(\max)} = (V_{cc} - V_{LED(\min)}) / I_{LED(\min)}$$

$$= (5 - 1,7) V / 10A$$

$$= 430\Omega$$

$$I_{c(\max)} = I_{LED(\max)} = 20mA$$

$$I_{b(\max)} = I_{c(\max)} / hfe$$

$$= 20mA / 64$$

$$= 312,5 \times 10^{-6} A$$

$$R_{b(\min)} = (V_{bb} - V_{be}) / I_b$$

$$= (5 - 0,7) / 312,5 \times 10^{-6}$$

$$= 13,76 K\Omega$$

$$I_{b(\min)} = I_{c(\min)} / hfe$$

$$= 10mA / 64$$

$$= 156,3 \times 10^{-6} A$$

$$R_{b(\max)} = (V_{bb} - V_{be}) / I_b$$

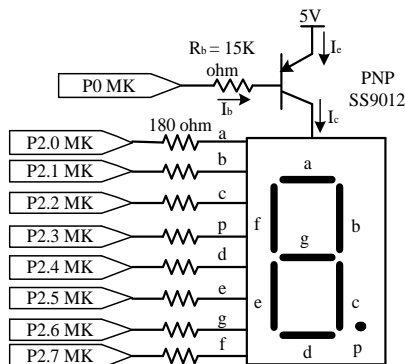
$$= (5 - 0,7) / 156,3 \times 10^{-6} A$$

$$= 27,51 K\Omega$$

Dari perhitungan tersebut maka digunakan $R_{sv} = 180\Omega$ dan $R_b = 15K\Omega$. Pemilihan nilai ini didasarkan pada nilai resistansi resistor yang mempunyai nilai diantara R_{sv} dan R_b maksimum atau minimum. Desain transistor dan display seven segment dapat dilihat pada Gambar 7.

Seven segment yang dipakai ada 7 buah seven segment common anode. Empat seven segment pertama digunakan untuk menampilkan kadar STPP yang telah dideteksi dan 3 seven segment akhir di-

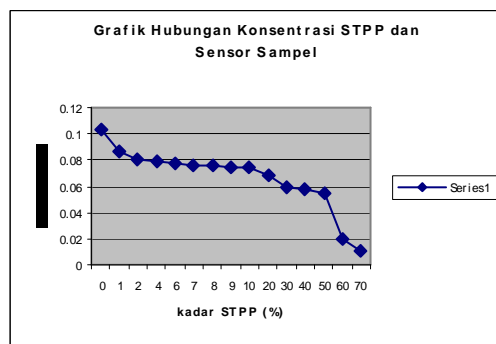
gunakan untuk menampilkan error pendeteksi yang dihasilkan oleh pendeteksian sensor sample.



Gambar 8 Rangkaian driver seven segment

HASIL

Hasil dari perancangan alat ini adalah suatu instrumen yang mampu mendeteksi kadar STPP dalam limbah industri pengepakan udang dengan asumsi bahwa bahan tambahan yang terdapat dalam limbah dianggap sebagai variabel tetap. Hal ini disebabkan karena kurangnya optimasi alat yang disebabkan tidak ditemukannya filter monokromatis yang berfungsi untuk meloloskan panjang gelombang yang sesuai dengan STPP.



Gambar 9 Grafik Hubungan Konsentrasi STPP Dengan V_{out} Sensor Sampel.

Hasil Pengujian rangkaian pendeteksi kadar STPP pada Gambar 4 dengan menggunakan Sampel dengan kadar STPP berbeda menunjukkan bahwa pada saat kadar STPP 0% Pengujian sistem pendeteksi kadar STPP menunjukkan V_{out} terbesar yaitu 0,103V dan V_{out} terkecil saat kadar STPP 50% yaitu 0,056V. Konsentrasi

STPP 60% dan 70% STPP sudah jenuh se hinga V_{out} yang dihasilkan turun secara drastis. Dari hasil pengujian dapat dibuat grafik hubungan antara konsentrasi STPP dan V_{out} sensor sampel, Gambar 9.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian pada Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin banyak kadar STPP maka te-gangan yang dihasilkan akan semakin berkurang. Dalam perancangan ini diasumsikan bahwa garis tersebut adalah linear de-ngan setiap pertambahan kadar STPP 1% maka tegangan akan turun sebesar 0,94 mV.

Nilai pengujian V_{out} sensor sampel mempunyai selisih atau penyimpangan da ri V_{out} rancangan yang diekspresikan dengan error pendeteksi. Nilai error sistem pendeteksi dapat dicari dengan mengguna kan rumus:

$$E = \left(\frac{V_{rancangan} - V_{pengukuran}}{V_{rancangan}} \right) \times 100\%$$

Hasil perhitungan error pendeteksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Error Sistem Pendeteksi Kadar STPP

Kadar STPP	Error pendeteksian
0 %	0 %
1 %	17 %
2 %	14 %
4 %	14 %
6 %	14 %
7 %	14 %
8 %	17 %
9 %	15 %
10 %	17 %
20 %	17 %
30 %	15 %
40 %	13 %
50%	E
60%	E

V_{out} sensor sampel dan referensi akan dica ri selisih tegangannya dan dikuatkan dengan Op-Amp Instrumentasi. Hasil pengu jian rangkaian Op-Amp Instrumentasi pa da Gambar 3 memperlihatkan bahwa hasil pengujian menunjukkan hasil yang baik,

karena semakin besar perbedaan teganan input (V_1 dan V_2) maka semakin besar output yang dihasilkan rata-rata penguata adalah 83 kali, penambahan atau pengura ngan pada penguatan terjadi karena tole-ransi dari resistor.

Pengujian pada rangkaian ADC dila kukan untuk mengetahui output digital ya ng dihasilkan oleh Op-Amp Instrumentasi. Pengujian dilakukan dengan memberi te-gangan masukan tegangan masukan pada $V_{in}(+)$ ADC dengan nilai yang berbeda. V_{cc} atau $V_{ref} = 5V$ serta $V_{ref/2} = 2,5V$ dengan resolusi ADC 0,02 V. Hasil pengujian rangkaian ADC pada Gambar 5 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian rangkaianADC

$V_{in}(+)$	V_{Out}		
	hitungan	desimal	biner
0	0	0	0000 0000
1	51.2	51	0011 0011
1.5	76.8	77	0100 1101
2	102.4	102	0110 0110
2.5	128	128	1000 0000
3	153.6	154	1001 1010
3.5	179.2	179	1011 0011
4	204.8	205	1100 1101
4.5	230.4	230	1110 0110

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tega ngan pengujian mempunyai nilai selisih dengan output digital. Hal ini karena reso lusi ADC pada perancangan adalah 0,02 V. sehingga nilai yang kurang dari 0,02 V tidak bisa menjadi 1 bit.

Pengujian driver seven segment pa da Gambar 8 menunjukkan ketika transis-tor SS9012 yang berfungsi sebagai driver diberi logika 0 (rendah) maka transistor akan berfungsi sebagai saklar ON, sehing ga I_c mengalir dan dapat digunakan un-tuk menghidupkan seven segment. Dan ji ka transistor diberi logika 1 (high) maka transistor akan berfungsi sebagai saklar Off dan LED tidak menyala.

Data atau informasi tentang kadar S TPP dalam limbah industri pengepakan u

dang dari sensor sampel dan sensor referensi yang sudah ditransfer oleh ADC dan diolah oleh MK AT89C51 akan ditampilkan pada display seven segment.

Data hasil pengujian display seven segment pada Gambar 7 (yang sebelum R_{SV} diberi dengan saklar on-off) menunjukkan bahwa seven segment ketika saklar on (diberi logika 0 dari MK) maka pin seven segment akan hidup. Dan jika saklar dalam kondisi off (diberi logika 1) maka pin seven segment akan mati.

Hasil seluruh pengujian dapat dikatakan bahwa rangkaian elektrik yang dihasilkan baik dan sesuai dengan rancangan. Pada pengujian sampel dengan menggunakan alat pendeteksi kadar STPP dengan menggunakan rangkaian hasil pengujian keseluruhan menunjukkan bahwa semakin kecil kadar STPP yang dideteksi maka semakin besar error alat yang dihasilkan. Jadi instrumen pendeteksi kadar STPP berbasis MK AT89C51 belum bisa digunakan di dunia industri. Hal ini disebabkan karena tidak adanya filter monokromatis yang seharusnya digunakan untuk meloloskan panjang gelombang STPP tidak ditemukan, error alat juga disebabkan karena toleransi komponen yang dirancang pada perancangan alat.

KESIMPULAN

1. Alat pendeteksi kadar STPP berbasis MK AT89C51 dalam limbah pengepakan udang dapat mendeteksi kadar STPP <50% karena pada kadar STPP \geq 50% larutan STPP sudah melewati titik jenuh.
2. Alat ini hanya mengukur kadar STPP pada limbah pengepakan udang
3. Ada kemungkinan zat lain pada limbah pengepakan ikut terdeteksi, karena kurang optimalnya sistem pendeteksian yang disebabkan tidak adanya filter monokromatis pada perancangan.
4. Semakin besar kadar STPP yang dideteksi maka error alat menjadi semakin

kecil, hal ini terjadi karena variabel lain dianggap sebagai variabel tetap

5. Ketelitian alat ini hanya sampai dua angka dibelakang koma dengan setiap berubahnya mengalami penambahan atau pengurangan desimal 0,25.

SARAN

1. Agar hasil pendeteksian lebih valid maka diperlukan suatu filter optik monokromatis yang berfungsi untuk meloloskan panjang gelombang ± 116 dan penggunaan lampu UV jenis A atau lampu deuterium Arc. fotodioda yang digunakan lebih baik mempunyai spesifikasi yang hanya peka terhadap sinar UV saja.
2. Perlu otomatisasi dalam alat ini, sehingga alat ini dapat bekerja tanpa menggunakan saklar.
3. Sebagai alat pendeteksi ukuran alat ini terlalu besar sehingga untuk pengembangan lebih lanjut dapat didesain lebih kecil sehingga praktis bila dibawa langsung ke lapangan
4. Setelah memasukan sampel yang akan diukur ke dalam kuvet, sebaiknya kuvet bagian luar dibersihkan terlebih dahulu sebelum kuvet dimasukkan ke dalam rangkaian sensor, karena hal ini dapat berpengaruh dalam pendeteksian.

DAFTAR RUJUKAN

- Budiasih, Endang. 1999. *Analisis Instrumen bagian I, pokok bahasan pengantar spektrofotometri abspsi, spektrofotometri sinar tampak dan ultraviolet, spektrofotometri infra merah*. Malang: Depdikbud UM.
- HERA. 2003. *HERA Targetted Risk Assisment Of Sodium Tripolyphosphate (STPP)*, (Online), (<http://www.HERA.project.com/HERA.html>), diakses 16 Oktober 2004).
- Malvino, A. P. 1984. *Prinsip-prinsip Elektronika Jilid II*. Terjemahan: M. Barmawi. 1987. Jakarta: Erlangga.

Susanti, Nur. 2004. Laporan KKI Pengawetan Udang Putih (*Penaeus Vannamea*) Sebagai Usaha Peningkatan Ekspor Di PT Istana Cipta Sembada Banyuwangi Jawa Timur. Malang: FMIPA Unibraw