

Rancang Bangun Oksimeter Digital Berbasis Mikrokontroler ATMega16

Guruh Hariyanto¹, Welina Ratnayanti K.², Franky Chandra S.A³,

^{1,3} Program Studi S1 Teknobiomedik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

² Program Studi S1 Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Email : guruh.hariyanto@gmail.com

ABSTRAK

Oksimeter merupakan alat yang digunakan untuk memonitor keadaan saturasi oksigen dalam darah (arteri) pasien, untuk membantu pengkajian fisik pasien, tanpa harus melalui analisa tes darah. Kadar saturasi oksigen darah merupakan parameter vital untuk mengetahui adanya disfungsi pernafasan dan mencegah lebih dini adanya kekurangan oksigen tingkat selular metabolisme yang dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan organ pada pasien kritis. Sensor oksimeter bekerja menggunakan prinsip transmisi cahaya tampak dan *infrared* yang ditembakkan pada jaringan organ jari tangan atau daun telinga. Intensitas cahaya yang diteruskan kemudian ditangkap oleh sensor fototransistor. Pada penelitian ini menggunakan sensor fototransistor TEMT6000 yang memiliki nilai kepekaan yang lebih akurat dibandingkan fotodioda. Selain itu, harganya yang terjangkau, mampu menekan biaya pembuatan lebih murah. Penelitian ini juga menggunakan tiga macam warna LED yaitu, merah, biru dan hijau sebagai sumber cahaya transmisi. Berdasarkan hasil yang didapatkan, ternyata LED merah lebih baik untuk menerobos jaringan organ jari tangan. Alat penelitian ini mampu membedakan hasil pengukuran antara pasien satu dengan yang lain dengan nilai eror 5,7 % dan akurasi 97 %

Kata kunci : *oksimeter, fototransistor, saturasi oksigen*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi elektronika berkembang pesat hingga merambat ke bidang elektronika medis. Elektronika medis dibuat untuk berbagai macam tujuan, diantaranya *monitoring instrument*, *diagnostic instrument*, *therapeutic instrument*, dan *assistive devices*. *Monitoring instrument* digunakan untuk memperoleh informasi rekam medis pasien dan menampilkan data melalui media *display*. Salah satu contoh *monitoring instrument* adalah oksimeter.

Oksimeter merupakan salah satu metode penggunaan alat untuk memonitor keadaan saturasi oksigen dalam darah (arteri) pasien, untuk membantu pengkajian fisik pasien, tanpa harus melalui analisa tes darah. Oksimeter merupakan salah satu alat yang sering digunakan di rumah sakit saat dilakukan proses pembedahan untuk mengetahui saturasi oksigen dalam darah. Saturasi adalah persentase dari pada hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada di dalam darah (Andrey, 2005). Cara kerja oksimeter yaitu mengukur intensitas cahaya LED yang dipaparkan di permukaan kulit jari setelah melewati kulit dan berinteraksi dengan sel darah merah. Alat ini bertujuan untuk mengukur saturasi oksigen darah dengan observasi absorpsi gelombang optik yang melewati kulit dan berinteraksi dengan sel darah merah. Dengan membandingkan absorpsi cahaya, alat tersebut dapat menentukan persentase Hb yang disaturasi (Srie, 2003).

Oksimeter termasuk alat kategori *non-invasive*, artinya oksimeter tidak memerlukan sampel darah yang harus dikeluarkan dari dalam tubuh. Hal ini sangat penting pada situasi perubahan mendadak kadar oksigen darah, karena seperti yang kita ketahui bahwa nilai normal saturasi oksigen hanya berkisar 85%-100%. Jika nilai pengukuran dibawah nilai 85% menandakan bahwa jaringan tidak mendapatkan oksigen mencukupi sehingga memerlukan tindakan lanjut. Aplikasi oksimeter sangat banyak diantaranya pada lingkup perawatan di rumah sakit, lingkungan diagnostik dan di tempat dimana dibutuhkan pengamatan saturasi oksigen.

Pada penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh Andrey (2011) tentang oksimeter berbasis mikrokontroler, menjelaskan rancang bangun oksimeter digital dengan sensor *oxisensor*. Ada beberapa hal yang perlu ditambah dalam alat tersebut yaitu sistem alarm. Hal ini sangat penting karena berfungsi sebagai indikator untuk mengingatkan petugas kesehatan jika terjadi penurunan saturasi oksigen dibawah kadar 80%. Penambahan alarm akan menambah nilai kegunaan oksimeter yang lebih otomatis dan cepat respon terhadap keselamatan pasien. Dengan menggunakan rangkaian buzzer yang disambungkan ke mikrokontroler, parameter alarm dapat diatur dengan baik.

Di Indonesia banyak sekali distributor yang menjual oksimeter dengan harga yang relatif masih mahal. Hal ini dikarenakan ketersediaan oksimeter masih mengimpor barang dari luar Indonesia. Berdasarkan uraian sebelumnya, oksimeter masih memungkinkan untuk dibuat dengan komponen dalam negeri karena sediaan bahan penyusun sensor fotodetektor seperti LED cahaya tampak dan LED inframerah terdapat dalam jumlah besar. Berawal dari masalah itulah penulis melakukan penelitian untuk membuat oksimeter dengan alarm dari komponen lokal sehingga biaya pembuatan menunjang hasil cipta dengan harga yang lebih terjangkau. Harapan setelah terwujudnya alat ini adalah mampu memicu kreasi bangsa untuk membuat alat elektronik medis dengan berbagai macam modifikasinya. Selain itu melepas ketergantungan terhadap kebutuhan alat medis buatan luar Indonesia.

METODE PENELITIAN

1. *Pulse Oximetry*

Pulse Oximetry berfungsi mengamati saturasi oksigen darah. Hal ini dilakukan untuk menjamin kadar oksigen cukup pada pembuluh. Biasanya dipakai pada pasien yang mengalami *under anesthesia*, *neonates* (bayi baru lahir yang berusia di bawah 28 hari (Stoll, 2007), pasien yang mengalami kondisi buruk (*critically*). Alat ini menampilkan frekuensi denyut jantung dan saturasi oksigen, parameter yang menjadi andalan dan sangat berguna untuk mengetahui kondisi pasien saat pemeriksaan. Oksimeter termasuk alat medis *non invasive* dan portabel. Proses penggunaan probe sensor dengan menjepit bagian ujung jari seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Probe *Pulse Oximetry*

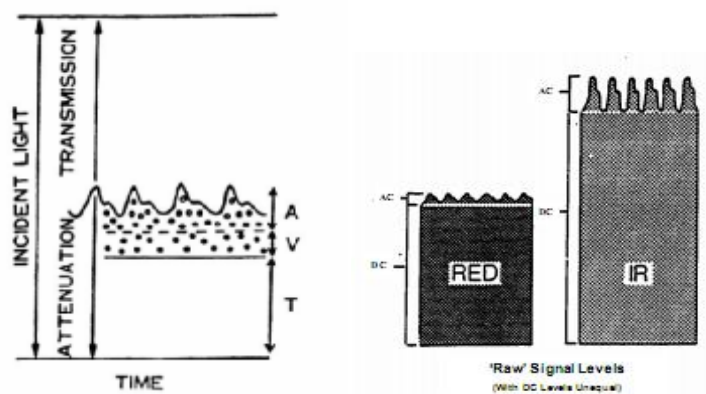
Sensor dibangun dengan menggunakan LED (*Light Emitting Diode*) berwarna merah dan LED *infrared*. Perlu diketahui hemoglobin yang mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang cahaya 910 nm dan hemoglobin yang tidak mengikat

oksigen menyerap panjang gelombang cahaya 650 nm sehingga hal inilah yang mengapa LED merah dan inframerah digunakan sebagai komponen utama pembangun sensor karena kedua LED ini memiliki panjang gelombang yang sesuai kriteria.

2. Prinsip Dasar Oksimeter

Sensor *pulse oximetry* menggunakan cahaya dalam analisis spektral untuk pengukuran saturasi oksigen, yaitu deteksi dan kuantifikasi komponen (hemoglobin) dalam larutan. Saturasi oksigen adalah persentase total hemoglobin yang membawa atau mengandung oksigen. Probe umumnya ditempatkan jari atau daun telinga. Sebuah fotodetektor pada sisi lain mengukur intensitas cahaya yang berasal dari transmisi sumber cahaya yang menembus jari. Transmisi cahaya melalui arteri adalah denyutan yang diakibatkan pemompaan darah oleh jantung (Hill *et al*, 2006)

Alat oksimeter menggunakan LED merah dan inframerah bersama-sama dengan fotodetektor untuk mengatur arus di dalam rangkaian relatif terintegrasi untuk penyerapan cahaya yang melalui jari. Pengurangan cahaya dapat dilihat seperti Gambar 2 dan dapat dibagi dalam tiga bagian besar : pengurangan cahaya akibat darah arteri, pengurangan cahaya akibat darah vena, dan pengurangan cahaya akibat jaringan. Pengurangan cahaya akibat darah vena dapat menyebabkan beberapa sinyal akibat perubahan di dalam aliran darah dan juga perubahan akibat level oksigen darah. Pengurangan cahaya yang disebabkan aliran darah vena dan jaringan menciptakan suatu sinyal yang relatif stabil dan sinyal ini disebut dengan komponen DC.

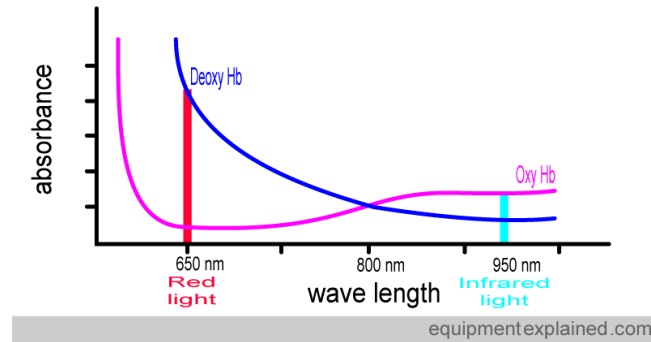


Gambar 2 Transmisi Cahaya melalui Jari Tangan

Semakin relefan komponen pengurangan cahaya di dalam oksimeter adalah sinyal AC yang ditimbulkan oleh aliran denyut dari darah arteri. Penyerapan lebih dari spektrum cahaya inframerah relatif ke spektrum cahaya merah adalah indikasi dari oksigen saturasi yang tinggi dan absorpsi lebih dari spektrum cahaya merah relatif ke spektrum cahaya inframerah adalah indikasi dari oksigen saturasi yang rendah.

3. Penyerapan Cahaya oleh Hemoglobin

Terdapat dua jenis Hb berdasarkan kandungan oksigen didalamnya, diantaranya *oxyhemoglobin* yaitu hemoglobin yang mengikat oksigen dan *deoxyhemoglobin* adalah hemoglobin yang tidak mengandung oksigen.



Gambar 3 Grafik Perbedaan Hemoglobin Menyerap Cahaya
(Prasanna, 2011)

. Dari Gambar 3 dapat dianalisis bahwa cahaya LED merah lebih banyak diserap oleh *deoxyhemoglobin* dan cahaya LED Inframerah lebih banyak diserap *oxyhemoglobin*. Rasio perbedaan penyerapan cahaya tersebut menjadi acuan untuk menentukan saturasi oksigen. Rasio (R) adalah jumlah perbandingan penyerapan cahaya infrared dan cahaya merah. Nilai rasio dapat dihitung dengan rumus 2.1 [1].

$$SpO_2 = \frac{[HbO_2]}{[Hb] + [HbO_2]} \dots\dots\dots 2.1$$

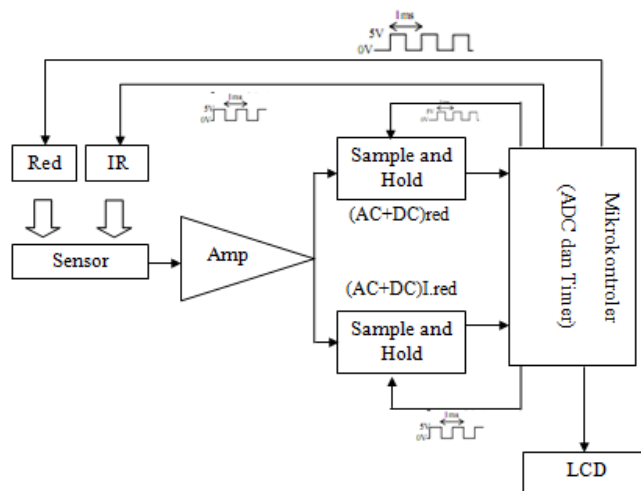
$$R = \frac{ac660/dc660}{ac940/dc940} \dots\dots\dots 2.2$$

Nilai SpO_2 dapat dihitung dengan memasukkan nilai R pada persamaan linier 2.3 [2].

$$SpO_2 = 110 - 25 \times R \dots\dots\dots 2.3$$

4. Perancangan

Dibutuhkan beberapa modul rangkaian untuk proses pengolahan sinyal. Perancangan didasari pada Gambar 3.



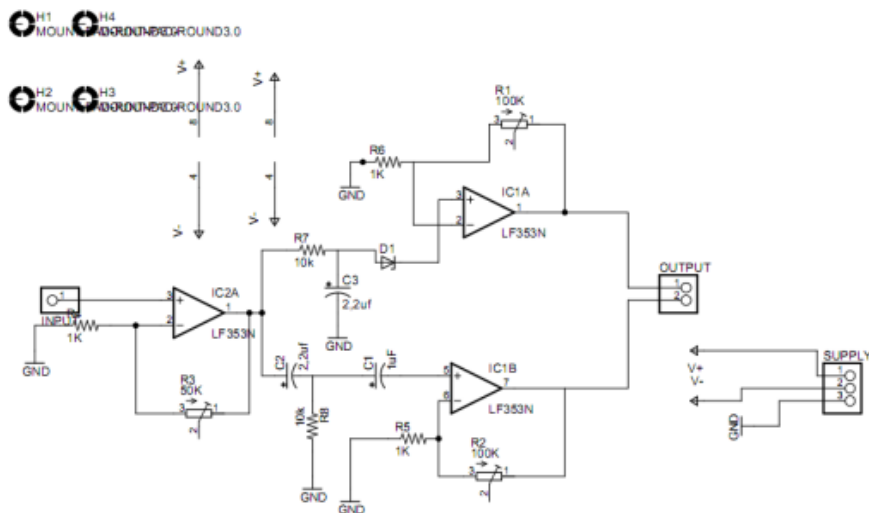
Gambar 4. Diagram Blok Oksimeter

LED Merah dan IR perlu diberi *setting timer* agar LED menyala berkedip dengan frekuensi 1000Hz. Hal ini dilakukan untuk memenuhi kecepatan denyut aliran darah pada arteri. Cahaya yang diteruskan akan ditangkap oleh fototransistor TEMT6000 yang nilai keluaran berupa tegangan analog. Fototransistor TEMT6000 ditunjukkan pada gambar 5.



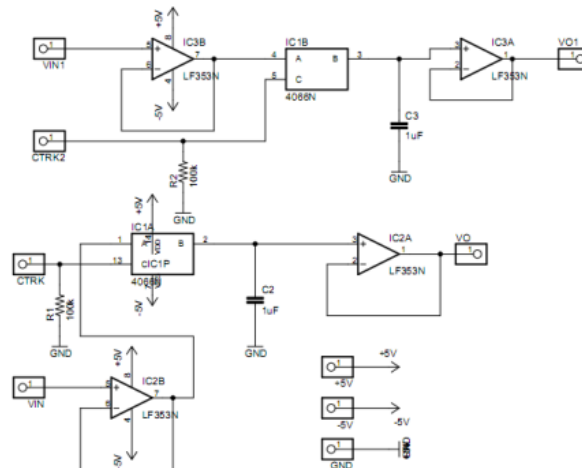
Gambar 5. Sensor TEMT6000

Keluaran dari fototransistor kemudian dikuatkan dengan *amplifier cascade*. Amplifier ini memiliki penguatan sebanyak tiga kali yang terdiri dari *low pass filter* 7Hz, *high pass filter* 7Hz, kopling dioda germanium dan kopling kapasitor untuk memblokir sinyal AC dan DC pada karakter penguatan masing-masing.



Gambar 6. Rangkaian Penguat *Cascade*

Keluaran tegangan dari amplifier akan diolah di rangkaian *sample and hold*. Rangkaian menggunakan IC CD4066 (*quad bilateral switch*) yang memiliki empat gerbang input dan empat gerbang output. Sinyal yang akan masuk disimpan terlebih dahulu sebelum dikeluarkan selama periode tertentu, sesuai dengan input pada *pin ctrl* masing-masing. Selain itu, IC CD4066 perlu ditambah *Input buffer amplifier* yang mempunyai impedansi input yang tinggi. Hal ini berfungsi untuk mengurangi pembebanan pada tahap sebelumnya dan mempunyai impedansi output yang rendah untuk memungkinkan pengisian muatan dengan sangat cepat pada *hold capacitor*.



Gambar 7. Rangkaian *Sample and Hold*

Terdapat dua keluaran tegangan dari rangkaian *sample and hold* yang kemudian dihubungkan pada pin ADC pada mikrokontroler agar tegangan yang dihasilkan akan dikonversi menjadi data digital dan dihitung dengan rumus ratio saturasi oksigen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini mengambil data perubahan hasil pengukuran selama interval satu menit sebanyak tiga kali pengukuran di lima jari yang berbeda. Jari yang dikuru yaitu jari telunjuk, jari jempol, jari tengah, jari manis, jari kelingking. Adapun data yang didapatkan adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Pengukuran Spo2 Jari Tangan

No	Spo2 Telunjuk (%)	Spo2 Jari Tengah (%)	Spo2 Jari Manis (%)	Spo2 Jempol (%)	Spo2 Jari Kelingking (%)
1	94,16	95	92,2	92,4	90,5
2	92,5	92,94	91,6	91,89	95,25
3	93,7	90,8	92,6	91	89,86
Σ	93,45	92,91	92,2	91,76	91,87
SD	0,857	2,100	0,48	0,708	2,944
Error	0,917	2,260	0,52	0,772	3,205

Dari data tersebut dapat dianalisa bahwa pengukuran spo2 pada jari telunjuk menunjukkan angka pengukuran paling besar dengan pengukuran yang lain. Tetapi secara keseluruhan, jari yang lain menunjukkan hasil pengukuran yang memiliki selisih yang relatif kecil. Perbedaan ini bisa disebabkan panjang lintasan tranmisi cahaya dari LED yang berbeda pada setiap jari. Semakin panjang lintasan transmisi cahaya maka semakin banyak cahaya yang diserap sehingga sedikit saja cahaya yang diteruskan. Jari jempol yang memiliki struktur lapisan jaringan yang lebih tebal atau panjang menunjukkan hasil pengukuran yang paling kecil. Selain itu ada beberapa faktor yang menyebabkan mengapa jari telunjuk menghasilkan pengukuran yang lebih besar dibandingkan dengan jari kelingking. Hal ini bisa disebabkan seperti ukuran jari yang terlalu besar, perubahan kadar Hb, aktivitas berlebihan pada saat pengukuran dan desain probe sensor yang kurang sempurna.

Selain iu alat hasil penelitian dibandingkan dengan Mindrey PM50, didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Perbandingan Pengukuran Alat

No	Pasien	Umur	Berat Badan	Tinggi Badan	Mindrey PM50	Alat Penelitian	Error
1	A	22	50	160	97	93	2,54 %
2	B	21	55	169	98	90	1,55 %
3	C	22	85	179	98	86	5,8 %
4	D	23	55	169	98	93	1,28 %
5	E	22	85	178	98	89	2,7 %

Dari hasil tabel 2. Dapat dilihat bahwa alat masih kurang stabil dikarenakan adanya nilai toleransi eror pada komponen yang digunakan sehingga proses pembacaan ADC masih sering berubah-ubah. Selain itu bisa disebabkan kondisi pasien yang kurang tenang saat proses pengukuran. Oksimeter berbasis mikrokontroler ATmega16 telah dibuat dan dapat bekerja dengan cukup baik. Alat penelitian mampu membedakan hasil pengukuran antara pasien satu dengan yang lain dengan nilai *error* 2,774 % dan akurasi 97 %

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. LED merah mampu diserap sebagian oleh jaringan jari dan sebagiannya lainnya lagi ditransmisikan sehingga mampu ditangkap oleh detektor TEMP6000. Sedangkan LED hijau dan biru tidak mampu ditransmisikan sehingga tidak terdeteksi oleh detektor.
2. Oksimeter berbasis mikrokontroler ATmega16 telah dibuat dan dapat bekerja dengan cukup baik. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan data dengan akurasi terbaik alat dalam mengukur SpO₂ adalah 97 % dan eror terbesarnya adalah 5,8 %.
3. Pengukuran SpO₂ di lima jari yang berbeda ternyata terdapat perbedaan yang relatif kecil. Hal ini bisa disebabkan panjang lintasan transmisi cahaya dari LED yang berbeda pada setiap jari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, Ratna dan M.Rochmad.2009. *Design and Analyze Detector Stress Level Based Oxihaemoglobin (HbO₂) in Blood*. ICICI-BME 2009 Proceedings.Surabaya: PENS.
- Andrianto, Heri.2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA16*. Bandung :Informatika bandung.
- Atmel Corporation.2010.*ATMega16*. Tersedia : www.atmel.com. [7 Juli 2010].
- Hadi, Mokh. Sholihul.2008. *Mengenal Mikrokontroler AVR ATMega16*.IlmuKomputer.com. Diakses[19 Juni 2012]
- Huldani.2010.*Pengaruh Kadar Hemoglobin dan Jenis Kelamin terhadap Konsumsi Oksigen Maksimum Siswa-Siswi Pesantren Darul Hijrah*.Banjarmasin:Fakultas Kedokteran Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
- Khandpur, R.S.2005.*Biomedical Instrumentation Technology and Applications*.USA: The Mebraw-Hill Companies.^[1]
- Matviyenko, Serhiy.2010.*Pulse Oximetry-Standard*. San Jose: Cypress Semiconductor Corporation.
- Parumaanor, John Tinsy.2008. *Visible Versus Near-Infrared Light Penetration Depth Analysis In An Intralipid Suspension As It Relates To Clinical Hyperspectral Images*.Arlington : The University of Texas.
- Putra, Andrey Aranta.2006.*Rancang Bangun Pulse Oximetry Digital Bebas Mikrokontroller*.Surabaya: PENS.
- Putri, Tyan Resa.2010.*Photodiode Dan LED* [Online].Tersedia : <http://tyanretsa.blogspot.com>. Diakses[20 Desember 2011]
- Royn.2011.*Fototransistor*. [Online].Tersedia: <http://Sinelectronicblogspot.com>. Diakses[21 Juli 2012]
- Thai Li, Yun.2007. *Pulse Oximetry*. Guildford. Department of Electronic Engineering : University of Surrey.

Town, Neil.2001.*Pulse Oximetry*.Journal Medical Electronics.Michaelmas Term.2001.

Webster, J.G.1997. *Design of Pulse Oximeters*, Intitute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia: Medical Science Series.^[2]

Wongjan, Anan dan Amphawan Julseree, members.2009. *Continuous Measurements of ECG and SpO2 for Cardiology Information System* . Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol II: Hongkong

Yanda, Srie. 2003. *Perbandingan Nilai Saturasi Oksigen Pulse oximetry dengan Analisa Gas Darah Arteri pada Neonatus yang Dirawat di Unit Perawatan Intensif Anak* .Medan : USU Digital Library.

Yasmin, Nilu Gede dan Christantie Effendy. 2002. *Keperawatan Medikal Bedah : Klien dengan Gangguan Sistem Pernapasan*. Jakarta: EGC.

Young, IvenH.2003.*Oximetry*.^[Online].Tersedia:www.australianprescriber.com/
[11 Oktober 2011]

Supriyanto.2007.*Perambatan Gelojgmbang Elektromagnetik*.Jakarta:Departemen Fisika Universitas Indonesia.

Syahrul.2006.*LED, Light Emitting Diode: Teknologi Dan Perkembangannya*.Bandung : Universitas Komputer Indonesia.