

PENGUKUR KADAR OKSIGEN DAN HEMOGLOBIN DALAM DARAH MANUSIA

Siswo Wardoyo

Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang

ABSTRACT

For continuous measurement of both hemoglobin content (Hb) and Oxygen saturation (OS) of whole blood, a reflection type hybrid optical sensor was designed based on the theoretical model using the photon diffusion theory. The prototype sensor consists of a light emitting diode (LED) and photodiode chips. In estimation of hemoglobin, the conventional dual wavelength ratio method was modified to eliminated the effect of hematocrit variation through adding a constant term C in the denominator as $R_{795} / (R_{665} + C)$, where R_{795} and R_{665} are the reflectances at 665 and 795 nm, and C depends on sensor geometry and the blood physiological characteristics. The important devices in system is mikroprocessor for central processing unit.

Keywords : Sensor, mikroprocessor.

A. PENDAHULUAN

Informasi tentang gas-gas dalam darah manusia khususnya pada pembuluh arteri sangat diperlukan oleh para medis, terutama untuk mengetahui pasien dalam kondisi serius yang sangat membutuhkan pengaturan sistem pernapasan. Dalam sistem respirasi, ada suatu tanda dasar yang sangat vital, yang dikenal dengan istilah oksigen saturasi dalam darah manusia. Oksigen saturasi mengindikasikan persentase oksigen yang berkombinasi dengan hemoglobin dalam darah manusia, atau kemampuan darah mengikat oksigen yang diperoleh dari proses respirasi.

Dengan masih manualnya proses pengambilan contoh darah akan menyebabkan cara ini tidak bisa digunakan secara *universal* pada setiap pasien. Dan cara ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengetahui hasilnya. Keadaan seperti ini menjadikan tidak efektif dan memungkinkan hasil yang kurang akurat. Untuk itu, suatu pengembangan dari manual menjadi cara elektronik sangat diperlukan untuk mendukung kinerja para medis.

B. PEMBAHASAN

Dioda foto yang digunakan sebagai *sensingnya* memungkinkan menggantikan proses manual tersebut menjadi cara elektronik. Berkas cahaya yang melewati suatu zat dalam larutan akan mengalami penyerapan yang berubah-ubah dengan panjang gelombang. Untuk mencapai harga maksimum pada panjang gelombang tertentu maka energi foton dalam berkas cahaya tersebut sama dengan energi transmisinya.

Prinsip pengamatan hemoglobin dan kandungan oksigen dalam darah manusia adalah perubahan warna hemoglobin yang teroksidasi dari hemoglobin yang tidak teroksidasi diukur dengan perbedaan dalam absorpsi, ketika cahaya dengan panjang gelombang tertentu menembus jaringan darah. Menggunakan karakteristik ini keduanya dapat dibedakan dengan menggunakan sinar merah (cahaya tampak) dan sinar infra merah (cahaya tidak tampak) yang perbandinannya dapat mengindikasikan persentase dasar kandungan oksigen dalam darah.

Mikroprosesor memiliki nilai strategis sebagai pengolah sinyal dari hasil tangkapan sensor sebagai informasi awal dari suatu proses elektronik. Aplikasi *mikroprosesor* untuk pengukur kadar oksigen dan hemoglobin dalam darah manusia membutuhkan suatu benda mekanik yang mendukung terutama pada konstruksi sensor dioda foto sebagai penerima dan infra merah dan cahaya merah sebagai pengirimnya. Karena rentan sekali terhadap pengaruh cahaya dari luar, sehingga akan mempengaruhi keakuratan hasil tangkapan.

Perancangan Kontrol Sistem

Gambar 1 menunjukkan implementasi dari perancangan kerja yang diharapkan. Dalam perancangan kontrol sistem ini digunakan *mikrokontroller* Intel 8031 dengan bahasa *assembly* sebagai pemrogramnya.

Untuk rancangan sensor berfungsi sebagai pengindera kandungan oksigen dan hemoglobin dalam darah manusia, yang memanfaatkan persamaan panjang gelombang suatu LED dan sekaligus pengirim sinyal optik ke pengkondisi sinyal.

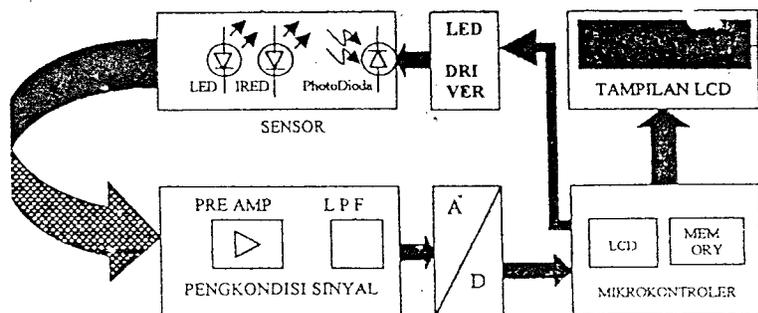
Pengkondisi sinyal terdiri dari penguat dan low pas filter dimana penguat ini berguna untuk menguatkan sinyal optik dari sensor yang masih lemah dan LPF berfungsi sebagai penapis derau yang mungkin menyertai hasil tangkapan dari *dioda foto*.

Analog Digital Converter (ADC) berguna untuk mengubah data analog dari pengkondisi sinyal untuk menjadi data digital sebagai masukan dari *mikrokontroller*.

Mikrokontroller berguna sebagai pengolah data masukan dari ADC untuk bisa diproses dalam menentukan kadar oksigen dan kadar hemoglobinnya. Dan dari mikrokontroller inilah semua pengendali terpusat untuk bekerjanya.

Liquid Cristal Display (LCD) digunakan sebagai sarana tampilan untuk mengetahui berapa kadar oksigen (O_2 dan HBO_2).

LED driver berguna sebagai penguat arus pada kedua LED sehingga diperoleh intensitas pancaran kedua LED yang sama. Artinya, pancaran visible RED dan infrared seimbang.

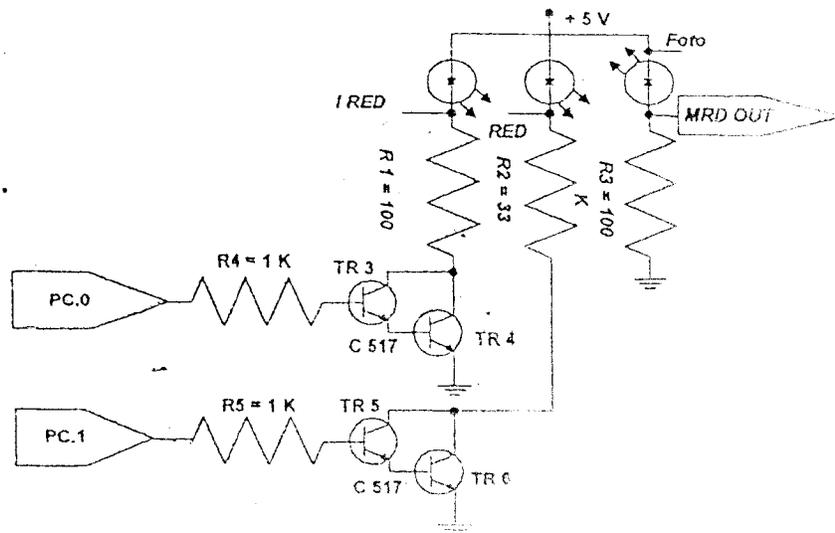


Gambar 1.
Diagram Blok Kontrol Sistem

Seperti terlihat pada gambar 2, rangkaian sensor terdiri dari bagian pengirim berkas cahaya (*emiter*) dan penerima (*acceptor*) yang berfungsi untuk memperoleh data dari hemoglobin dan oksihemoglobin dalam darah berupa sinyal listrik dalam bentuk tegangan. Kedua LED pada sensor tersebut akan menyala secara bergantian sehingga tidak terjadi interferensi di antara keduanya. Oleh karena itu diharapkan *dioda foto* mampu merespon pancaran kedua LED itu dengan baik dan dapat merubah respon tersebut menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan.

Berdasarkan penelitian Setsuao Takatani, kadar hemoglobin dalam darah manusia dapat ditentukan dengan persamaan seperti di bawah ini :

$$(Hb) = 0.2587 \times R_{795} - (4.366 \times R_{795}) + 25,19$$



Gambar 2.
Rangkaian Pengendali Sensor

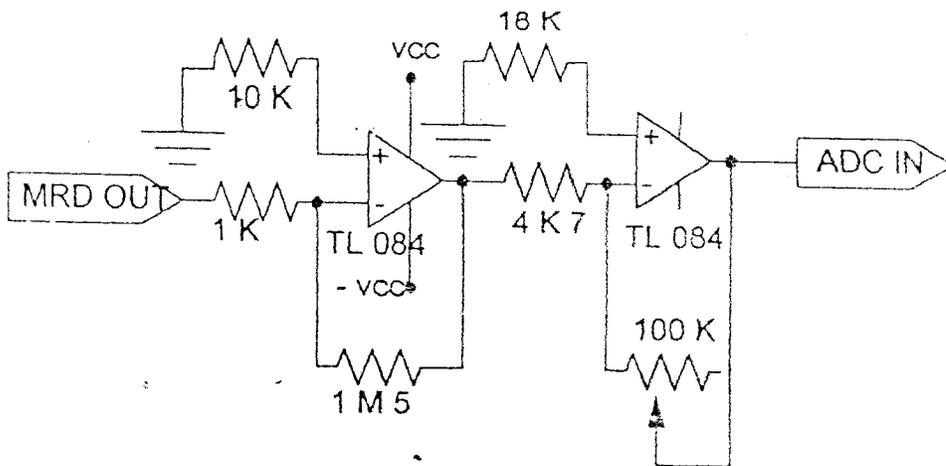
dimana R_{795} adalah besarnya reflektansi sinar inframerah yang diterima oleh *diode foto*. Adapun bila digunakan untuk mengukur kandungan oksigen dalam darah, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$OC = 1,34 \times OS \times (HB)$$

$$OS = -35,98 \left(\frac{R_{795}}{R_{655} + 0,09} \right) + 155$$

Dimana
 OC = kandungan oksigen dalam darah
 OS = oksigen saturasi darah
 R_{795} & R_{655} = reflektansi sinar inframerah dan sinar merah

Dalam penelitian ini penguat operasional yang dipilih adalah keluarga TL 084 yang memiliki tahap masukan JFET. IC ini dipilih untuk memperoleh penguatan yang cukup tinggi dan untuk mengatasi sedikit masalah yang timbul pada kekebalan terhadap noise dan respon frekuensi, sekalipun frekuensi kerja sensor sebenarnya tidak terlalu tinggi. Tahap yang baik untuk mengurangi derau adalah JFET yang memiliki R_{input} tak berhingga. Dalam pengkondisi sinyal penguatan yang dipilih seharusnya adalah penguat berjenis non-inverting, tetapi karena penguat non-inverting memiliki sifat mudah memasuki daerah saturasi maka dalam penelitian ini dipilih konfigurasi penguat *inverting* yang diinvertingkan lagi, atau dengan kata lain tidak merubah kondisi akhir dari penguat tersebut. Konfigurasi tersebut digambarkan seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3.
Konfigurasi Penguat untuk Pengkondisi Sinyal

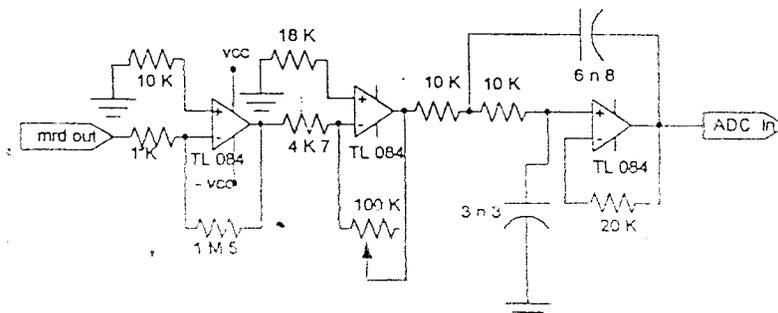
Filter yang digunakan diimplementasikan dengan sebuah penguat operasional yang terdapat dalam sebuah IC TL 084 tersebut. Filter yang digunakan adalah filter dengan frekuensi cut off 3,3 KHz. Rancangan *low pas filter* disederhanakan dengan membuat tahanan R6 – R7,

sehingga diperlukan tiga langkah untuk merancang filter (LPF).

1. Menentukan frekuensi cut off, ω_1 atau f_c .
2. Membuat $R_6 = R_7 = R$ dan $R_8 = 2R$.
3. Menghitung C_7 dan C_8 .

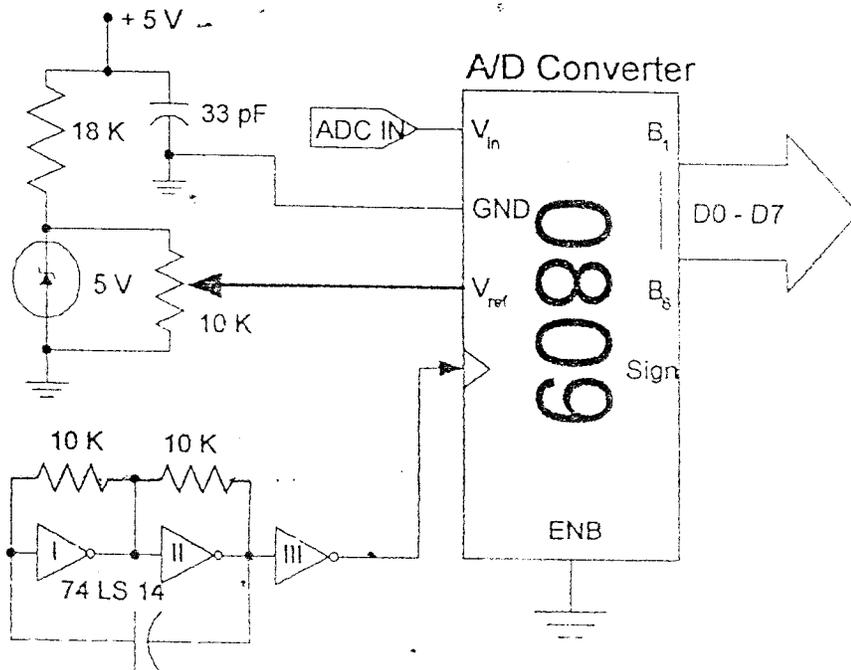
$$C_7 = \frac{0,707}{\omega_c R} \quad C_8 = 2 C_7$$

Dengan demikian diperoleh $R = 10 \text{ K}\Omega$, $C_7 = 3,3 \text{ nF}$, $C_8 = 6,6 \text{ nF}$ dan $R_8 = 20 \text{ K}\Omega$. Implementasi keseluruhan dari pengkondisi sinyal dapat dilihat pada gambar 4. Cara kerja filter ini adalah menerima masukan dari penguat dua yang akan disaring oleh jaringan RC, dan akan dikuatkan satu oleh penguat operasional. Filter ini akan meredam frekuensi di atas frekuensi *cut off* dan akan melewati frekuensi di bawah frekuensi *cut off*. Keluaran filter akan dikirim sebagai masukan dari ADC untuk dikuantisasi dan diproses lebih lanjut.



Gambar 4.
Implementasi Pengkondisi Sinyal

Bagian pemroses sinyal menjalankan fungsi yang sangat kompleks. Di antaranya melakukan proses aritmatik logik untuk memperoleh besarnya hemoglobin dan kandungan oksigen dalam darah. Pertama kali sinyal masukan analog dari filter bagian pengkondisi sinyal harus diubah menjadi sinyal digital. Dengan demikian harus dibutuhkan suatu pengubah analog ke digital (ADC, *Analog Digital Converter*). Dalam peneltian ini digunakan IC ADC 0809 yang memiliki delapan input, walaupun yang digunakan hanya satu input. Rangkaian selengkapnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5.
Rangkaian Analog Digital Converter

Konversi A/D berlangsung pada saat pulsa START menjadi rendah, mengosongkan pencacah. Bila pulsa START kembali ke keadaan tinggi, maka telah siap beroperasi melakukan hitungan naik dari nol, sehingga keluaran konverter akan berbentuk tegangan yang positif. Tegangan masukan akan dibandingkan dengan tegangan referensi dari ADC itu sendiri. Jika tegangan masukan sama dengan tegangan referensi maka keluaran ADC akan FF, tetapi jika masukan di bawah referensi maka akan dilakukan pencacahan terhadap tegangan masukan itu sesuai dengan tegangan tangga (step size) sehingga keluaran dari ADC sesuai dengan akurasi yang kita inginkan. Keluaran D0 – D7 ADC ini yang akan menjadi masukan *mikrokontroller*.

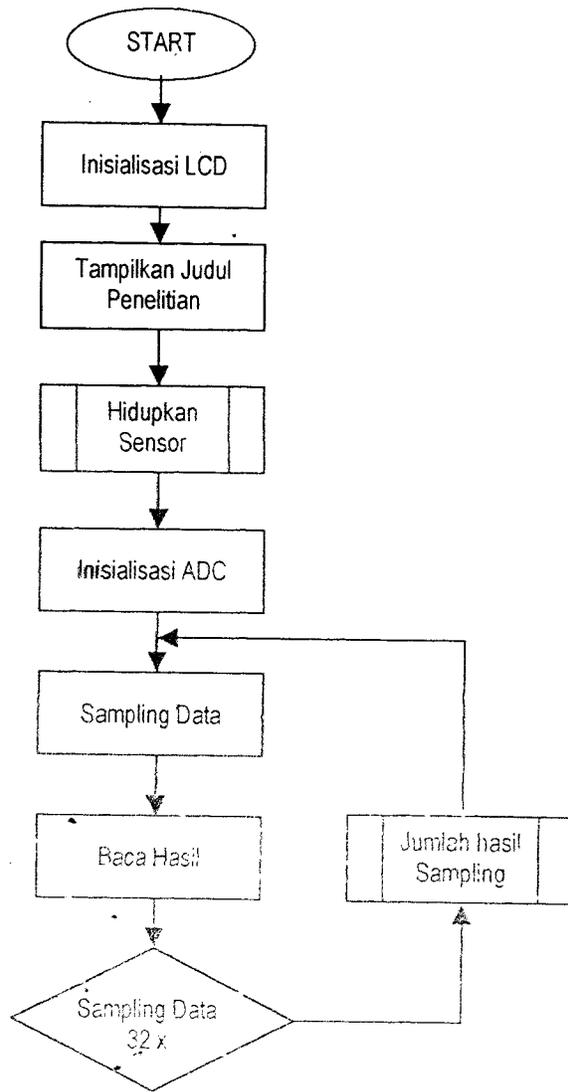
Mikrokontroller merupakan bagian terpenting dalam sistem ini, karena merupakan otak dan pengatur dari kerja keseluruhan sistem. Selanjutnya untuk keakuratan perhitungan maka pengambilan sampel data tidak cukup sekali, namun ditetapkan sejumlah 32 kali dalam setiap pengukuran dengan pertimbangan bahwa 32 atas jumlah sampel minimum untuk statistik 30 kali dan untuk kemudahan perhitungan aritmatik logik yang berbasis bilangan biner, sebab $32 = 2^5$ (kelihatan dua). Data-data ini harus disimpan terlebih dahulu, di rata-rata sebelum diproses lebih lanjut.

Pada langkah pertama mikrokontroller akan menampilkan judul penelitian, langkah selanjutnya akan menampilkan Hb di baris pertama dan O₂ di baris kedua. Selanjutnya mikrokontroller akan mengirimkan sinyal secara bergantian kepada sensor dalam proses penyelaannya. Selanjutnya sensor akan mengirimkan data berupa arus ke pengkondisi sinyal. Kemudian arus akan dirubah ke tegangan dan sekaligus akan dikuatkan oleh pengkondisi sinyal yang akan diteruskan ke ADC.

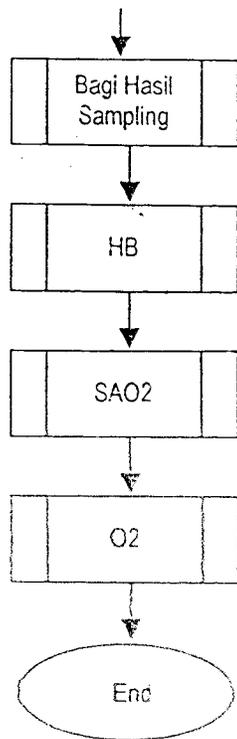
Perancangan Perangkat Lunak

Untuk implementasi perangkat lunaknya, diperlukan bantuan diagram alir yang akan mempermudah dalam menentukan urutan kerja dari sistem yang akan dibuat. Gambar selengkapnya untuk diagram alir ini digambarkan dalam gambar 6. Diagram alir akan sangat membantu

kita dalam mencari kesalahan dan menentukan tindak lanjut penanganan perbaikan sistem yang bisa kita lakukan



Lanjutan Diagram Alir Program Utama



Gambar 6.
Diagram Alir Program Utama

Tabel 1.
Pengujian Hemoglobin

No.	Nama	Jenis Kelamin	Umur	HB
1.	Adi Kusnaldi	Laki-laki	21	13.6
2.	Sunyono	Laki-laki	50	13.4
3.	Agus Setyawan	Laki-laki	12	12.7
4.	Luthfi Hakim	Perempuan	26	13.8
5.	Menek Herawati	Perempuan	8	11.2

Tabel 2.
Pengujian Oksigen

No.	Nama	Jenis Kelamin	Umur	O ₂
1.	Adi Kusnaldi	Laki-laki	21	96
2.	Sunyono	Laki-laki	50	95
3.	Agus Setyawan	Laki-laki	12	96
4.	Luthfi Hakim	Perempuan	26	96
5.	Menek Herawati	Perempuan	8	95

Dari tabel hasil pengukuran tampak bahwa hasil pengukuran bervariasi yang disebabkan beberapa faktor di antaranya umur orangnya, keikutsertaan cahaya dari luar yang ikut masuk ke dalam sensor dengan kata lain kerapatan sensor yang melekat ke dalam jari manusia. Kondisi mental seseorang juga mempengaruhi hasil pengujian, semakin cepat

detak jantungnya, akan semakin cepat aliran darah yang melalui jari sehingga akan mempengaruhi kerapatan jaringan darah yang akan ditembus sinar merah dan sinar infra merah.

C. SIMPULAN

Simpulan yang dapat diperoleh dari uraian di atas adalah sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan pengukur kadar oksigen dan hemoglobin dalam darah manusia berhasil membuktikan pengukur kadar oksigen dan hemoglobin secara manual dapat diganti dengan sistem elektronik yang tidak melukai manusia yang diimplementasikan dengan memanfaatkan *mikrokontroler* sebagai pengendali utamanya.
2. Berdasarkan pengujian yang dilakukan alat ukur ini, bisa dikatakan berhasil untuk mengukur kadar Oksigen dan Hemoglobin dalam Darah Manusia. Keberhasilan ini masih ada kekurangan yang disebabkan faktor dari luar seperti kerapatan sensor yang melekat pada jari manusia.
3. Untuk hasil pengujian berubah-ubah dalam setiap waktunya, sehingga yang diambil hanyalah hasil rata-rata dari setiap pengukuran.

Saran

Ada dua saran yang diperlukan untuk pengembangannya.

1. Alat ini mengalami kekurangan dalam hal kerapatan sensor yang melekat pada jari manusia, sehingga disarankan dalam pengemasan sensor lebih kuat dan rapat terhadap jari manusia yang disesuaikan dengan besar kecilnya jari dari usia manusia.
2. Dalam penelitian ini ditemukan masih kurang efektifnya dana yang dikeluarkan, di antaranya sensor bisa dibuat sendiri, ADC menggunakan 0804 yang lebih murah dan sarana tampilannya menggunakan 7 segment yang sudah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- 1984, *Mendesain Rangkaian IC-TT Buku Kedua*, Binatronika, Bandung.
- Malvino, Albert Paul, 1984, *Electronic Principles*, Mc Graw Hill Inc, New York.
- Moh. Ibnu Malik & Anistardi, 1997, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Paul Horowitz & Winfield Hill, 1985, *Seni dan Desain Elektronika volume 1*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Paul Horowitz & Winfield Hill, 1987, *Seni dan Desain Elektronika volume 2*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Roger L. Tokheim, Sutisna, 1994, *Prinsip-prinsip Digital Seri Buku SCHAUM Teori dan Soal-soal*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Wasito S, 1995, *Vademekum Elektronika*, Edisi Kedua, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wasito S, 1997, *Data Sheet Book1, Data IC Linear, TTL dan CMOS (Data Penting Komponen Elektronika)*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- William J. Mooney, *Optoelectronics Devices and Principles*, Prentice-Hall International, Inc.
- Setsuo Takatani, Hiroyuki Noda, Hisateru, Takano, Tetsuo Akutsu, vol 35, no. 3, March 1998, *A Miniature Hybrid Reflection Type Optical Sensor for Measurement of Hemoglobin Content and Oxygen Saturation of Whole Blood*.
- _____, *Elektron*, No. 48th, XVIII, *Mengukur Oksigen Saturasi Darah*.