PERANCANGAN *PULSE OXIMETRY* DENGAN SISTEM ALARM PRIORITAS SEBAGAI *VITAL MONITORING* TERHADAP PASIEN

Desak Putri Puspita Indriani[1], Yudianingsih[2], Evrita Lusiana Utari[3]
Email : utry_indria@yahoo.com[1], nadia_yudia@yahoo.co.id[2],
vrita_lun4@yahoo.com[3].

Intisari

Pulse oximetry merupakan suatu metode non-invasive yaitu metode pengukuran dari luar tubuh untuk pengukuran nilai saturasi oksigen dan pulse rate yang merupakan parameter vital untuk pendeteksian lebih dini terhadap kekurangan oksigen tingkat lanjut. Metode non-invasive menggunakan prinsip penyerapan panjang gelombang cahaya merah (660 nm) dan inframerah (940 nm) yang dideteksi oleh photodioda sebagai detektor pada saat adanya aliran darah yang mengalir melewati pembuluh darah pada ujung jari tangan.

Pengukuran saturasi darah dan pulse rate ini menggunakan sensor oksigen Nellcor DS100A dan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai pengolah data serta LCD sebagai penampil data hasil pengukuran. Data yang dibaca oleh sensor akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk diolah kemudian ditampilkan datanya pada LCD.

Penelitian ini menambahkan suatu sistem alarm prioritas sebagai penanda kondisi yang tidak baik pada pasien sehingga kondisi pasien dapat terus teramati. Sistem alarm prioritas akan berfungsi ketika nilai dari saturasi oksigen berada di bawah nilai 92% dan nilai pulse rate kurang dari 60 pulsa sehingga memerlukan penangan lebih lanjut agar tidak terjadi hal yang membahayakan pasien.

Kata kunci : *pulse oximetry, saturasi oksigen, pulse rate, alarm prioritas, sensor oksigen, mikrokontroler atmega 8535, lcd.*

[1]Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Respati Yogyakarta

[2 3]Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Respati Yogyakarta

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Teknologi di bidang kesehatan saat ini semakin berkembang seiring dengan pemenuhan kebutuhan seseorang terhadap kondisi kesehatannya. Pada suatu instansi seperti sebuah rumah sakit, keberadaan alat *monitoring* sangat diperlukan untuk memantau kondisi pasien yang membutuhkan penanganan cepat sehingga setiap perubahan terhadap kondisi pasien harus selalu terpantau. Salah satu alat *monitoring* keadaan pasien yang vital adalah *pulse oximetry*. *Pulse oximetry* biasanya berada pada unit atau ruangan dengan kasus tindakan tinggi dan cepat seperti ruang ICU. *Pulse oximetry* merupakan suatu metode *non-invasive* yang digunakan di luar organ tubuh untuk memonitor persentase saturasi oksigen dalam darah. Oksigen merupakan suatu

kebutuhan pokok untuk kelangsungan hidup. Pada manusia, oksigen yang terdapat dalam darah berfungsi untuk mengubah glukosa menjadi energi bagi tubuh. Kekurangan oksigen dalam darah dapat membuat tubuh mengalami masalah yang serius seperti pingsan, stroke ringan hingga stroke berat.

Telah banyak jenis *pulse oximetry* yang dijual di pasaran. Namun, mengingat pentingnya fungsi *pulse oximetry* sebagai alat untuk memantau kondisi pasien maka diperlukan adanya alarm prioritas yang berfungsi sebagai pengingat atau penanda apabila terjadi kerusakan atau kegagalan pada alat maupun pasien. Fungsi alarm prioritas dalam pengukuran dan pemantauan pasien dengan menggunakan *pulse oximetry* sangat penting untuk pencegahan terjadinya kegagalan dengan resiko tinggi terhadap pasien. Oleh sebab itu, penelitian pada skripsi ini akan mengangkat judul "Perancangan *Pulse Oximetry* dengan Sistem Alarm Prioritas sebagai *Vital Monitoring* terhadap Pasien."

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini meliputi :

a. Bagaimana merancang dan membangun *pulse oximetry* dengan dua parameter pengukuran yaitu SpO_2 dan *pulse rate.*
b. Bagaimana cara kerja sistem alarm prioritas sebagai penanda terjadinya kegagalan pada pulse oximetry.

Batasan Masalah

Sesuai rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka adapun batasan masalah yang dapat dikaitkan dalam penelitian ini yaitu :

a. Rancang bangun pulse oximetry dengan SpO2 dan pulse rate sebagai parameter utama untuk memantau keadaan pasien dengan menggunakan ATmega 8535.
b. Pelaksanaan sistem alarm prioritas untuk menunjukkan prioritas kegagalan yang harus segera ditangani dan sebagai *vital monitoring* terhadap kondisi pasien.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu:

a. Merancang dan membangun pulse oximetry dengan dua parameter utama yaitu SpO_2 dan pulse rate.
b. Membangun aplikasi penampilan dua parameter tersebut sebagai vital monitoring terhadap pasien.
c. Membangun sistem alarm prioritas pada pulse oximetry sebagai penanda terjadinya kondisi yang tidak normal pada pasien maupun alat.

Manfaat Penelitian

1. Bagi Pelaku Kesehatan

a. Perawat, dokter ataupun pengguna lainnya

Memudahkan proses pelayanan kesehatan khususnya di ruang ICU dan memantau kondisi keadaan pasien tanpa harus selalu berada di dekat pasien. Sistem alarm akan memberikan tanda apabila terjadi kegagalan pada

pasien sehingga *user* diharapkan mampu mengambil tindakan cepat terhadap pasien ketika alarm berbunyi.

b. Pasien

Meningkatkan rasa aman dan nyaman dari pasien karena kondisinya dapat terus terpantau oleh user. Ketika terjadi kegagalan, user akan segera mengambil tindakan cepat untuk mengatasi masalah tersebut sehingga resiko kematian pada pasien dapat dikurangi.

2. Bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

Menjadi salah satu referensi dalam upaya peningkatan pembelajaran tentang alat kesehatan yang berfungsi sebagai pemantau atau monitoring kondisi pasien serta untuk menunjang perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan mengutamakan keselamatan pasien melalui peringatan alarm jika terjadi kondisi yang tidak baik.

3. Bagi mahasiswa

a. Membantu pembelajaran bagi mahasiswa yang memiliki minat yang sama dengan topik yang dibahas pada penelitian ini, untuk selanjutnya dikembangkan.
b. Menjadi suatu pengetahuan yang bermanfaat bagi mahasiswa yang menulis penelitian ini.

Metodologi Penelitian

Pulse oximetry merupakan alat medis *non-invasive* yang digunakan untuk pemeriksaan kondisi pasien. *Pulse oximetry* pada penelitian ini dirancang untuk menampilkan frekuensi pulse rate yang dideteksi melalui *pulse rate* dan saturasi oksigen dalam darah yang menjadi parameter andalan dan sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi pasien saat pemeriksaan. Untuk mendukung dan mempercepat proses penelitian maka digunakan beberapa metode, yaitu:

1. Metode wawancara

Wawancara kepada narasumber dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai alat dan sistem yang digunakan saat ini.

2. Metode kepustakaan

Studi pustaka dilakukan dengan mencari berbagai referensi seperti buku, laporan penelitian, jurnal, maupun informasi dari internet seperti e-book, blog, website dan sumber internet lainnya. Studi pustaka juga dibutuhkan untuk membandingkan alat dari tiap-tiap generasi yang telah digunakan.

3. Metode analisis dan evaluasi

Metode ini dilakukan dengan cara peninjauan secara langsung terhadap alat yang akan diteliti. Peninjauan dilaksanakan dengan tujuan mengetahui kondisi alat dan menganalisis sistem pada alat tersebut. Selanjutnya hasil analisis akan dievaluasi untuk mengetahui kekurangan dari alat yang telah ada untuk kemudian dikembangkan.

4. Studi Laboratorium

Studi laboratorium dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap alat dan sistem yang telah dibangun

dengan menggunakan perangkat-perangkat yang diperlukan. Pengujian akan dilakukan kepada lima orang yang berbeda dengan melakukan pengukuran pada lima jari yang berbeda setiap orangnya.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Tinjauan Pustaka

Pulse oximetry merupakan salah satu alat untuk memonitor keadaan saturasi dalam darah (arteri) pasien, untuk membantu pengkajian fisik pasien tanpa harus melalui analisa tes darah. Oksigen dalam darah sebagian besar berbentuk hemoglobin, jadi saturasi oksigen dari darah yang diukur oleh *pulse oximetry* adalah persentase dari hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin di dalam darah (Putra, 2006).

Monitoring terhadap jantung sangat penting dilakukan mengingat tubuh manusia secara kontinu melakukan sirkulasi darah ke seluruh tubuh termasuk untuk mengalirkan oksigen ke seluruh tubuh. Nilai dari *heart rate* diperoleh dari pengukuran pulse rate dengan memeriksa titik pulsa pada tubuh dan menghitung jumlah denyut per menit. Pada jari tangan manusia terdapat pembuluh darah yang memiliki frekuensi atau irama aliran darah yang merupakan representasi dari frekuensi *pulse rate* itu sendiri (Darwinsa, 2011).

Pengukuran *heart rate* dapat diperoleh dengan dua cara yaitu pengukuran bpm (beat per minute) langsung terhadap jantung melalui EKG dan pengukuran nilai *pulse rate* pada beberapa titik pulsa yang merepresetasikan frekuensi denyut jantung melalui aliran darah yang mengalir ketika jantung berdenyut. Pengukuran saturasi oksigen dan *heart rate* (denyut jantung) menggunakan prinsip transmisi cahaya tampak dan infra merah yang dipaparkan di permukaan kulit jari dan akan berinteraksi dengan sel darah merah. Persentase saturasi oksigen dan kadar hemoglobin (Hb) ditentukan dengan membandingkan tingkat absorpsi cahaya yang melewati jari. Sedangkan untuk pengukuran denyut jantung didasarkan pada fraksi perubahan transmisi cahaya selama terjadi denyut nadi. Cahaya akan menerangi satu sisi jari dan akan terdeteksi pada sisi lain setelah melintasi intervensi *vascular* jaringan.

Dari beberapa penelitian sebelumnya, maka ditemukan salah satu sistem yang sangat penting pada *pulse oximetry* yaitu alarm. Alarm berfungsi sebagai indikator untuk mengingatkan petugas kesehatan jika terjadi penurunan saturasi oksigen dibawah kadar 80% dan *pulse rate* rendah. Penambahan alarm akan menambah nilai kegunaan *pulse oximetry* yang lebih otomatis dan merespon dengan cepat terhadap keselamatan pasien. Dengan menggunakan rangkaian buzzer yang disambungkan ke mikrokontroler, parameter alarm dapat diatur dengan baik (Guruh, 2012).

Sistem Oksigenasi

Sistem oksigenasi merupakan

sistem yang berpengaruh terhadap pertukaran oksigen di dalam tubuh. Dalam sistem oksigenasi terdapat tiga proses yang berpengaruh terhadap pertukaran oksigen yaitu :

1. Proses ventilasi paru

   Proses ventilasi paru adalah proses pengaturan inspirasi dan ekspirasi udara antara atmosfer dan paru-paru. Proses ini berfungsi untuk mengambil oksigen dari atmosfer ke dalam sel-sel tubuh dan untuk membuang karbondioksida yang dihasilkan sel-sel tubuh kembali ke atmosfer.

2. Proses respirasi eksternal

   Pada respirasi eksternal terjadi pertukaran oksigen dan karbondioksida antara paru dan kapiler darah paru. Hanya satu lapis membran dari alveoli yang memisahkan oksigendengan darah yaitu membran alveoli kapiler. Oksigen menembus membran tersebut dan diangkut oleh hemoglobin dalam sel darah merah untuk selanjutnya dibawa ke jantung. Kemudian dari jantung akan dipompa di dalam arteri ke seluruh tubuh. Darah meninggalkan paru-paru pada tekanan 100 mmHg dan pada tingkat ini kondisi hemoglobin adalah 95 persen jenuh oksigen.

   Terdapat empat proses yang berhubungan dengan pernafasan eksternal adalah sebagai berikut:

   a. Ventilasi pulmoner, gerak pernafasan yang menukar udara dalam alveoli dengan udara luar.
   b. Arus darah melalui paru-paru, darah mengandung oksigen masuk ke seluruh tubuh dan karbondioksida dari seluruh tubuh masuk ke paru-paru.
   c. Distribusi arus udara dan arus darah yang sedemikian rupa sehingga dalam jumlah yang tepat dapat mencapai semua bagian tubuh.
   d. Difusi gas yang menembus membran alveoli dan kapiler. Karbondioksida lebih mudah berdifusi dari pada oksigen.

3. Proses respirasi internal

   Respirasi internal atau respirasi jaringan adalah pertukaran oksigen dan karbondioksida antara kapiler darah jaringan dan sel-sel jaringan. Darah yang hemoglobinnya telah jenuh dengan oksigen (oksihemoglobin) mengalir ke seluruh tubuh dan akhirnya mencapai kapiler, dimana darah bergerak sangat lambat. Sel jaringan memungut oksigen dari hemoglobin dan darah menerima hasil buangan oksidasi yaitu karbondioksida.

Saturasi Oksigen

Saturasi oksigen adalah persentase hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang berada di dalam tubuh. Peningkatan oksigen pembawa kapasitas

darah, dalam kondisi fisiologis normal, hampir 98% dari O_2 diangkut dalam darah arteri dan dikombinasikan dengan hemoglobin (Hb).

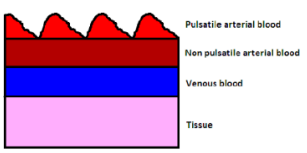
Ketika Hb dikombinasikan dengan O_2 akan terjadi reaksi dan membentuk oksihemoglobin (HbO_2). Saturasi oksihemoglobin (SO_2) bersifat relatif pada konsentrasi HbO_2 yang terikat pada oksigen dalam jumlah darah, yang dinyatakan sebagai persentase dari konsentrasi total Hb dan HbO_2. Tekanan oksigen (tekanan parsial) dalam paru-paru adalah 100 mmHg, sehingga tekanan oksigen dalam darah yang meninggalkan vena paru juga akan sama dengan 100 mmHg (13,3 kPa). Pada tekanan tersebut, 0,3 mL oksigen akan larut dalam setiap 100 mL plasma dan hemoglobin akan menjadi 95 persen jenuh dengan oksigen. Jadi, kandungan oksigen darah akan menjadi 95 persen dari kapasitas oksigen yaitu 19 mL oksigen per 100 mL darah. Perhitungan ini berdasarkan perkiraan kadar hemoglobin normal dan kapasitas oksigen 20 mL per 100 mL darah. Saturasi oksigen dalam darah pada orang normal biasanya berkisar antara 95-100%. Namun terdapat toleransi nilai saturasi oksigen dalam darah sampai pada 92% jika saturasi dibawah persentase tersebut maka orang tersebut memerlukan oksigen tambahan.

Metode untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah ada dua yaitu metode *invasive* dan *non invasive*. Pada metode *invasive*, saturasi oksigen diukur secara langsung dari arteri dan disebut SaO_2. Sedangkan pada metode *non invasive* pengukuran dilakukan dengan memantau sensor saturasi oksigen yang dipasang pada jari tangan, jari kaki atau telinga.

Pulse Oximetry

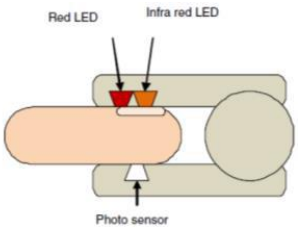
Pulse oximetry adalah suatu metode *non invasive* untuk mengukur konsentrasi oksigen dalam darah (saturasi oksigen). *Pulse oximetry* mengukur saturasi oksigen dalam pembuluh darah arteri terutama dalam hemoglobin (Hb). Sebuah sensor ditempatkan pada bagian tipis dari tubuh pasien, biasanya ujung jari atau cuping, atau dalam kasus bayi, dipasang di kaki. *Pulse oximetry* mengirimkan cahaya yang terdiri dari gelombang cahaya merah dan gelombang inframerah dari satu sisi ke sisi lain yang akan mengubah serapan dari masing-masing dua panjang gelombang diukur. Hal ini memungkinkan penentuan absorbsi karena darah arteri berdenyut sendiri, termasuk darah vena, kulit, tulang, otot, dan lemak.

Berdasarkan rasio perubahan absorbsi cahaya merah dan inframerah, yang disebabkan oleh perbedaan warna antara oksigen yang terikat (merah cerah) dan oksigen tidak terikat (gelap merah atau biru, pada kasus yang berat) hemoglobin darah, saturasi oksigen dapat dibuat atau diambil nilainya.



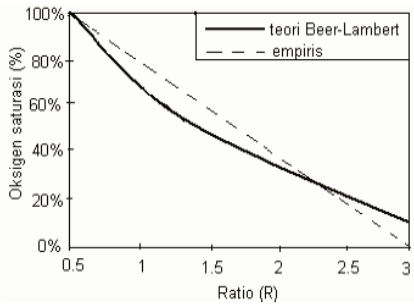
Gambar 1. Penyerapan absorpsi cahaya pada pembuluh darah di jari

Pulse oximetry menggunakan LED merah dengan panjang gelombang dari 660 nm, dan inframerah dengan panjang gelombang 940 nm. Penyerapan cahaya pada panjang gelombang tersebut berbeda secara signifikan antara darah sarat dengan oksigen dan darah kurang oksigen. Oksigen hemoglobin menyerap cahaya inframerah lebih banyak dan memungkinkan lebih banyak cahaya merah untuk melewatinya. Sedangkan hemoglobin terdeoksigenasi memungkinkan lebih banyak cahaya inframerah untuk melewati dan menyerap lebih banyak cahaya merah. LED berkedip sekitar tiga puluh kali per detik. Kemudian photodioda ini mengukur jumlah cahaya yang ditransmisikan atau cahaya yang tidak diserap.



Gambar 2. Prinsip kerja sensor pulse oximetry

dengan Hukum Beer Lambert yaitu "jika sebuah berkas cahaya dilewatkan ke larutan maka akan ada sebagian cahaya yang diserap". Pengukuran berfluktuasi dalam waktu karena jumlah darah arteri yang hadir meningkat setiap detak jantung. Rasio pengukuran tersebut kemudian akan diolah untuk selanjutnya akan ditampilkan dalam bentuk nilai SpO_2 atau saturasi oksigen.



Gambar 3. Kurva Kalibrasi Beer Lambert

Fungsi dari oksigen saturasi (SpO_2) merupakan perbandingan HbO_2 dengan jumlah total Hb arteri yang bersedia utuk melepas oksigen. Perbandingan nilai tersebut dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$SpO_2 = \frac{[HbO_2]}{[HbO_2]+[Hb]} \quad \text{----------(2.1)}$$

Nilai SpO_2 juga dapat dihitung dengan persamaan linier di bawah ini :

$$SpO_2 = 110 - 25 \text{ x } R \quad \text{----------(2.2)}$$

Nilai R dihitung dari *oximetry* dengan pengambilan perbandingan yang dinormalkan menyangkut penyerapan cahaya merah dan inframerah. Nilai normal dihitung dengan pembagian komponen AC dari penyerapan pada frekuensi itu dan komponen DC yang pengambilannya menggunakan waktu turunan penyerapan yang dapat diukur melalui persamaan di bawah ini:

$$R = \frac{AC_{red}/DC_{red}}{AC_{ired}/DC_{ired}} \quad \text{----------(2.3)}$$

Pada pengukuran saturasi oksigen terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi

keakuratan antara lain cahaya dari lingkungan sekitar, hemoglobin dalam darah, serta irama dan kekuatan denyutan.

Mikrokontroller

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Pada perancangan *pulse oximetry* ini mikrokontroler yang digunakan adalah ATMega 8535. Mikrokontroler ini memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik daripada mikrokontroler sejenisnya seperti ATMega 8/16/32. Sehingga dengan menggunakan mikrokontroler ini diharapkan hasil pengukuran lebih akurat.

Gambar 4. Mikrokontroler ATMega 8535

Mikrokontroler umumnya terdiri dari :

1. *Central Processing Unit* (CPU)

   Merupakan otak dari sistem computer untuk mengerjakan instruksi-instruksi yang diprogram oleh programmer.

2. *Aritmethic Logic Unit (ALU)*

   Merupakan rangkaian-rangkaian logika yang melaksanakan operasi-operasi penjumlahan, pengurangan dan berbagai operasi logika lainnya.

3. *Memori*

   Merupakan rangkaian-rangkaian logika yang berfungsi menyimpan data. Terdapat dua jenis memori yang sering ditemui dalam mikrokontroler yaitu *Read Only Memory* (ROM) yang mampu menyimpan hingga 3 Kb data dan menyimpan program yang berfungsi untuk mengarahkan kerja kontroler, serta *Random Access Memory* (RAM) yang mampu menampung 72 byte data. ROM digunakan sebagai media penyimpan program dan data permanen yang tidak boleh berubah meskipun tidak ada tegangan yang diberikan pada mikrokontroler. Sedangkan RAM digunakan sebagai tempat penyimpan data sementara dan hasil kalkulasi selama proses operasi.

4. *Output (I/O)*

   Pada satu port I/O digital terdiri beberapa pin, biasanya berjumlah 8 atau satu byte, dengan masing-masing pin dapat mentransfer satu bit data biner (logika 0 dan 1) dari/ke mikrokontroler. Selain port I/O digital, pada suatu mikrokontroler juga dapat berkomunikasi dengan peranti lain menggunakan komunikasi serial.

5. *Analog to Digital Converter (ADC)*

   Merupakan sebuah sarana pada mikrokontroler yang berfungsi mengubah tegangan analog menjadi tegangan digital. Konversi data dari analog ke digital merupakan suatu cara untuk mengolah data analog tersebut agar dapat dimodifikasi, dimanipulasi dan

mengubah karakteristiknya atau datanya disajikan dalam bentuk besaran tertentu.

6. *Timer*

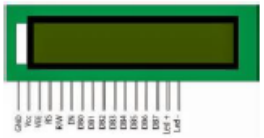
Merupakan peranti untuk mencacah sinyal dari *clock* ataupun sinyal dari suatu kejadian. Jika sinyal yang dicacah berasal dari *clock* maka peranti ini berfungsi sebagai pewaktu, sedangkan jika berasal dari *clock* maka peranti ini berfungsi sebagai pencacah.

Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Secara garis besar komponen penyusun LCD terdiri dari kristal cair (*liquid crystal*) yang diapit oleh 2 buah elektroda transparan dan 2 buah filter polarisasi (*polarizing filter*).

Gambar 5. LCD M1632

LCD ini merupakan LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris pixel dan 5 kolom pixel. LCD ini memiliki tampilan yang sederhana sehingga cocok digunakan untuk perancangan alat.



Gambar 6. Konfigurasi pin LCD

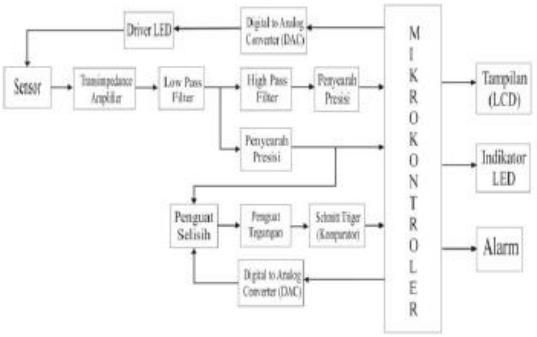
Keterangan pin:

1. VSS digunakan untuk menyalakan LCD (*ground*)
2. VDD digunakan untuk menyalakan LCD (+5 V)
3. VEE digunakan untuk mengatur tingkat contrast pada LCD
4. RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk.
5. R/W (Read Write) menentukan mode yang akan digunakan (0 = write , 1 = read)
6. EN : *enable* (untuk *clock*)
7. Pin Data(D0-D7) merupakan jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.

Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara.

Gambar 7. Bentuk fisik



Gambar 8. Diagram blok pulse oximetry

METODE PENELITIAN

Alat Dan Bahan

Perancangan perangkat keras *Pulse oximetry* menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Catu daya 9 volt DC.
2. Mikroprosesor ATmega 8535 sebagai pengontrol masukan dan keluaran pada *pulse oximetry*.
3. Sensor oksigen yang menggunakan Light Emitting Dioda (LED) merah dan inframerah yang memiliki panjang gelombang berbeda serta photodioda sebagai pendeteksi sinyal.
4. LCD dengan konfigurasi 16 karakter sebagai penampil keluaran nilai yang terukur.
5. LED sebagai indikator kondisi pasien.
6. Alarm sebagai penanda terjadi kesalahan pada pasien.

Diagram Blok Alat

Prinsip kerja dari *pulse oximetry* dapat digambarkan dengan diagram blok seperti pada Gambar berikut.

Pulse oximetry mengolah sinyal yang disadap oleh sensor pada jari tangan. Pada jari tangan terdapat banyak pembuluh darah kapiler yang merupakan penghubung pembuluh darah vena dan arteri. Pada ujung jari, jika diraba akan terasa denyutan yang disebut *pulse rate*. Denyutan ini merupakan refleksi dari denyut jantung (*heart rate*).

Pada sensor oksigen menggnakan LED merah dengan panjang gelombang 660 nm sedangkan LED inframerah memiliki panjang gelombang 940 nm. Berdasarkan panjang gelombang yang dimiliki tersebut, kedua LED ini mampu untuk menembus permukaan kulit. Sinar merah dan inframerah akan menembus permukaan kulit dan menyinari pembuluh darah yang melewatkan darah. Ketika hemoglobin yang mengandung oksigen (oksihemoglobin) melewati sinar merah dan inframerah, maka sinar yang lebih banyak diserap adalah sinar merah sedangkan sinar inframerah diteruskan. Ketika hemoglobin yang tidak membawa oksigen (dioksihemoglobin) melewati kedua sinar tersebut, sinar merah tidak mampu menembus dan hanya sinar inframerah yang dapat diserap. Penyerapan cahaya tersebut diterima oleh photodioda dan diubah menjadi pulsa-pulsa sinyal listrik beserta dengan denyut dari aliran darah yang terdeteksi.

Selanjutnya sinyal dikuatkan melalui rangkaian *transimpendance*

amplifier. Rangkaian ini berfungsi mengubah arus menjadi tegangan dengan menggunakan resistor yang memiliki nilai cukup besar. Sinyal yang telah melalui rangkaian ini masuk pada rangkaian *low pass filter* (LPF) dan *high pass filter* (HPF). Rangkaian LPF berfungsi untuk meloloskan tegangan dengan frekuensi rendah dan menghambat tegangan dengan frekuensi tinggi. Pada perancangan ini LPF juga berfungsi untuk menghilangkan derau pada sinyal. Sedangkan rangkaian HPF berfungsi untuk meloloskan tegangan dengan frekuensi tinggi dan menghambat frekuensi rendah serta menghilangkan tegangan DC pada rangkaian.

Digunakan dua buah rangkaian penyearah presisi untuk menyearahkan sinyal AC. Rangkaian penyearah yang pertama berada setelah LPF dan berfungsi untuk menyearahkan seluruh tegangan total yang masuk rangkaian. Keluaran dari penyearah ini akan langsung diteruskan pada mikrokontroler sebagai tegangan total arus yang masuk pada rangkaian.

Sedangkan penyearah yang kedua berada setelah HPF dan berfungsi untuk menyearahkan tegangan sehingga nilai keluaran dari penyearah ini merupakan nilai tegangan AC. Untuk mendapatkan nilai tegangan DC maka tegangan total dikurangi dengan nilai tegangan AC. Keluaran dari penyearah kedua selanjutnya akan masuk pada mikrokontroler.

Sinyal keluaran dari penyearah presisi yang telah diterima mikrokontroler selanjutnya akan mengalami proses perhitungan pada mikrokontroler untuk menentukan nilai dari saturasi oksigen dalam darah.

Rangkaian *Digital to Analog Converter* (DAC) selain digunakan untuk mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog, juga berfungsi sebagai umpan balik dari mikrokontroler pada sensor. Nilai keluaran DAC akan menjadi *trigger* untuk *driver* LED sehingga terang atau redupnya nyala LED dapat diatur sesuai dengan kondisi jari tangan.

Proses pengukuran *pulse rate* dengan mengolah sinyal keluaran dari rangkaian penyearah presisi pertama yaitu yang berada setelah LPF. Sinyal yang sudah disearahkan akan masuk pada rangkaian penguat selisih yang berfungsi untuk menguatkan sinyal yang menjadi selisih antara kedua masukannya. Kedua masukan tersebut adalah sinyal dari penyearah presisi dan umpan balik yang dikirim DAC dari mikrokontroler. Selisih antara kedua sinyal tersebut akan dikuatkan oleh penguat selisih dan keluarannya akan di kirim ke rangkaian penguat tegangan untuk dikuatkan sehingga denyutan dari sinyal dapat terlihat dan pembacaan denyut menjadi lebih mudah.

Rangkaian *Schmitt trigger* atau komparator adalah rangkaian yang berfungsi untuk membandingkan tegangan masukan dari sinyal yang diterima. Ketika sinyal berdenyut maka tegangan akan lebih tinggi (*high)* dibandingkan dengan ketika sinyal tidak

berdenyut (*low)*.

Berdasarkan perbandingan ini, komparator kemudian mengirimkan perbandingan tersebut ke bagian *counter* atau penghitung yang berada pada mikrokonroler untuk menghitung jumlah denyut yang diterima dalam waktu tertentu. Dalam perancangan ini jumlah denyut yang terhitung disebut *pulse rate*. Sedangkan hasil dari pengukuran saturasi oksigen dalam satuan persen.

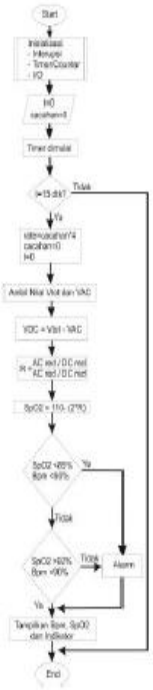
Mikrokontroler akan mengolah kedua masukan berupa sinyal dan menghitung nilai dari saturasi oksigen dan *pulse rate* sesuai dengan rumus program yang diberikan pada mikrokontroler. Keluaran dari mikrokontroler akan ditampilkan pada LCD sebagai penampil. Apabila nilai saturasi oksigen dari pasien jauh di bawah nilai toleransi, maka *alarm* akan berbunyi dan lampu indikator akan menyala. Begitupula untuk *pulse rate*, jika nilai *pulse rate* berada jauh di bawah nilai normalnya yaitu 60-100 pulsa, maka alarm akan berbunnyi dan lampu indikator akan menyala. Dengan adanya alarm dan indikator pada alat diharapkan pengguna dapat melakukan penanganan terhadap pasien dengan segera sesuai dengan penyebab terjadinya alarm, sehingga keselamatan pasien dapat terjaga

Flowchart Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan bahasa C yang ditulis pada AVR 4 *Studio.* Pemograman yang dilakukan pada editor adalah berdasarkan pada algoritma sebagai berikut:

1. Proses inisialisasi dengan menetapkan *input* dan *output* (I/O), interupsi, dan *counter* pada mikrokontroler.
2. Kondisi awal masukan adalah t=0, dan cacahan=0.
3. Timer mulai menghitung hingga nilai t=15. Jika t=15 maka counter akan mendapatkan nilai cacahan dari pulsa denyutan. Namun jika t blm mencapai 15 detik maka nilai yang tertampilan pada display bernilai 0.
4. Perhitungan nilai pulse rate adalah dengan mengalikan jumlah cacahan selama 15 detik dengan konstanta 4. Jika nilai dari rate sudah didapat maka cacahan dan timer akan kembali ke nilai 0 untuk mengulangi proses perhitungan dari awal.
5. Proses pengambilan nilai saturasi oksigen dimulai dengan pengambilan data ADC sinya total dan sinyal AC pada bagian penyearah presisi.
6. Nilai dari sinyal DC merupakan selisih antara sinyal total dengan sinyal AC.
7. Perhitungan menyerapan cahaya pada sensor dilakukan dengan membagi sinyal AC cahaya merah dengan sinyal DC cahaya merah kemudian dibagi lagi dengan hasil perhitungan sinyal AC infamerah dengan sinyal DC inframerah.
8. Nilai saturasi oksigen diperoleh dengan pengurangan konstanta 110 dengan perkalian antara konstanta 25 dengan nilai penyerapan cahaya.

9. Alarm akan berbunyi jika nilai saturasi oksigen berada dibawah 92% dan nilai pulse rate kurang dari 60.
10. Nilai *pulse rate* dan saturasi oksigen diberikan ke register untuk ditampilkan.



Gambar 9. Flowchart perancangan pulse oximetry

Gambar diatas menampilkan proses yang terjadi pada mikrokontroler untuk menghasilkan nilai *pulse rate* dan saturasi oksigen yang akan ditampilkan. Proses tersebut akan berjalan sebagai berikut:

1. Inisialisasi

   Inisialisasi dilakukan dengan memberikan nilai-nilai ke register yang berhubungan dengan fasilitas yang digunakan seperti port I/O, *timer,* dan interupsi. Port I/O digunakan sebagai jalur antar muka untuk menghubungkan masukan sinyal *pulse rate* dan saturasi oksigen dengan perangkat penampil, rangkaian DAC, indikator maupun alarm.

2. Perhitungan saturasi oksigen dan *pulse rate*

   Perhitungan saturasi dan pulse rate dihitung berdasarkan pendeteksian 1 pulsa gelombang, dimana terdapat 1 puncak dan 1 lembah. Perhitungan *pulse rate* dilakukan dengan memasukkan nilai waktu perhitungan selama 15 detik dan *counter pada* mikrokontroler akan menghitung jumlah denyutan (cacahan).

3. Program tampilan
4. Tampilan nilai SpO2 dan bpm ditampilkan menggunakan LCD 16x2.

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian Hasil Pengukuran SpO_2

Pengujian hasil pengukuran ini merupakan pengujian terhadap dua parameter yang dirancang pada *pulse oximetry* yaitu SpO_2 dan *pulse rate*. Kedua parameter ini berfungsi sebagai *monitoring* sehingga perlu didapatkan nilai yang akurat disetiap pengukurannya. Pengujian dilakukan dengan mengukur kadar saturasi oksigen pada jari telunjuk subjek. Dari pengujian terhadap pengukuran *pulse oximetry* maka didapat hasil seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil pengukuran saturasi oksigen

No	Subjek terukur	Nilai SpO_2 (%)
1	Subjek 1	97
2	Subjek 2	94
3	Subjek 3	98
4	Subjek 4	98
5	Subjek 5	97

Dari hasil pengukuran terhadap beberapa subjek dapat disimpulkan bahwa keluaran nilai saturasi oksigen pada *pulse oximetry* ini hampir mendekati nilai saturasi oksigen normal yaitu 92-100%. Nilai saturasi oksigen yang terhitung hanya dapat sampai pada ngka 98% dan elum dapat mencapai 99%. Sedangkan bila dibandingkan dengan perhitungan secara manual menggunakan rumus saturasi oksigen maka sinyal yang dideteksi oleh *pulse oximetry* ini mampu menunjukkan hasil pengukuran saturasi oksigen sebesar 94-99,5%. Oleh sebab itu perlu dilakukan uji kelayakan dan kalibrasi terhadap alat.

Pengujian Fungsi Alarm Prioritas

Sistem alarm prioritas yang dibangun pada alat berfungsi sebagai penanda apabila terjadi kondisi yang tidak diinginkan pada pasien. Sistem ini juga dilengkapi dengan lampu indikator berwarna merah dan kuning sebagai penanda tingkat kegagalan dalam sistem tersebut. Pengujian terhadap sistem alarm prioritas dilakukan dengan menguji beberapa pasien dengan kasus kadar oksigen yang rendah dalam darah. Pada kasus ringan dengan nilai SpO_2 berada diantara nilai 85% sampai dengan 92% maka alarm akan berbunyi dan indikator kuning menyala. Begitu pula untuk kasus berat dengan nilai SpO_2 kurang dari 85% dan nilai *pulse rate* di bawah 60 pulsa. Dengan berfungsinya kedua sistem alarm tersebut maka dapat dinyatakan bahwa sistem alarm prioritas pada *pulse oximetry* ini dapat berfungsi dengan baik. Sehingga fungsi *pulse oximetry* dengan alarm prioritas sebagai monitoring terhadap pasien dapat terwujud.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian Perancangan *Pulse Oximetry* dengan Sistem Alarm Prioritas sebagai *Vital Monitoring* terhadap Pasien, maka didapat beberapa simpulan yaitu:

1. *Pulse oximetry* dengan dua parameter yaitu SpO_2 dan *pulse rate* serta sistem alarm prioritas merupakan alat yang dibangun berdasarkan prinsip kerja dasar *pulse oximetry* namun dikembangkan dengan sistem alarm prioritas sebagai sistem pengaman terhadap kondisi pasien.
2. Nilai pulse rate pada pulse oximetry ini diambil dari hasil denyutan akibat adanya aliran darah pada jari ketika jantung berdenyut. Dan nilai pada pulse rate hampir samadengan denyut jantung karena merupakan refreksi dari denyut jantung itu sendiri. Namun penggunaan pulse rate sebagai parameter denyut jantung hanya dapat digunakan jika tidak terdapat alat untuk mengukur bpm (beat per minute) pada suatu tempat.

3. Nilai saturasi oksigen yang terukur pada pulse oximetry ini masih belum akurat karena hanya mencapai 98%, sehingga perlu dikaji ulang terhadap keluaran alat.

4. Nilai dari pulse rate tidak dapat diambil karena sinyal keluaran terlalu kecil dan ketika dikuatkan terdapat banyak arus liar sehingga mempersulit proses pengolahan sinyal.

5. Alarm prioritas dan indikator dapat berfungsi dengan baik untuk nilai saturasi oksigen di bawah 90% dan 85%.

Saran

Setelah melakukan penelitian Perancangan *Pulse Oximetry* dengan Sistem Alarm Prioritas sebagai *Vital Monitoring* terhadap Pasien, maka didapat beberapa saran yaitu

1. Nilai pengukuran terhadap saturasi oksigen pada alat ini belum akurat karena komponen yang digunakan masih berupa komponen biasa bukan dari bahan tantalum.
2. Pulsa denyutan sangat kecil dan ketika dikuatkan menjadi banyak arus liar sehingga perlu ditapis menggunakan osilator.

DAFTAR PUSTAKA

Darwinsa, Esha. 2011. *Perancangan Biointrument Heart Rate Monitor Sepuluh Denyut Per Satuan Waktu dengan Transmisi Radio Frekuensi (RF)*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Hariyanto, Guruh. 2012. *Rancang Bangun Oksimeter Digital Berbasis Mikrokontoler ATmega 16*. Skripsi. Surabaya: Universitas Airlangga.

Kemalasari. 2006. *Analisis Sinyal Pulse Oximetry dengan Metode FFT*. Tugas Akhir. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

Pearce, Evelyn C. 2009. *Anatomi Tubuh dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Putra, Andrey A. 2006. *Rancang Bangun Pulse Oximetry Digital Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi. Surabaya: ITS Surabaya.

Wulansari, Diyan A. 2010. *Rancang Bangun Pendeteksi Kadar Hemoglobin dalam Darah Secara Non-Invasive Berbasisi Mikrokontroler ATmega 8535.* Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponogoro.