SISTEM PEMANTAUAN INFUS PASIEN TERPUSAT

Syahrul[1]; Hidayat[2]

[1, 2]Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Jln. Dipati Ukur No. 112-116, Bandung 40132
Telepon (022) 2504119, 2503371, 2506634, Fax (022) 2533754
e-mail: syahrul_syl@yahoo.com

ABSTRACT

This article discloses result of research on design and implementation of centralized patient intravenous monitoring system. Currently, monitoring of patient IV liquids in hospital/clinic as well as in community health centers is generally done manually; in other word patient IV liquids must still be monitored directly by nurses therefore inefficient. The system is built by applying optoelectronics sensor to detect the presence of remaining IV liquid, whether it drips or not, number of drips per minute, and detection of hemorrhaging around the inserted needle area on the patient body merging into the intravenous line . From result of microcontroller processing, then condition of the IV liquid is sent to central computer for monitoring. Result of examination in the laboratory using IV bags indicates status given by each optoelectronics sensor which yields an output like what is expected.

***Keywords**: infusion, patient, central computer*

ABSTRAK

Makalah ini memaparkan hasil penelitian tentang perancangan dan realisasi sistem pemantauan infus pasien secara terpusat. Saat ini pemantauan cairan infus pasien di rumah sakit/poliklinik ataupun puskesmas di Indonesia umumnya masih dilakukan secara manual, artinya bahwa cairan infus pasien masih harus dipantau oleh petugas/perawat kesehatan secara langsung yang tentunya kurang efisien. Sistem yang dibangun ini menggunakan sensor optoelektronik untuk mendeteksi cairan infus apakah habis/ada, menetes/tidak menetes, jumlah tetesan per menit serta mendeteksi terjadinya pendarahan pada daerah jarum di tubuh pasien yang masuk ke dalam selang cairan infus. Dari hasil pemrosesan mikrokontroler, kondisi cairan infus selanjutnya dikirimkan ke komputer pusat untuk keperluan pemantauan. Hasil pengujian di laboratorium menggunakan botol cairan infus menunjukkan keadaan/status yang diberikan oleh setiap sensor optoelektronik memberikan keluaran seperti pada tujuan yang diharapkan.

***Kata kunci**: infus, pasien, komputer pusat*

PENDAHULUAN

Setiap pasien rawat inap yang ada di rumah sakit, poliklinik ataupun di puskesmas tidak sedikit yang memerlukan cairan infus. Cairan infus ini berada di dalam kantung plastik atau botol kaca yang khusus. Apabila cairan infus habis maka perawat harus menggantinya dengan yang baru, tetapi seringkali pasien tidak mengetahui saat cairan infus tersebut habis dan kerepotan untuk menekan tombol ke ruang penjaga untuk memberitahukan bahwa cairan infusnya habis ataupun tidak menetes.

Dengan alasan penghematan waktu dan demi kebaikan pasien serta kemudahan perawat dalam memantau cairan infus tersebut, maka penulis terinspirasi untuk membangun sistem instrumentasi yang selain dapat memantau keberadaan cairan infus juga untuk memantau jumlah tetesan per menit serta memantau adanya rembesan darah pada selang infus akibat adanya pendarahan yang terjadi pada daerah persekitaran jarum infus yang menancap pada pasien tersebut.

TUJUAN PENELITIAN

Pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan suatu Sistem Pemantauan Infus Pasien Terpusat. Alat ini bekerja berdasarkan sensor optoelektronik untuk mendeteksi tetesan infus, sensor level infus dan sensor darah yang masuk ke selang infus yang diletakan pada masing-masing infus pasien di setiap kamar.

MANFAAT PENELITIAN

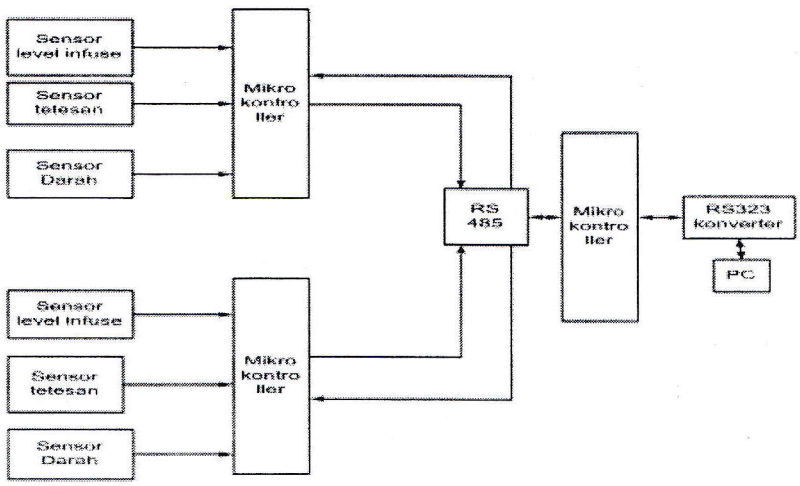
Dengan alat ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan di rumah sakit, klinik-klinik kesehatan ataupun puskesmas untuk memantau cairan infus pasien secara terpusat.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan dan implementasi. Sistem yang dikembangkan adalah *Alat Bantu Untuk Memantau Infus Pasien Secara Terpusat.*

Rancangan Sistem

Diagram blok sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 1. Rancangan *hardware* sistem yang dibangun terdiri atas tiga modul utama, yaitu modul sensor, modul antarmuka dan modul mikrokontroler. Modul Sensor terdiri atas pemancar cahaya LED (*light emitting diode*) dan penerima photodioda sebagai input untuk memberikan indikasi apakah cairan infus ada atau habis, menetes atau tidak menetes, dan juga terdapat *optocoupler* untuk mendeteksi apakah ada darah pasien yang masuk ke dalam selang infus atau tidak.

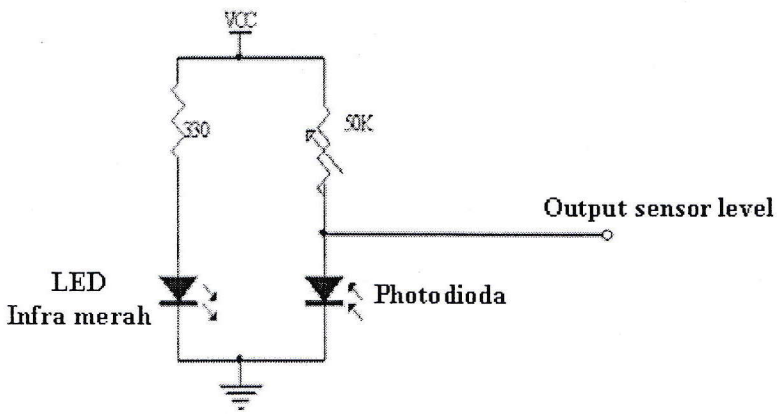


Gambar 1. Diagram Blok Rancangan Sistem

Untuk menghubungkan output sensor-sensor optoelektronik dengan komputer pusat dibutuhkan mikrokontroler ke saluran fisik serial yang jaraknya relatif jauh, maka digunakan antarmuka serial RS485 yang dalam sistem ini disebut sebagai *slave*. *Slave* akan menunggu *command* dari master yang berasal dari komputer pusat. Tidak boleh ada satu atau lebih ID RS485 yang sama dalam satu bus RS485. Untuk keperluan pemantaun secara terpusat semua pasien maka dibutuhkan sebuah komputer. Kemudian untuk mentransfer data antara komponen sirkuit dengan komputer diperlukan antarnuka serial RS232.

Modul Sensor Infra Merah

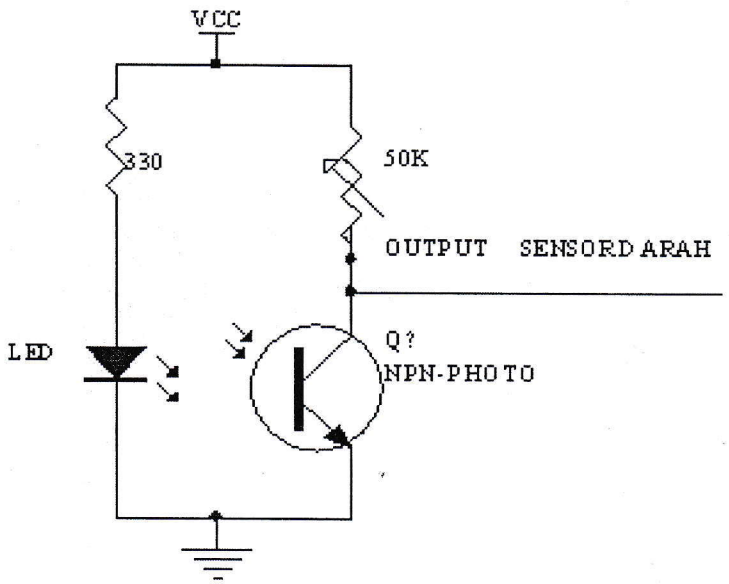
Sensor Infra merah digunakan untuk *sensor level infus* dan *sensor tetesan*. Modul sensor infra merah tersusun atas sebuah photodioda sebagai penerima dan sebuah LED sebagai pemancar. Pada Gambar 2 ditunjukkan hasil rancangan sirkuit untuk modul sensor Infra merah. Ada dua modul sirkuit sensor infra merah yang digunakan. Sirkuit yang pertama digunakan untuk mendeteksi keberadaan cairan infus (ada/habis) sedangkan sirkuit yang kedua digunakan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah tetesan per menit yang keluar dari botol cairan infus.



Gambar 2. Modul Sensor Infra Merah

Modul *Optocoupler*

Photodetector merupakan modul sensor yang terintegrasi dalam sebuah *optocoupler* yaitu sirkuit elektronika yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Sirkuit ini terdiri atas LED yang terhubung secara optik dengan *phototransistor* NPN. *Phototransistor* akan menerima masukan cahaya dari LED, cahaya tersebut masuk ke bagian basis pada *phototransistor*. Perubahan cahaya yang dipancarkan oleh LED akan mengubah tegangan yang dikeluarkan oleh *phototransistor*. Pada Gambar 3 berikut ditunjukkan rancangan sirkuit *optocoupler*.



Gambar 3. Modul *Optocoupler*

Mikrokontroler

Jenis mikrokontroler yang digunakan adalah AT89C51 keluaran Atmel yang merupakan turunan dari MCS-51. Penggunaan AT89C51 tergantung dari banyaknya pasien, mikrokontroler digunakan untuk mengimplementasikan pengendali dalam membaca dan mengolah respon sensor terhadap pendeteksian obyek, dan mengirim data ke komputer pusat.

Mikrokontroler akan menerima masukan dari sensor level infus, sensor tetesan dan sensor darah. Untuk kondisi sensor level infus akan mendeteksi ada atau tidaknya air infus. Jika ada cairan infus akan bernilai 1 (*high*) jika tidak ada cairan infus makan akan bernilai 0 (*low*). Demikian juga prinsip kerja dari sensor tetes dan sensor darah. Hasil dari pembacaan ketiga sensor tersebut akan diolah oleh mikrokontroller dan dikirimkan RS485. Komponen RS485 digunakan untuk komunikasi jarak jauh yang modenya dapat berubah yaitu bisa sebagai penerima maupun sebagai pengirim data.

Modul Antarmuka

Jarak antara mikrokontroler dengan komputer sangat jauh sehingga diperlukan antarmuka serial. Pada rancangan ini digunakan 2 buah *chip* yaitu *chip* MAX232 dan *chip* RS485 yang bekerja secara *half duplex*.

Chip MAX232 digunakan untuk mengubah level tegangan komputer ke level tegangan TTL. Pin nomor 2 pada DB9 sebagai masukan serial ke komputer pusat dihubungkan dengan kaki nomor 14 pada *chip* MAX232 sebagai keluaran, dan masukan dari pin nomor 14 MAX232 adalah pin nomor 11 yang dihubungkan dengan pin nomor 1 (RO) pada SN75176, hubungan ini berfungsi untuk pengiriman data dari mikrokontroler ke komputer di mana pin nomor 2 (RE) dan 3 (DE) dihubungkan ke ground sebagai kontrol, sehingga SN75176 ini berfungsi hanya sebagai penerima dari mikrokontroler saja.

Rancangan *Software*

Rancangan *software* terbagi dua bagian, yaitu: (1) *Software* yang tersimpan di mikrokontroler yang berfungsi untuk mengaktifkan RS485 dan mengambil data dari RS485 lalu mengirimkan data yang telah diberikan ke komputer pusat melalui port serial. *Software* di sisi mikrokontroler diprogram dengan bahasa rakitan (*assembly language*); dan (2) *Software* yang tersimpan di komputer yang berfungsi untuk menerima data dari mikrokontroler dan menampilkan data tersebut ke monitor untuk keperluan pemantauan cairan infus pasien. *Software* di sisi komputer diprogram dengan bahasa tingkat tinggi (*high level language*).

Rancangan diagram alir program utama mulai dari sisi mikrokontroler hingga pengiriman status ke komputer pusat diberikan pada Gambar 4.

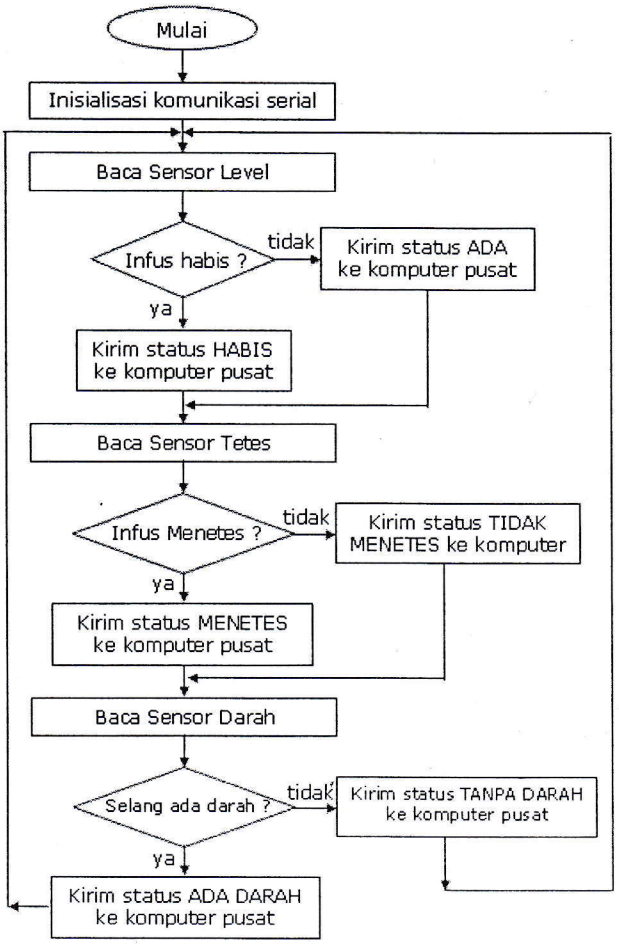
Diagram alir pada Gambar 4 di atas menunjukkan ketika sensor dibaca apakah infus masih ada (belogika *high*) atau habis (berlogika *low*), hasil dari pembacaan sensor infus ini akan dikirimkan ke komputer pusat. Selanjutnya sensor akan dibaca kembali apakah infus menetes (berlogika *high*) atau tidak menetes (berlogika *low*) dan yang terakhir sensor akan dibaca apakah darah masuk ke selang infus atau tidak, hasil dari bacaan sensor ini akan dikirimkan ke komputer pusat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dibahas realisasi dan hasil pengujian sistem. Realisasi sistem dilakukan dengan menggabungkan semua sub-modul hasil rancangan yang telah dibahas di atas. Pengujian dilakukan berdasarkan prosedur yang biasa dilakukan, misalnya dilakukan pengukuran atau uji-coba terhadap modul-mudul yang terpisah (sub-modul). Baru setelah semua sub-modul sudah sesuai dengan yang diharapkan maka dilakukanlah interkoneksi antara sub-modul lainnya yang pada akhirnya akan membentuk sistem yang lengkap.

Pengujian yang paling akhir adalah memeriksa apakah modul sistem dapat berfungsi dengan baik. Untuk mengetahui kehandalan suatu sistem yang telah dirancang, ditempuh dengan cara melakukan pengujian dan analisis terhadap komponen-komponen yang meliputi *hardware* dan *software*. Sensor-sensor yang akan diuji di antaranya:

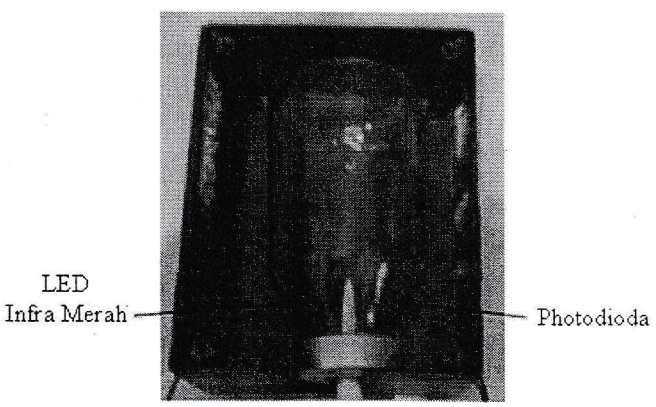
1. Sensor untuk mendeteksi infus habis (sensor level)
2. Sensor untuk mendeteksi tetesan infuse (sensor tetesan)
3. Sensor untuk mendeteksi pendarahan (sensor darah)



Gambar 4. Diagram Alir Program Utama

Pengujian Sensor Level Infus

Sensor level infus diletakkan dekat botol infus, sensor ini akan mendeteksi apakah isi b infus telah habis atau masih ada, dan mengirim status habis atau ada ke komputer di ruang j Pada Gambar 5 ditunjukkan gambar letak sensor infus.



Gambar 5 Posisi Sensor Level Infus

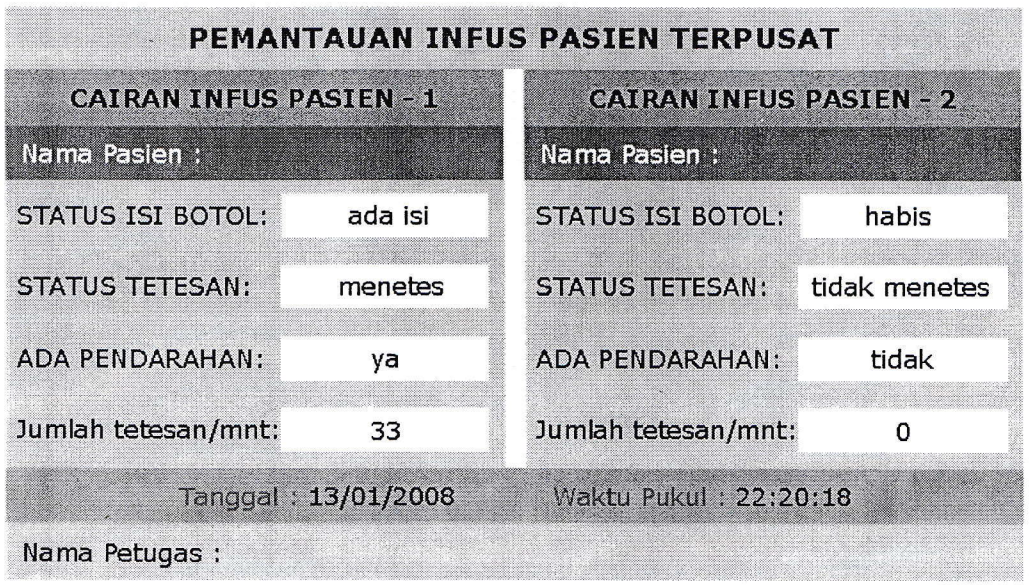
Untuk mengetahui apakah cairan infus telah habis atau belum maka dilakukan pengujian pada tegangan port yang menghubungkan sensor level ke port mikrokontroler. Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali untuk keadaan cairan infus masih ada dan demikian halnya untuk keadaan cairan infus habis. Pada Tabel 1 diberikan hasil pengujian sensor level ketika cairan infus terdeteksi ADA. Setiap pengujian dilakukan dalam kondisi dan waktu yang berbeda, yaitu pada beberapa pengujian diberikan pada saat sistem baru saja dilakukan '*start up*'. Selain itu tingkat kejernihan sampel cairan infus juga dibuat bervariasi.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Level dengan Status Cairan ADA

NO	TEGANGAN SENSOR LEVEL (Volt)	STATUS
1	3,59	ADA
2	3,60	ADA
3	3,60	ADA
4	3,59	ADA
5	3,61	ADA

Pada hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, dapat diambil kesimpulan bahwa keberadaan cairan infus (ADA) direpresentasikan dengan level tegangan sensor berada dalam rentang 3,59 volt sampai 3,61 volt. Tegangan-tegangan ini ekivalen dengan logika *HIGH* pada level TTL (*transistor-transistor logic*). Pada Gambar 6 diberikan tampilan dari komputer pemantau ketika status cairan infus ADA. Kondisi cairan infus yang dipantau ada dua yaitu botol 1 pertama diasumsikan berada pada PASIEN-1 sedangkan botol 2 diasumsikan berada pada PASIEN-2.

Pada Tabel 2 diberikan hasil pengujian sensor level ketika cairan infus terdeteksi HABIS. Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali untuk keadaan cairan infus habis dan demikian halnya untuk keadaan cairan infus masih ada. Setiap pengujian dilakukan dalam kondisi dan waktu yang berbeda, yaitu pada beberapa pengujian diberikan pada saat sistem baru saja dilakukan '*start up*'.



Gambar 6. Tampilan Menu Status Cairan Infus Pasien Terpusat

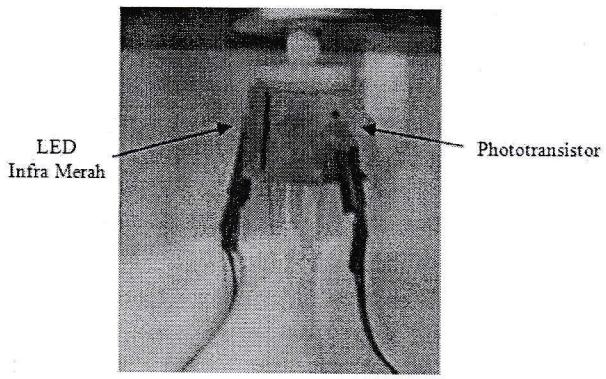
Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Level dengan Status Cairan Infus HABIS

NO	TEGANGAN SENSOR LEVEL (Volt)	STATUS CAIRAN
1	0,13	HABIS
2	0,13	HABIS
3	0,13	HABIS
4	0,13	HABIS
5	0,14	HABIS

Pada hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2, dapat diambil kesimpulan bahwa ketiadaan cairan infus (HABIS) direpresentasikan dengan level tegangan sensor berada dalam rentang 0, 13 volt sampai 0, 14 volt. Tegangan-tegangan ini ekivalen dengan logika *LOW* pada level TTL. Pada Gambar 6 diberikan tampilan dari komputer pemantau ketika status cairan infus HABIS. Kondisi cairan infus yang dipantau ada dua yaitu botol 1 pertama diasumsikan berada pada PASIEN-1 sedangkan botol 2 diasumsikan berada pada PASIEN-2.

Pengujian Sensor Tetesan

Sensor tetesan diletakkan pada selang infus, sensor ini mendeteksi apakah pada selang infus masih terdapat tetesan cairan infus atau tidak menetes. Pada Gambar 7 ditunjukkan posisi/letak sensor. Pengambilan data untuk sensor tetesan dilakukan seperti halnya pada pengambilan data pada sensor infus yaitu dengan mengukur tegangan untuk status infus menetes dan status sensor tidak menetes, pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali untuk status cairan infus MENETES maupun untuk status cairan infus TIDAK MENETES. Pada Tabel 3 diberikan hasil pengujian sensor tetesan ketika cairan infus terdeteksi menetes. Setiap pengujian dilakukan dalam kondisi dan waktu yang berbeda, yaitu pada beberapa pengujian diberikan pada saat sistem baru saja dilakukan '*start up*'. Selain itu tingkat kejernihan sampel cairan infus juga dibuat bervariasi.



Gambar 7 Letak Sensor Tetesan

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Tetesan dengan Status Cairan MENETES

NO	TEGANGAN SENSOR TETESAN (Volt)	STATUS TETESAN
1	2,61	MENETES
2	2,60	MENETES

3	2,60	MENETES
4	2,60	MENETES
5	2,62	MENETES

Pada hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3, dapat diambil kesimpulan bahwa cairan infus MENETES direpresentasikan dengan level tegangan sensor berada dalam rentang 2,60 volt sampai 2,61 volt. Tegangan-tegangan ini ekivalen dengan logika *HIGH* pada level TTL.

Pada Gambar 6 diberikan tampilan dari komputer pemantau ketika status cairan infus MENETES. Kondisi cairan infus yang dipantau ada dua yaitu botol 1 pertama diasumsikan berada pada PASIEN-1 sedangkan botol 2 diasumsikan berada pada PASIEN-2. Pada Tabel 4 ditunjukkan hasil pengujian sensor tetesan ketika cairan infus terdeteksi TIDAK MENETES. Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali untuk keadaan cairan infus tidak menetes dan demikian halnya untuk keadaan cairan infus masih ada. Setiap pengujian dilakukan dalam kondisi dan waktu yang berbeda, yaitu pada beberapa pengujian diberikan pada saat sistem baru saja dilakukan '*start up*'.

Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor Tetesan dengan Status Cairan Infus TIDAK MENETES

NO	TEGANGAN SENSOR TETESAN (Volt)	STATUS TETESAN
1	0,13	TIDAK MENETES
2	0,13	TIDAK MENETES
3	0,13	TIDAK MENETES
4	0,13	TIDAK MENETES
5	0,13	TIDAK MENETES

Pada hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4, dapat diambil kesimpulan bahwa cairan infus TIDAK MENETES direpresentasikan dengan level tegangan sensor 0,13 volt. Tegangan-tegangan ini ekivalen dengan logika *LOW* pada level TTL. Pada Gambar 6 diberikan tampilan dari komputer pemantau ketika status cairan infus TIDAK MENETES. Kondisi cairan infus yang dipantau ada dua yaitu botol 1 pertama diasumsikan berada pada PASIEN-1 sedangkan botol 2 diasumsikan berada pada PASIEN-2. Dalam pemberian jumlah tetesan cairan infus kepada pasien maka digunakan formulasi berikut:

$$\text{Jumlah tetesan} = \frac{jumlah_CC}{waktu} * faktor_tetesan$$

Ada tiga opsi yang dapat dipilih oleh petugas kesehatan dalam penentuan jumlah tetesan yaitu berdasarkan faktor tetesan. Faktor tetesan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Makro = 20 tetesan /menit
2. Mikro = 60 tetesan /menit
3. Tranfusiset = 15 tetesan /menit

Pada dasarnya dari tiga faktor tetesan yang ada tersebut, yang paling sering digunakan dalam pemberian cairan infus kepada paisen adalah menggunakan faktor tetesan Makro. Pemrograman yang dilakukan untuk menentukan jumlah tetesan tersebut adalah dengan menggunakan faktor tetesan Makro. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 5 yaitu dengan melakukan lima kali pengamatan.

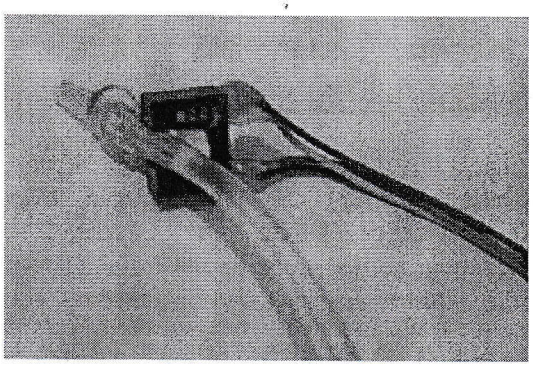
Tabel 5 Hasil Pengujian Jumlah Tetesan Cairan Infus

NO	JUMLAH TETESAN	WAKTU
1	33	1 menit
2	33	1 menit
3	32	1 menit
4	35	1 menit
5	30	1 menit

Dari hasil pengamatan yang diberikan pada Tabel 5 jika dirata-ratakan diperoleh jumlah tetesan sekitar 32,6. Sedangkan untuk hasil perhitungan menggunakan formula diperoleh 33 tetesan. Jika dibandingkan dari dua cara pengambilan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibangun dapat dikatakan berhasil.

Pengujian Sensor Darah

Sensor darah diletakkan dekat dengan jarum infus, sensor ini akan mendeteksi apakah darah masuk ke dalam selang atau tidak masuk ke dalam selang infus. Pada Gambar 8 diberikan gambar peletakan sensor darah.



Gambar 8. Peletakan Posisi Sensor Darah

Pengambilan data untuk sensor darah dilakukan seperti halnya pada pengambilan data pada sensor cairan yaitu dengan mengukur tegangan untuk status darah yang masuk ke dalam selang infus. Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali untuk status darah masuk ke dalam selang infus demikian halnya untuk status darah tidak masuk ke dalam selang infus. Hasil pengujian untuk Status Cairan infus TIDAK ADA darah diberikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Sensor Darah dengan Status Darah TIDAK ADA

NO	TEGANGAN SENSOR DARAH (Volt)	STATUS DARAH
1	0,13	TIDAK ADA
2	0,13	TIDAK ADA
3	0,13	TIDAK ADA
4	0,13	TIDAK ADA
5	0,13	TIDAK ADA

Pada hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 6, dapat diambil kesimpulan bahwa cairan infus TIDAK ADA darah direpresentasikan dengan level tegangan sensor 0,13 volt. Tegangan-tegangan ini ekivalen dengan logika *LOW* pada level TTL. Pada Gambar 6 diberikan tampilan dari komputer pemantau ketika status cairan infus TIDAK ADA darah. Kondisi cairan infus yang dipantau ada dua yaitu botol 1 pertama diasumsikan berada pada PASIEN-1 sedangkan botol 2 diasumsikan berada pada PASIEN-2.

Pada Tabel 7 ditunjukkan hasil pengujian sensor darah ketika cairan infus terdeteksi ADA darah yang bercampur dengan cairan infus di dalam selang infus. Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali untuk keadaan cairan infus ada darah. Setiap pengujian dilakukan dalam kondisi dan waktu yang berbeda, yaitu pada beberapa pengujian diberikan pada saat sistem baru saja di-'*start up*'.

Tabel 7 Hasil Pengujian Sensor Darah dengan Status ADA DARAH

NO	TEGANGAN SENSOR DARAH (Volt)	STATUS DARAH
1	3,59	ADA
2	3,60	ADA
3	3,59	ADA
4	3,61	ADA
5	3,59	ADA

Pada hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 7, dapat diambil kesimpulan bahwa cairan infus ADA darah direpresentasikan dengan level tegangan sensor dalam rentang 3,59 volt - 3,61 volt. Tegangan-tegangan ini ekivalen dengan logika *HIGH* pada level TTL. Pada Gambar 6 diberikan tampilan dari komputer pemantau ketika status cairan infus ADA darah. Kondisi cairan infus yang dipantau ada dua yaitu botol 1 pertama diasumsikan berada pada PASIEN-1 sedangkan botol 2 diasumsikan berada pada PASIEN-2.

PENUTUP

Sistem pemantauan infus pasien secara terpusat melalui penggunaan sensor optoelektronik dapat dirancang dan direalisasikan, di mana pemantaun cairan infus pasien dilakukan melalui mikrokontroler dan ditransmisikan melalui komunikasi serial (RS232 dan RS485) ke sebuah komputer yang berfungsi sebagai pusat pemantauan. Pemanfaatan sensor optoelektronik ini selain relatif murah juga mudah diperoleh di pasaran sehingga pengembangan sistem instrumentasi ini masih sangat terbuka untuk dikembangkan untuk mengoptimalkan sistem yang ada. Kelemahan yang terjadi pada sistem ini adalah selain masalah sensitivitas sensor juga masih perlu desain yang lebih terintegrasi.

DAFTAR PUSTAKA

Aston, R. (1991) *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement.* New York: Macmillan Publishing Company.

Maxim Integrated Products. (1997) *Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers*. Diakses pada tanggal 15 Juni 2007 dari http://www. sheet4u.com/images/data/maximRs232.pdf

Nalwan., P. A. (2003). *Panduan Praktis Teknik Antarmuka Dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*. Jakarta: Elex Media Komputindo.

Putra, A. E. (2003). *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*. Edisi kedua Yogyakarta: Gava Media.

Texas Instruments. (1995). *Sn75176 Differential Bus Transceiver*. Diakses pada tanggal 15 Juli 2007 dari http://www. sheet4u.com/images/data/SN75176.pdf

Tompkins, W. J., Webster, J.,G. (1988) *Interfacing Sensor To The IBM PC*. Great Britain: Prentice-Hall Inc.,

Wahana Komputer Semarang (2003) *Panduan Praktis Pemrograman Borland Delphi 7.01*. edisi 1. Yogyakarta: Andi Publisher.

Webster, J.G. (1992) *Medical Instrumentation and Design*. Boston: Houston and Mifflin Company.

RIWAYAT PENULIS

Nama Penulis **Ir. Syahrul, MT**. Penulis dilahirkan di Makassar 25 Januari 1963, menyelesaikan studi jenjang S1 di Universitas Hasanuddin–UNHAS tahun 1988 pada bidang Teknik Elektro – Teknik Telekomunikasi & Elektronika, kemudian pada tahun 1999 menyelesaikan jenjang S2 bidang Teknik Elektro – Teknik Biomedika di Institut Teknologi Bandung–ITB.

Penulis mulai menjadi staf dosen sejak tahun 1991 dan telah memperoleh sertifikat dosen profesional bidang Teknik Komputer pada 2009 yang dikeluarkan oleh DIKTI DEPDIKNAS. Saat ini penulis mengajar dan membimbing mahasiswa pada Jurusan Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia–UNIKOM Bandung dan menjabat sebagai Koordinator Laboratorium Sistem Mikroprosesor. Bidang yang ditekuni saat ini adalah Teknik Kontrol Elektronika–*Embedded System*. Matakuliah yang diajarkan antara lain *Organisasi & Arsitektur Komputer, Sistem Mikroprosesor/Mikrokontroler,* dan *Antarmuka Komputer*.