Sistem Pengukur Suhu Simultan untuk Aplikasi Pemantauan Suhu Tubuh Pasien di Rumah Sakit

Sutisna, Misto dan **Hardianto**

Abstract: An electronic monitoring system has been created for monitoring patients condition simultaneously. The temperature was converted to the voltage by a temperature sensor consisting of an NTC (negative temperature coefficient) thermistor and the additional circuit that its output voltage change following the change of thermistor resistance. The number of temperature sensor circuit is used as much as ten. The coverage of temperature measurements were in the range 35^{o}C to 41^{o}C. The main control system was done by Labjack UE9 working based program that created in LabVIEW 8.0 software. The result showed that the system works well, seen from the accuracy value reached more than 99% (discrepancy (D) less than 0.6%) and precision levels obtained from three times retrieval of data also amounts to more than 99% (relative uncertainty (I) less than 0.6%).

Keywords: temperature, measuring, simultaneously, monitoring, the patient.

PENDAHULUAN

Suhu tubuh merupakan salah satu parameter medis pada manusia yang menjadi indikator untuk mengetahui keseimbangan pembentukan dan pengeluaran panas (Hidayat dan Uliyah, 2002). Pemantauan terhadap suhu tubuh perlu dilakukan utamanya bagi pasien-pasien di rumah sakit yang berpotensi mengalami kenaikan suhu tubuh seperti pasien pasca operasi, anak-anak, dan ibu melahirkan.

Selama ini, pemantauan terhadap suhu tubuh pasien dilakukan dengan cara mengukur suhu tubuh pasien menggunakan termometer sebanyak empat sampai lima kali setiap harinya (Kusuma, dkk., 2008). Dengan metode pemantauan seperti ini, suhu tubuh pasien dari waktu ke waktu tidak dapat sepenuhnya terpantau sehingga jika terjadi anomali tidak akan secara cepat. Selain itu, dengan metode pemantauan yang selama ini dilakukan, dibutuhkan waktu 3-10 menit untuk mengukur suhu tubuh seorang pasien (Budi, 2008) sehingga apabila jumlah pasien cukup banyak, metode ini akan menyita cukup banyak waktu. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah metode pemantauan otomatis yang

Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember, Jl Kalimantarn 37 Jember

lebih efektif dan efisien,yang dapat mengukur suhu tubuh pasien secara simultan dan berkelanjutan.

Ada beberapa penelitian terkait dengan proses akuisisi data sejumlah sensor suhu yang telah dilakukan, diantaranya oleh Zuhri, Zarkasyi dan Hermanto. Zuhri membahas tentang pembuatan sistem pemantau suhu tubuh pasien berbasis mikrokontroler AT89C51. Sebagai sensor suhu digunakan LM35 dan pengonversian data analog menjadi bentuk digitalnya dilakukan dengan bantuan ADC 0808 (Zuhri, tanpa tahun). Sementara itu Zarkasyi dan Hermanto membuat sistem kontrol data yang diaplikasikan pada pengambilan data temperatur yang terdistribusi di beberapa titik secara simultan. Sebagai sensor suhunya digunakan delapan buah LM35 dan pengendalian sistem dilakukan dengan bantuan mikrokontroler AT89C51 (Zarkasyi dan Hermanto, 2004). Dari beberapa penelitian ini terlihat bahwa ketiganya mengguna-kan mikrokontroler sebagai pengendali utama sistem dan LM35 sebagai sensor suhunya. Selain itu sensor suhu yang digunakan hanya berjumlah delapan buah.

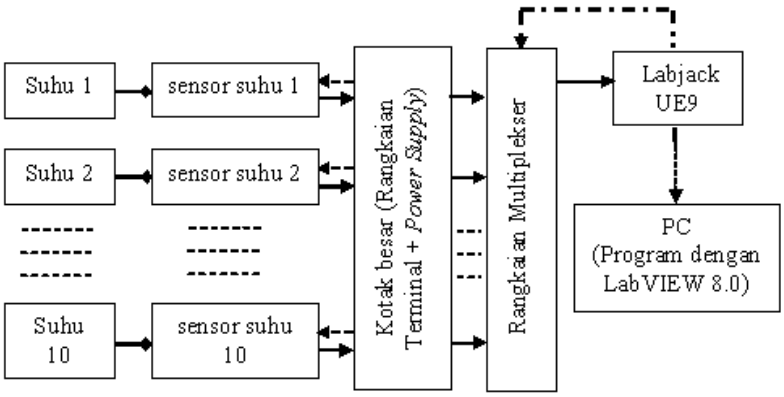
Dalam penelitian ini akan dirancang sistem yang dapat memantau secara simultan 10 orang pasien. Prinsip kerja dari sistem ini adalah dengan menggunakan sistem akusisi data yang melibatkan beberapa sensor suhu, yang akan mengubah data suhu tubuh setiap pasien menjadi sinyal tegangan listrik. Sinyal-sinyal ini kemudian diproses sedemikian rupa sehingga informasi suhu tubuh setiap pasien bisa diketahui. Sebagai pengendali utama sistem akan digunakan sebuah *device* akuisisi data berupa Labjack UE9 yang telah dilengkapi dengan USB dan ethernet. Transduser suhu yang akan digunakan berupa termistor jenis NTC (*negative temperature coefficient*) yang dilengkapi dengan *probe* sehingga aman digunakan pada manusia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini tergolong ke dalam penelitian eksperimen dengan produk berupa sistem pengukur suhu simultan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektroni-ka dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember mulai bulan Juni-Oktober 2008.

1. Desain Sistem Pemantau Suhu Simultan

Sistem yang akan dikembangkan terdiri dari beberapa bagian, yaitu rangkaian sensor suhu, rangkaian terminal dan daya, rangkaian multiplekser, Labjack UE9, dan komputer (PC). Secara skematis, desain sistem ini seperti terlihat pada gambar 1.



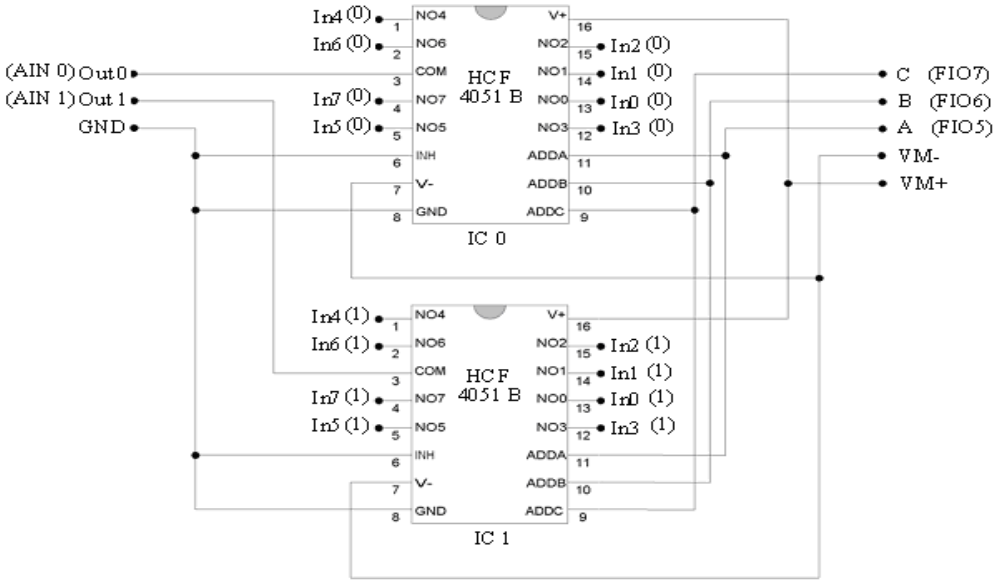
Gambar 1. Diagram sistem pemantau suhu tubuh secara simultan

Keterangan :
- Besaran fisis suhu yang akan diubah menjadi tegangan listrik
- Tegangan keluaran sensor suhu
- Suplai daya dari kotak besar ke rangkaian sensor suhu
- Kontrol *state* selektor rangkaian multiplekser
- Bentuk digital dari tegangan keluaran sensor suhu

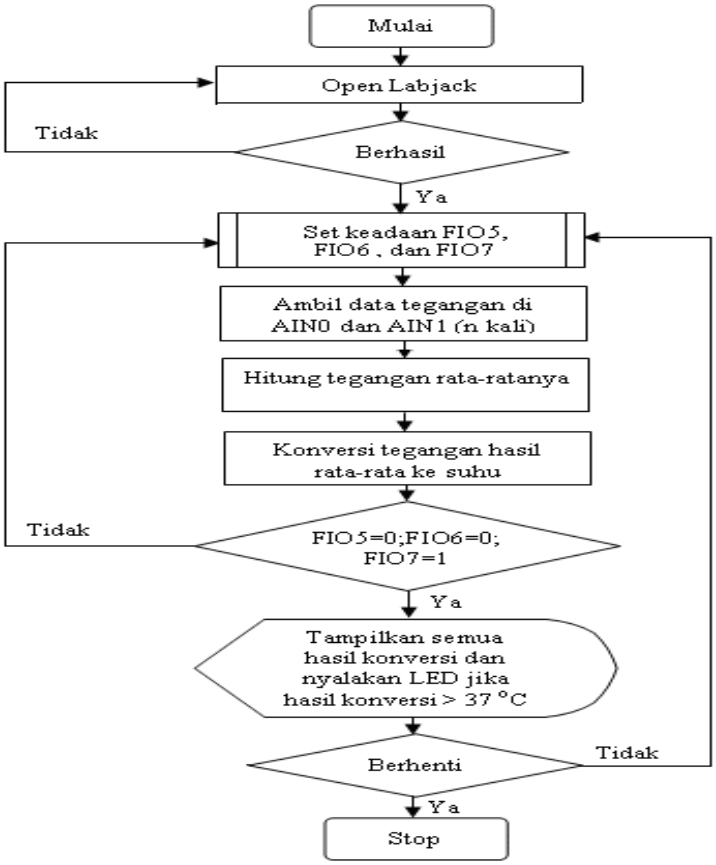
Sensor suhu terdiri dari dua bagian, yaitu termistor jenis *NTC* dan rangkaian untuk mengonversi perubahan tahanan termistor menjadi perubahan tegangan listrik. Pada rangkaian kotak besar berisi sepuluh terminal untuk masing-masing tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sepuluh rangkaian sensor suhu. Untuk rangkaian multiflekser digunakan multiplekser delapan masukan HCF 4051 B produksi *STMicroelectronics* yang dirangkai seperti gambar 2.

Labjack UE9 berperan sebagai pengendali utama sistem. Labjack UE9 juga akan melakukan konversi terhadap setiap tegangan yang diumpankan ke terminal analognya (AIN0 dan AIN1) sehingga format digital dari setiap tegangan bisa diperoleh. Mekanisme pengaturan ini dilakukan dengan program yang dibuat dalam bahasa pemrograman LabVIEW.

Untuk Menampilkan Hasil di PC akan dikembangkan program berbasis LabVIEW yang bertugas



Gambar 2. Skema rangkaian multiplekser (Labjack Corporation, 1997)



Gambar 3. *Flow chart* program pengonversi tegangan ke suhu untuk sepuluh sensor suhu

mengatur keadaan (*state*) dari terminal digital I/O Labjack yang dihubungkan dengan masukan selektor multiplekser. Program juga akan melakukan konversi terhadap data tegangan listrik yang telah diubah ke dalam format digital oleh Labjack UE9 menjadi data suhu. Pada *front panel* program akan dimunculkan indikator berupa LED yang akan menyala jika suhu terukur melebihi nilai batas tertentu. *Flow chart* program yang akan dibuat seperti terlihat pada gambar 3.

Sistem yang telah dibuat kemudian akan dikalibrasi dan diuji coba untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik atau tidak.

2. Data dan Pengolahan Data

Data yang diperoleh berasal dari karakterisasi termistor, karakterisasi sensor suhu, kalibrasi sistem, dan pengujian sistem.

a. Data karakterisasi termistor dan sensor suhu

Dari karakterisasi termistor akan dibuat grafik hubungan T (suhu) dan R (tahanan). Sedangkan dari karakterisasi sensor suhu akan dibuat grafik T (suhu) dan V (tegangan). Termistor diharapkan memberikan tanggapan yang linier pada rentang suhu pengamatan.

b. Data kalibrasi sistem

Dari kalibrasi sistem akan diperoleh data tegangan keluaran sepuluh sensor suhu pada rentang 35 ^{o}C sampai 41 ^{o}C . Selanjutnya, data diolah untuk mendapatkan persamaan grafik liniernya. Koefisien dan konstanta dari setiap persamaan grafik yang diperoleh kemudian dimanfaatkan sebagai konstanta kalibrasi pada program pengonversi tegangan ke suhu.

c. Data pengujian sistem

Dari pengujian sistem akan diperoleh pasangan data suhu pembanding (T_{ref}) dan suhu yang terbaca pada *front panel* program (T_{ukur}) untuk masing-masing rangkaian sensor suhu. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali. Data yang diperoleh selanjutnya dirata-rata sehingga diperoleh $\overline{T}_{ukur}$. Dari data ini, akurasi dan presisi hasil pengukuran dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

- ***Keakurasian hasil pengukuran***

Secara kualitatif, akurasi dinyatakan dalam bentuk *relative error* (Deardorff, 2000), yaitu:

$$Relative\ Error = \frac{measured\ value - expected\ value}{expected\ value} \quad \text{.....} \quad (1)$$

atau bisa dinyatakan dalam persen *relative error* (diskrepansi (D)):

$$D = \left| \frac{measured\ value - expected\ value}{expected\ value} \right| \times 1 \quad \text{.....} \quad (2)$$

Dalam penelitian ini diskrepansi untuk setiap nilai suhu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$D = \left| \frac{\overline{T}_{ukur} - T_{ref}}{T_{ref}} \right| \times 100\% \quad \text{.....} \quad (3)$$

semakin kecil nilai diskrepansi artinya hasil pembacaan oleh komputer semakin akurat.

- ***Kepresisian hasil pengukuran***

Dalam penelitian ini, presisi hasil pengukuran dapat dilihat dari seberapa dekat hasil pembacaan oleh sistem (sebagaimana tampak pada *front panel* program) untuk tiga kali pengambilan data. Semakin dekat pembacaan yang diberikan, semakin presisi hasil pengukuran. Secara matematis ketidakpastian relatif (dalam persen) hasil pengukuran pada penelitian ini dinyatakan sebagai:

$$I = \left| \frac{\Delta T_{ukur}}{\overline{T}_{ukur}} \right| \times 100\% \quad \text{.....} \quad (4)$$

dimana:

I : ketidakpastian relatif (%)

ΔT_{ukur} : standar deviasi pengukuran

$\overline{T}_{ukur}$: Rata-rata hasil pengukuran.

Semakin kecil nilai I yang diperoleh, semakin presisi hasil pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

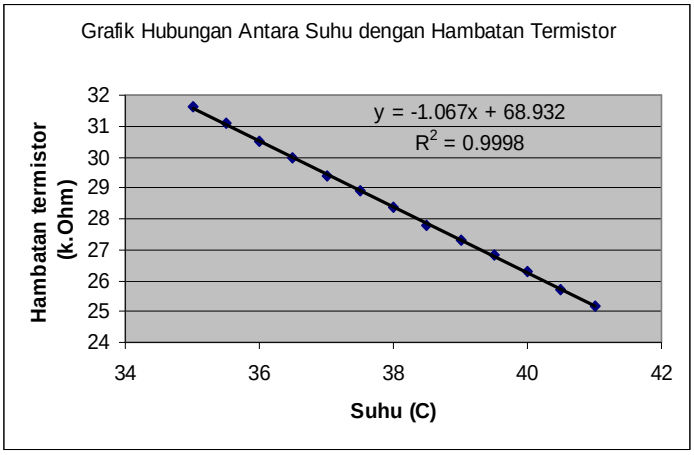
1. Sensor Suhu

Dari karakterisasi termistor yang digunakan menunjukkan bahwa respon tahanan termistor yang linier terhadap suhu pada rentang suhu 35 ^{o}C sampai 41 ^{o}C, seperti ditunjukkan pada gambar 4.

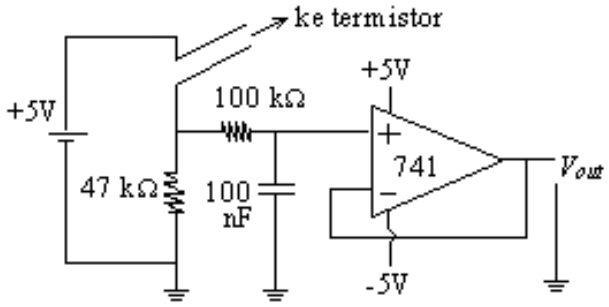
Rangkaian pendukung sensor suhu terdiri dari sebuah rangkaian pembagi tegangan, tapis lolos rendah orde satu, dan *buffer*, seperti ditunjukkan pada gambar 5.

Pengujian karakteristik sensor suhu pada rentang 35 ^{o}C sampai 41 ^{o}C menunjukkan bahwa tegangan keluaran sensor suhu (V) bertambah secara linier terhadap suhu (T) sebagaimana terlihat gambar 6.

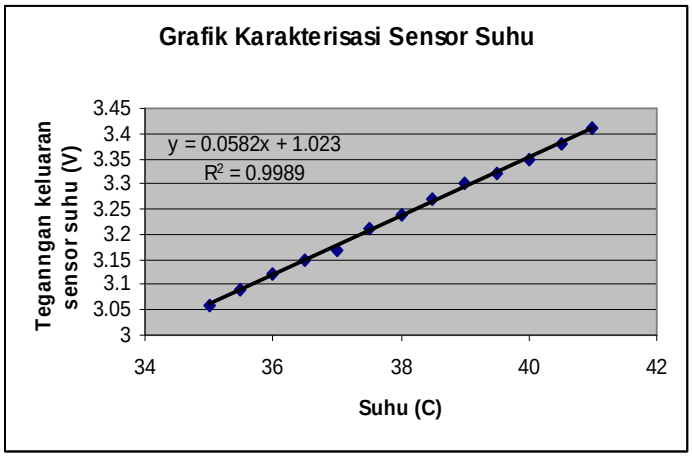
Tegangan keluaran sensor suhu rata-rata berubah sebesar 0,03 volt untuk setiap kenaikan suhu sebesar 0,5 ^{o}C (atau 0,06 volt/^{o}C).



Gambar 4. Grafik hubungan antara suhu dengan hambatan termistor



(a)

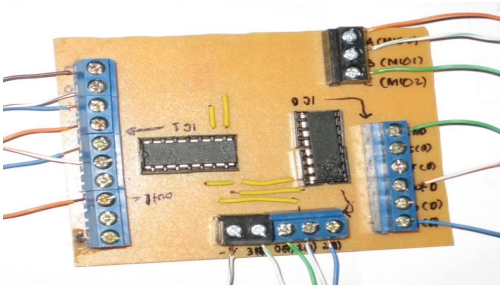


(b)

Gambar 5. (a) Rangkaian pendukung sensor suhu; (b) Karakteristik sensor suhu.

2. Rangkaian Multiplekser

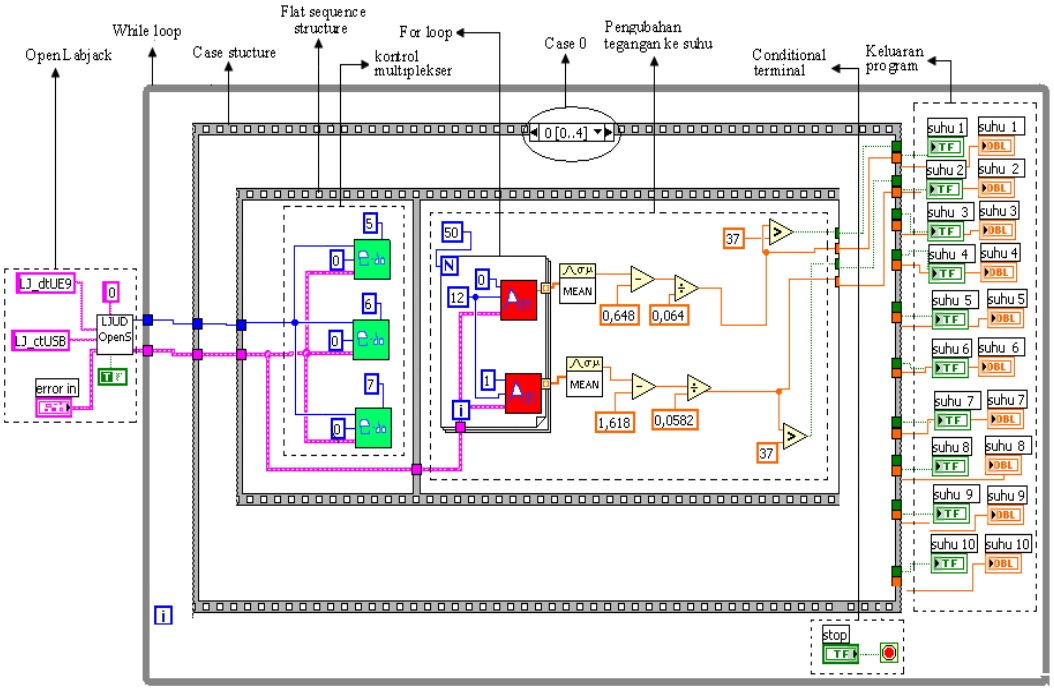
Rangkaian multiplekser ini memiliki dua keluaran, yaitu Out0 dan Out1 yang masing-masing dihubungkan dengan terminal analog Labjack AIN0 dan AIN1. Masukan mana yang akan diteruskan kekeluaran rangkaian multiplekser bergantung pada nilai biner yang diberikan pada selektor A, B, dan C, seperti ditunjukkan pada gambar 6.



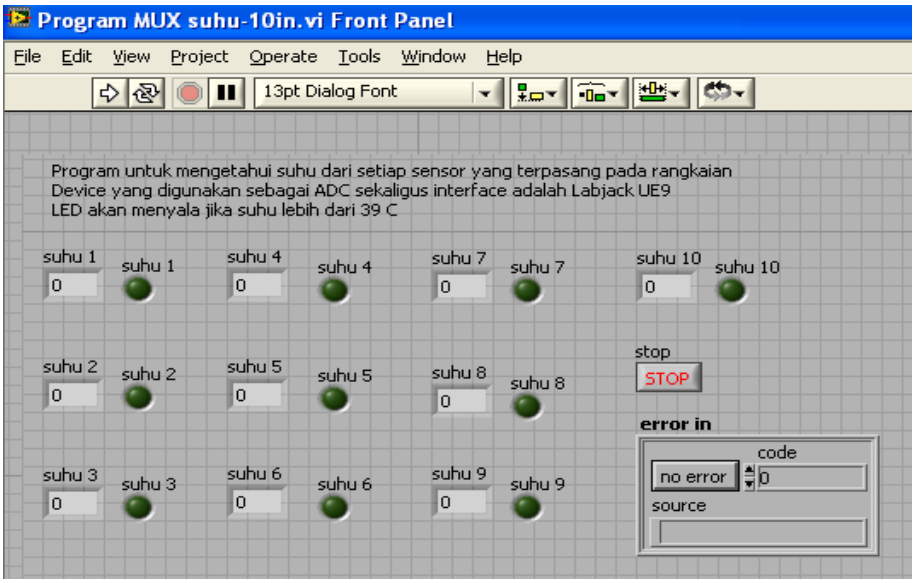
Gambar 6. Rangkaian multiplekser

3. Program Pengonversi Tegangan ke Suhu

Blok diagram dari program yang dibuat dapat dilihat pada gambar 7, sementara *front panel* program sebagaimana tampak pada gambar 8.



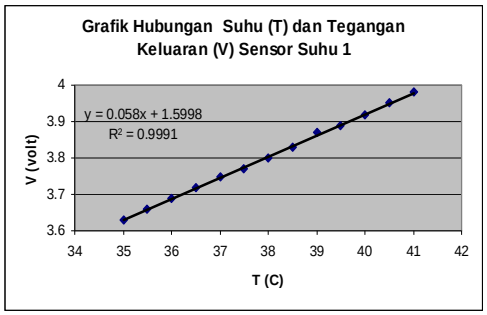
Gambar 7. Blok diagram program pengonversi tegangan ke suhu

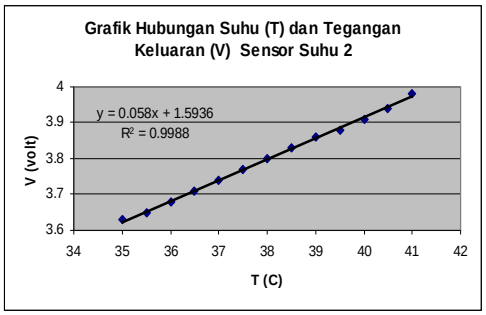


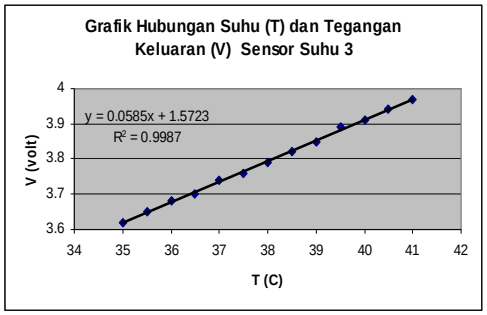
Gambar 8. *Front panel* program pengkonversi tegangan ke suhu

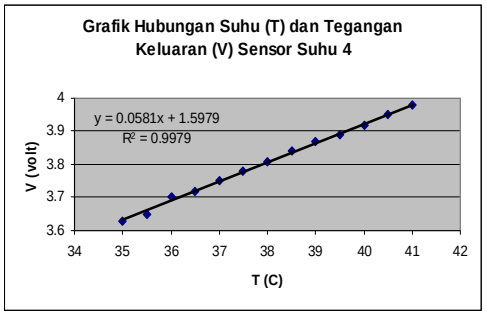
4. Hasil Kalibrasi Sistem

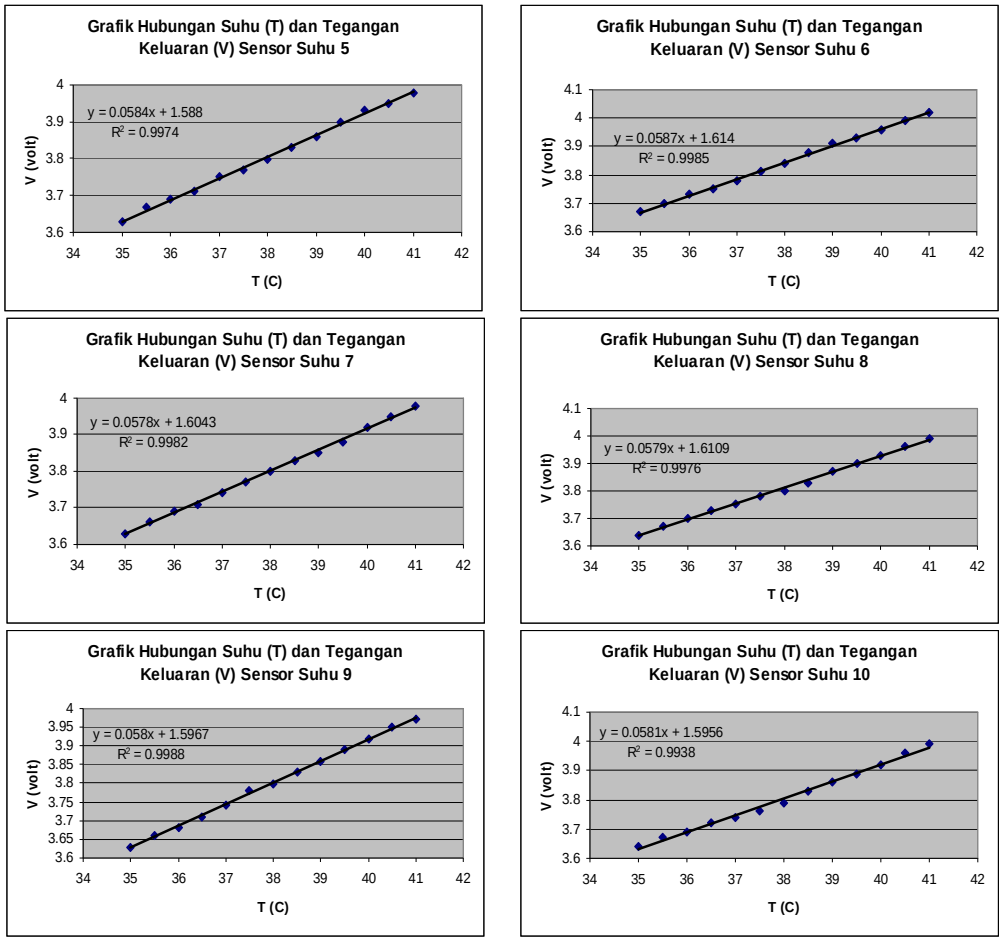
Dari kalibrasi sistem diperoleh data berupa tegangan keluaran sepuluh sensor suhu pada rentang 35 ^{o}C sampai 41 ^{o}C. Tegangan keluaran setiap sensor suhu berubah rata-rata sebesar 0,03 volt untuk kenaikan suhu sebesar 0,5 ^{o}C. Sehingga grafik hubungan antara suhu dan tegangan keluaran sensor berbentuk linier dengan persamaan umum $y = ax + b$. Selengkapnya grafik hasil kalibrasi sepuluh sensor dapat dilihat pada gambar 9.











Gambar 9. Grafik antara suhu dan tegangan keluaran sensor suhu hasil kalibrasi sistem

Dapat dilihat bahwa gradien garis a untuk semua sensor memiliki nilai yang mirip, yaitu mendekati nilai 0,058. Demikian juga dengan nilai konstanta b yang mendekati 1,6. Kemiripan nilai a menunjukkan bahwa perubahan tegangan keluaran per satuan suhu untuk setiap sensor relatif sama. Sementara itu nilai b menunjukkan adanya perbedaan representasi tegangan keluaran sensor untuk nilai suhu yang sama.

5. Hasil Pengujian Sistem

Dari hasil pengujian diketahui bahwa sistem dapat menampilkan hasil pembacaan kesepuluh sensor suhu dengan benar. Dari pengujian keakurasian dan kepresisian diketahui bahwa pembacaan yang diberikan oleh sistem masih cukup

berbeda dengan penunjukan termometer pembanding, sehingga dilakukan pengubahan pada konstanta kalibrasi yang sebelumnya telah diperoleh dari kalibrasi sistem. Pengubahan yang dilakukan lebih bersifat memperhalus saja, artinya konstanta kalibrasi setelah diubah tidak berbeda jauh dengan konstanta kalibrasi sebelumnya.

a. Akurasi

Dengan metode pengolahan data seperti pada metode penelitian dapat diketahui bahwa diskrepansi (D) yang dihasilkan seluruh sensor suhu untuk setiap nilai suhu kurang dari 5 %. Besarnya diskrepansi yang dihasilkan tidak lebih dari 0,6 % atau dengan kata lain akurasi hasil pengukuran mencapai lebih dari 99 %. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pemantau suhu ini telah memberikan pembacaan yang akurat.

b. Presisi

Dari tiga kali pengambilan data untuk seluruh sensor suhu terlihat bahwa ketidakpastian relatif pengukuran (*I*) pada tiap nilai suhu tidak lebih dari 0,6 % atau dengan kata lain tingkat presisi hasil pengukuran lebih dari 99 %. Hasil ini menunjukkan bahwa kepresisian hasil pengukuran yang diberikan oleh sistem sudah baik. Dari pengujian juga diketahui bahwa indikator LED menyala saat pengukuran suhu melebihi 37 ^{o}C. Dengan hasil ini berarti tiga parameter keberhasilan sistem telah berhasil dipenuhi sehingga dapat dikatakan sistem bekerja dengan baik.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat sebuah rancang bangun sistem pemantau suhu tubuh secara simultan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik. Hal ini terlihat dari dipenuhinya 3 parameter keberhasilan sistem, yaitu:

1. Hasil pembacaan suhu oleh sepuluh sensor suhu dapat ditampilkan pada *front panel* program dengan benar. Semua indikator numerik memunculkan suhu dari setiap sensor yang terpasang. Tampilan Suhu 1 menampilkan suhu sensor 1, Suhu 2 menampilkan suhu sensor 2, demikian juga dengan sensor suhu lainnya.
2. Indikator berupa LED pada *front panel* program menyala saat suhu terukur melebihi 37 ^{o}C.
3. Tingkat akurasi dan kepresisian hasil pembacaan oleh sistem

pada rentang 35 ^{o}C sampai 41 ^{o}C untuk setiap nilai suhu sudah baik, mencapai lebih dari 99 %. Hal ini ditunjukkan oleh besarnya nilai diskrepansi (D) dan ketidakpastian relatif (I) yang tidak lebih dari 0,6 %.

DAFTAR PUSTAKA

Budi. 2008. *Gangguan Pengaturan Suhu Tubuh*. http://nursingbegin.com/gangguan-pengaturan-suhu-tubuh/ [29 Januari 2009]

Deardorff, Duane. 2000. *Introduction to Measurement and Error Analysis*. The University of North Carolina at Chapel Hill, Department of Physics and Astronomy. http://www.physics.unc.edu/~deardorf/uncertainty/UNCguide.html [29 Desember 2008]

Hidayat, A. Aziz Azimul, S.Kp dan Uliyah, Musrifatul, S.Kp. 2004. *Buku Saku Praktikum Kebutuhan Dasar Manusia*. Penerbit Buku Kedokteran EGC: Jakarta.

Kusuma, Tandy A. dan Tanudjaya, Harlianto. *Sistem Pemantauan Detak Jantung dan Suhu Tubuh Pasien Rawat Inap Berbasis Mikrokontroler AT89C51*. FT Elektro Unika Atma Jaya : Jakarta. http://lib.atmajaya.ac.id/default.aspx?tabID=61&src=k&id=147480 [2 Oktober 2008]

Zarkasyi, A dan Hermanto, L. 2004. *Pemanfaatan Mikrokontroler Sebagai Pemroses Depan Pengambilan Data Pada Sensor Jamak Berbasis Komputer*. Jurusan Teknik Universitas Gunadarma : Jakarta. http://repository.gunadarma.ac.id:8000/Kommit2004_elektronika_komputer_013_1348.pdf *[2 Oktober 2008]*

Zuhri, F.S. Tanpa tahun. *Perencanaan dan Pembuatan Alat Pemantau Suhu Badan Pasien Rumah Sakit Berbasis Mikrokontroler AT89C51*. Universitas Widyagama: Malang. http://202.91.12.177/skripsi/9803450169/Abstrak.pdf [2 Oktober 2008]