

Perancangan dan Realisasi Perangkat *Bodywarmer*

BUDHI TAUFIQ SULISTYO¹, DECY NATALIANA¹, IBNU RULIYANTO²

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
2. Pusat Penelitian Telimek LIPI

Email: budhi.taufiq@yahoo.com

ABSTRAK

Bodywarmer merupakan perangkat elektronika yang berfungsi untuk menjaga suhu tubuh pasien agar tetap normal (36°C). Alat ini merupakan alat pendukung dalam proses anesthesia. Perangkat akan menjadi solusi paramedik dalam dunia kedokteran, terutama pada pasien pra operasi, saat operasi dan pasca operasi, dengan cara menghembuskan udara ke dalam selimut yang dipasangkan pada tubuh pasien. Bodywarmer menghisap udara dari luar, lalu dilewatkan melalui elemen, udara yang suhunya sudah berubah dialirkan ke selimut melalui selang. Pengguna cukup memasukkan suhu yang diinginkan melalui keypad, perubahan suhu serta pengaturan ditampilkan melalui LCD. Pada proses perancangan diawali dengan membuat rangkaian pada program ATMEL. Setelah dipastikan semua sesuai dibuat board pcb-nya. Setelah semua dirakit pengujian dilakukan. Bodywarmer menggunakan mikrokontroler ATmega 8535, input sensor suhu LM35 dan keypad, serta output elemen pemanas dan kipas. Elemen dan kipas diatur oleh mikrokontroler menggunakan relay. Sensor suhu LM35 dipasang di ujung selang dekat selimut. Batas suhu yang dapat dicapai pada perangkat ini adalah 24°C - 43°C. Batas ini telah diuji pada perangkat bodywarmer.

Kata kunci: suhu, mikrokontroler, kipas, elemen, relay

ABSTRACT

A bodywarmer is an electronic device that functions to maintain the patient's body temperature to remain normal (36°C). This device is a tool to support the process of anesthesia. The device will be a paramedic solutions in medicine, especially in patients with pre-surgery, during surgery and post-surgery. By way of blowing air into the blanket attached to the patient's body. The bodywarmer suck air from the outside, then passed through element, the air temperature is changed flowed into the blanket through hoses. Users simply enter the desired temperature via the keypad, and the temperature change and settings showed via the LCD display. The design process was begun by the circuit with Atmel program. Having ensured all appropriate pcb board then it was made. The last process was the testing of device. The Bodywarmer was using ATmega microcontroller 8535, LM35 temperature sensor input and keypad, as well as the output of the heating element and the fan. Both of them were set by the microcontroller using the relay. LM35 temperature sensor was mounted near the tip of the hose blanket. Temperature limits could be achieved in this device as 24°C - 43°C. This limit has been tested on devices of Bodywarmer.

Keywords: temperature, microcontroller, fan, element, relay

1. PENDAHULUAN

Proses operasi bedah membutuhkan pembiusan agar pembedahan tidak dirasakan sakit oleh pasien, yaitu dengan memberikan obat, gas bius ataupun dengan memberi suntikan, disebut juga dengan istilah medis *anesthesia*. Setiap pasien memiliki daya tahan tubuh yang berbeda dan ketahanan terhadap virus berbeda pula. Pada proses *anesthesia* mengakibatkan tidak bekerjanya *hipothelamus* yaitu syaraf yang mengontrol suhu tubuh manusia yang ada di otak. Efeknya dapat menurunkan suhu tubuh secara drastis untuk sebagian pasien yang tubuhnya tidak dapat menerima suatu gangguan dari luar baik pengaruh obat/gas bius maupun proses pembedahan. Suhu tubuh normal manusia adalah 36°C (Ritarwan, 2003).

Saat ini cara agar tubuh pasien tetap pada suhu normal yaitu dengan cara memberikan obat pada pasien. Namun dengan pemberian obat memungkinkan terjadinya perbedaan fungsi yang dapat saling mengurangi fungsi obat lainnya, atau dapat mengganggu organ tubuh pasien seperti lambung, hati atau ginjal (Ritarwan, 2003).

Berdasarkan kebutuhan paramedis atas cara alternatif untuk menjaga suhu tubuh pasien tetap normal, dan tetap aman pada pasien. Maka alat *bodywarmer* ini dibuat, alat ini tidak memberikan efek negatif pada pasien, karena *bodywarmer* mengkondisikan suhu lingkungan pasien, diharapkan suhu tubuh bisa kembali normal.

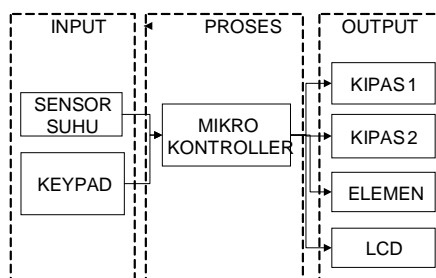
Bodywarmer atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan penghangat badan, ini merupakan alat baru dalam dunia kedokteran untuk pencegahan *hippotermia*, terutama *hippotermia* yang terjadi karena pemberian obat atau infus dalam tubuh pasien pada saat akan dioperasi, proses operasi atau pasca operasi.

Alat ini terdiri dari kipas, elemen pemanas udara, selang udara, dan selimut. Dalam penggunaannya dokter dapat mengatur berapa suhu selimut yang diinginkan agar suhu tubuh manusia tetap normal. Sistem akan menghisap udara luar, lalu menaikkan suhunya oleh elemen pemanas udara, kemudian suhu tersebut didistribusikan melalui selang udara kedalam selimut yang di desain khusus untuk pemakaian *bodywarmer*.

2. METODA RANCANGAN SISTEM

2.1 Perancangan Perangkat Keras

Blok diagram rancangan perangkat *bodywarmer* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Perancangan perangkat keras meliputi mikrokontroler sebagai pengendali, unit masukan, dan perancangan display. Bagian bagian yang tergabung pada perangkat *bodywarmer* ini dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem perangkat *bodywarmer*

Gambar 1 menunjukkan bahwa sistem perangkat *bodywarmer* terdiri dari beberapa bagian. Bagian input terdiri dari keypad dan sensor suhu LM35. Pada bagian proses terdapat

mikrokontroler ATMEGA 8535. Di bagian output terdiri dari elemen, kipas AC, kipas DC dan LCD. (Gunterus, 1997)

Tabel 1. Spesifikasi sistem perangkat *bodywarmer*

No	Nama Komponen	Keterangan
1	Input Keypad	keypad 3x4
2	Mikrokontroler	ATMEGA 8535
		8K bytes
		Arithmetic Logic Unit
		32 unit input / output
		512 bytes EEPROM
		512 bytes SRAM
		Analog to digital converter (ADC)
3	Sensor suhu	LM35DZ
	suhu yang dapat diukur	0°C - 100°C
	kenaikan suhu	10mV / 1°C
4	Pengaturan tegangan AC	Relay
	relay AC / DC	Arus Max 1A (DC & AC)
	Tegangan on/off	5V
5	Elemen Pemanas	308 watt
6	Kipas	
	Kipas 1	12V DC
	Kipas 2	220 V AC

Penjelasan dari masing-masing blok sistem perangkat bodywarmer pada Gambar 1 adalah:

1. Mikrokontroler AVR ATmega 8535 yang berfungsi sebagai pusat pengendalian pada sistem control panas ini dapat diprogram dengan menggunakan bahasa Bascom AVR.
2. LCD (*Liquid Crystal Display*) dan *driver* LCD berfungsi sebagai media tampilan selama proses pengendalian berlangsung.
3. *Keypad* berfungsi sebagai media masukan untuk mengatur *set point* level suhu yang diinginkan.
4. Sensor Suhu LM35 merupakan sensor yang akan mendeteksi suhu yang berada di ujung pipa. Keluaran sensor ini berupa tegangan analog yang dimasukkan langsung ke ADC mikrokontroler.
5. Rangkaian pengendali tegangan AC adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengendalikan hidup matinya elemen pemanas dan kipas. Rangkaian inti pengendali tegangan ini adalah relay. Kipas berfungsi sebagai pendorong udara panas dari dalam box.
6. Catu daya berfungsi sebagai suplai sistem keseluruhan.
7. Selimut berfungsi sebagai media penyaluran udara dari box ke tubuh pasien.

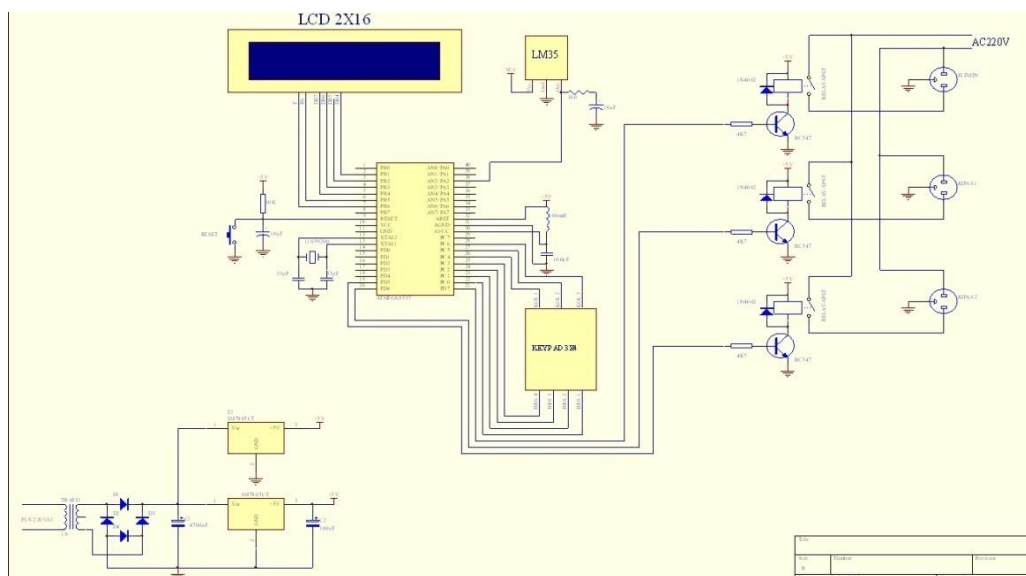
2.1.1 Rangkaian sistem minimum Mikrokontroler ATmega 8535

Sistem mikrokontroler digunakan sebagai unit kendali utama yang di dalamnya berisi program untuk mengendalikan proses pengaturan elemen, kipas, termasuk pengaturan parameter, pengaturan tampilan LCD, dan pembacaan suhu. Secara umum, alokasi

penggunaan *port* pada rangkaian ATmega 8535 dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2 (Budiharto, 2008).

Tabel 2. Penggunaan *port* pada Atmega8535

PORT ATMEGA8535	Fungsi
Port B PORTB.1 – PORTB.6	LCD
Port A PORTA.2	Sensor Suhu LM35
Port C PORTC.0 – PORTC.7	Keypad
Port A PORTD.5-PORTD.7	Pengendali relay elemen dan kipas

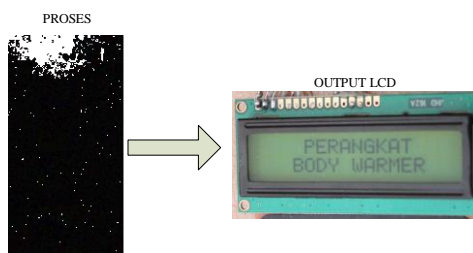


Gambar 2. Skema rangkaian keseluruhan sistem bodywarmer

PortC.0-PortC.7 mikrokontroler digunakan sebagai masukan keypad 3x4. *PortA.0* dihubungkan dengan output dari sensor suhu LM35, data ini yang nantinya digunakan sebagai penentu mati hidupnya elemen pemanas serta kipas. *PortB* dihubungkan untuk tampilan LCD. *PortD.5-PortD.7* digunakan mengendalikan relay elemen dan kipas.

2.1.2 Perancangan Display

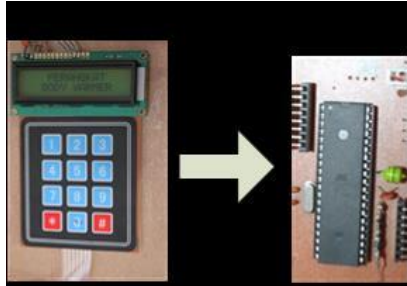
Perancangan *display* untuk menampilkan suhu dalam box serta hasil pengaturan yang dilakukan, dipakai sebuah *liquid crystal display* (LCD) 2x16 karakter yang kompatibel dengan LCD standar industri HD44780. Gambar 3 menunjukkan hubungan proses dan output mikrokontroler dengan LCD (Wardhana, 2006).



Gambar 3. Koneksi mikrokontroler dan LCD

2.1.3 Perancangan Masukan Keypad

Unit masukan berfungsi untuk memberikan nilai bagi parameter pengontrolan yang digunakan yaitu setpoint. *PortC* mikrokontroler ATmega 8535 dialokasikan untuk mengemudikan *keypad* (Wardhana, 2006).

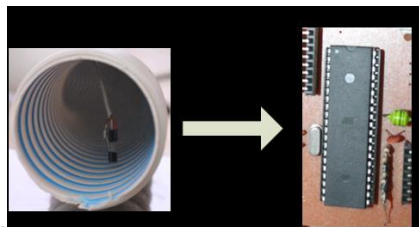


Gambar 4. Koneksi mikrokontroler dan Keypad

Jika terjadi penekanan tombol maka mikrokontroler akan membaca kombinasi logika pada pin *port C* dan hasilnya akan menyesuaikan dengan program pemindaian pada mikrokontroler. Unit masukan yang digunakan yaitu sebuah keypad matriks 3x4. Keypad merupakan bagian input terhadap mikrokontroller seperti pada Gambar 4.

2.1.4 Perancangan Input Suhu LM35

Input suhu adalah rangkaian yang digunakan untuk membaca berapa besar suhu yang terdapat pada keluaran box. Sensor suhu LM35 dipasang di ujung selang seperti pada Gambar 5.

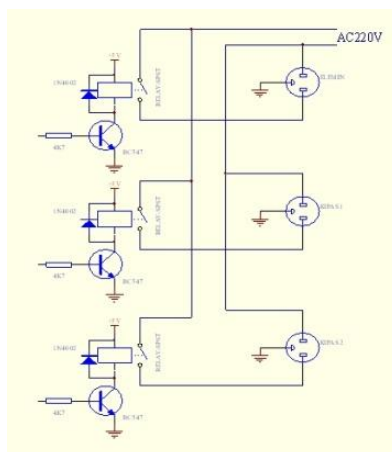


Gambar 5. Pemasangan sensor suhu LM35.

Input dari sensor suhu dimasukkan kedalam ADC mikrokontroler, agar tegangan dari output sensor tersebut dapat dibaca dan dikonversi menjadi suhu dengan karakteristik 10mV/derajat celcius. Sensor suhu diletakkan di ujung selang dekat dengan selimut.

2.1.5 Perancangan Pengendali Tegangan

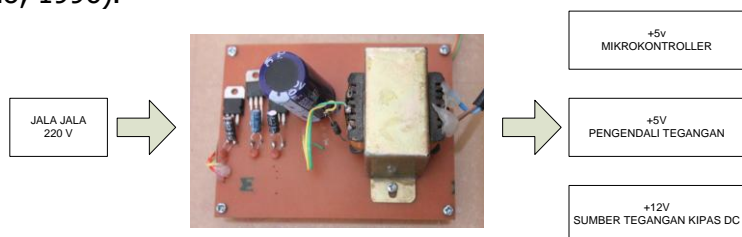
Rangkaian pengendali tegangan merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menghidup/matikan Elemen pemanas dan kipas. Rangkaian ini terdiri dari relay yang akan memutus/sambungkan hubungan antara elemen dengan tegangan AC220V dan atau DC 12V. Rangkaian pengendali tegangan ini menggunakan rangkaian seperti pada Gambar 6 (Malvino, 1996).



Gambar 6. Rangkaian pengontrol Tegangan AC

2.1.6 Catu daya

Karena mikrokontroler menggunakan catu daya sebesar +5V dan kipas DC memerlukan tegangan 12V, maka diperlukan sebuah regulator yaitu LM7805 (untuk +5V) dan LM7812 (untuk +12V) untuk menurunkan tegangan sesuai dengan yang diinginkan seperti pada Gambar 7 (Malvino, 1996).



Gambar 7. Catu Daya

2.1.7 Perancangan box pemanas

Pada *prototype bodywarmer* box pemanas terbuat dari bahan *stainless steel* dengan bentuk kotak persegi panjang berukuran 31 x23 x13 cm seperti pada Gambar 8. Bahan ini dipilih karena *stainless steel* merupakan bahan yang mudah dan murah untuk dibentuk dibandingkan dengan bahan yang lain, *stainless steel* tahan terhadap karat, sehingga dapat memperpanjang umur alat. Selain itu juga bahan *stainless steel* mudah untuk disterilkan. Penghubung selimut dan box pemanas menggunakan selang udara dengan diameter 3in.



Gambar 8. Bentuk box pemanas

Bagian belakang box pemanas dipasang 2 buah kipas, untuk menghisap sekaligus mendorong udara ke selang lalu masuk ke selimut seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Bagian input udara

Pada subbab 2.1 dijelaskan bahwa output dari relay terhubung dengan kipas dan elemen, kipas dan elemen tersebut dipasang seperti Gambar 10.



Gambar 10. Pemasangan elemen pemanas dalam box

Bagian output udara dihubungkan dengan selang berdiameter 3inchi. Secara keseluruhan pemasangan *hardware bodywarmer* ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Gambar keseluruhan box bodywarmer

2.1.8 Perancangan selimut

Pada *prototype* ini selimut menggunakan bahan linen, hal ini dipilih karena bahan linen memiliki kerapatan antar benang yang renggang. Sehingga udara dapat terdistribusi dengan mudah. *Output* dari box akan masuk kedalam selimut, dan 1 sisi selimut akan dilapisi plastik agar udara terfokus ke sisi bawah (tubuh pasien). Sehingga udara dari box akan terdistribusi kedalam selimut, lalu akan mengalir lewat lubang lubang selimut, menghangatkan tubuh pasien. Contoh selimut yang digunakan seperti pada Gambar 12.



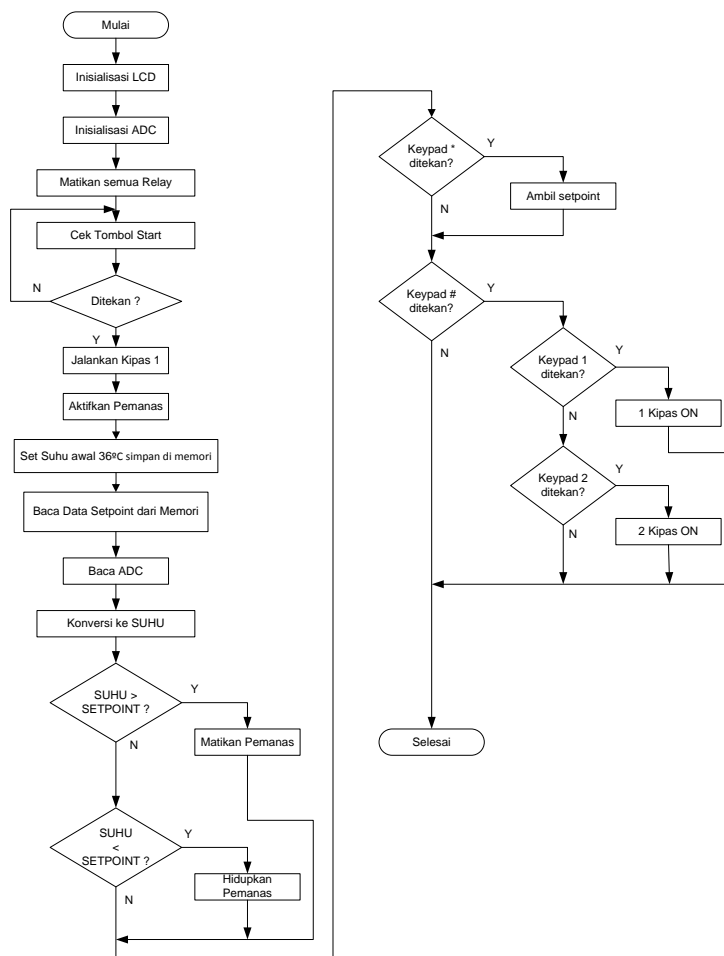
Gambar 12. prototype selimut

2.1.9 Perancangan program

Pemrograman mikrokontroler ATmega 8535 dapat dilakukan dengan menggunakan bahasa *assembly* dan *Basic*. Perancangan perangkat lunak Tugas Akhir ini menggunakan bahasa Basic dengan kompilator BASCOM AVR. Pemilihan bahasa Bascom dikarenakan kemudahan, kesederhanaan, serta fleksibilitas pemrograman karena selain perintah-perintah dalam bahasa Bascom dapat pula disisipkan bahasa *assembly* yang disebut dengan *inline assembly*.

Program utama berperan sebagai jantung perangkat lunak yang akan mengatur keseluruhan operasi yang melibatkan fungsi-fungsi pendukung. Fungsi-fungsi pendukung akan melakukan kerja khusus sesuai kebutuhan dari program utama. Oleh karena itu perancangan program

utama didahului dengan melakukan perancangan diagram alur agar cara kerja yang ingin dibuat dapat dilihat pada Gambar 13 (Iswanto, 2008).



Gambar 13. Diagram alir program utama

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian perangkat *bodywarmer* dilakukan pada *plant* model box/kotak. Pengujian terdiri dari pengujian perbagian dan pengujian terintegrasi. Pada pengujian perbagian, akan diuji berdasarkan masing masing komponen seperti : *keypad*, sensor suhu LM35, LCD, Relay, kipas AC, kipas DC, Elemen pemanas. Untuk pengujian keseluruhan akan dilakukan dengan mengukur waktu pencapaian perubahan suhu.

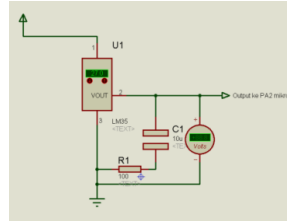
Pengujian perangkat keras dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras yang telah dirancang dapat bekerja dan berfungsi dengan baik sebagaimana yang diinginkan.

3.1 Pengujian Subsistem

Sistem perangkat *bodywarmer* terdiri dari beberapa subsistem seperti keypad, sensor suhu, kipas, elemen, dan LCD. Diperlukan pengujian subsistem agar sistem dapat berjalan baik.

3.1.1 Sensor suhu LM35

Pengujian sensor suhu LM35 dilakukan dengan mengukur suhu yang keluar dari box terhadap suhu. Output yang dikeluarkan oleh LM35 berupa tegangan. Cara mengukur tegangan output yang didapat dari LM35 ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Cara mengukur tegangan pada LM35

Setelah dilakukan pengukuran maka didapatkan suhu dan tegangan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perbandingan suhu terukur dengan pembacaan sensor LM35.

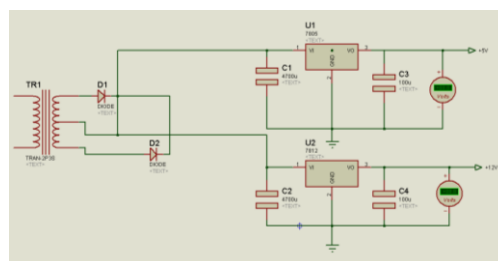
No	Suhu terukur (derajat celcius)	Sensor LM35 (milivolt)
1	28	280
2	30	300
3	32	320
4	36	360
5	38	380

3.1.2 Pengujian Tegangan Catu Daya

Pengukuran ini dimaksudkan untuk melihat besarnya tegangan output dari regulator yang digunakan untuk mensuplai tegangan sistem. Pengujian catu daya ini merupakan pengujian mutlak dimana catu daya ini merupakan sumber daya bagi seluruh sistem sehingga bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan pengukuran melalui volt meter pada titik output catu daya seperti pada Gambar 15 dan hasil pengukuran suhu ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran Tegangan output Catu Daya

Regulator	Output
LM7805	4,98 Volt
LM7812	11,99 Volt



Gambar 15. Cara mengukur tegangan output catu daya

3.1.3 Pengujian LCD (Liquid Crystal Display)

Pengujian pada LCD dilakukan dengan menulis listing program berikut untuk kemudian dimasukkan kedalam mikrokontroler.

Lcd " **BODYWARMER** "

lowerline

Lcd "SET POINT"

listing diatas ditulis pada program utama, sehingga muncul tulisan dalam tanda petik tersebut pada LCD. Pada baris pertama bertuliskan "BODYWARMER" dan kemudian pada baris kedua bertuliskan "SET POINT", sehingga LCD dapat berfungsi dengan baik.

3.1.4 Pengujian Keypad

Pengujian *keypad* dilakukan dengan menekan setiap tombol yang ada pada *keypad* dan menampilkan data yang dihasilkannya ke LCD. Setiap tombol pada *keypad* menghasilkan kode yang berbeda-beda sehingga dapat disimpulkan bahwa *keypad* dapat berfungsi dengan baik.

Pengujian modul ini dilakukan dengan memberikan logika High pada kolom 1, kolom 2 dan kolom 3 secara bergantian. Kemudian output dapat dilihat pada jalur baris1, baris 2, baris 3 dan baris 4. Hasil pengujian keypad ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Modul Keypad

Kol 1	Kol 2	Kol 3	Baris 1	Baris 2	Baris 3	Baris 4	Tombol
1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	4
1	0	0	0	0	1	0	7
1	0	0	0	0	0	1	#
0	1	0	1	0	0	0	2
0	1	0	0	1	0	0	5
0	1	0	0	0	1	0	8
0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	3
0	0	1	0	1	0	0	6
0	0	1	0	0	1	0	9
0	0	1	0	0	0	1	*

Jika dilihat hasil dari pengujian diatas, maka modul keypad tersebut sudah bekerja sempurna sesuai dengan yang diharapkan.

3.2 Pengujian terintegrasi

Pengujian terintegrasi merupakan pengujian menyeluruh dari modul-modul yang sudah dibuat digabungkan menjadi sebuah sistem yang bekerja sesuai dengan program yang telah ditanamkan ke dalam otak sistem yaitu mikrokontroler. Adapun langkah-langkah pengujiannya.

1. Hubungkan semua konektor baik dari sensor suhu, kipas, dan elemen pemanas ke modul utama.
2. Sambungkan catu daya ke listrik PLN 220V
3. Tunggu beberapa saat sampai LCD mengeluarkan berita baris kesatu "PERANGKAT" dan baris kedua "BODY WARMER", seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Tampilan awal perangkat *bodywarmer*

4. Tekan sembarang tombol kecuali angka 5 pada keypad, maka LCD akan menampilkan informasi nilai Suhu dan Setpoint, seperti pada Gambar 17. Setpoint awal yaitu 36°C. Suhu yang terbaca oleh sensor ditampilkan setelah kata-kata SUHU, sedangkan *setpoint* adalah nilai suhu yang menjadi acuan dari suhu yang diperbolehkan, nilai suhu setpoint ini dapat dirubah melalui keypad.



Gambar 17. Start perangkat *bodywarmer*

5. Apabila Suhu output sensor \geq dari setpoint berarti suhu terlalu panas, maka elemen pemanas akan dimatikan sehingga suhu keluaran box perlahan akan turun dan akan sama dengan suhu setpoint.
6. Apabila suhu output sensor $<$ dari setpoint berarti suhu terlalu dingin, maka elemen pemanas akan diaktifkan sehingga suhu akan kembali naik menuju suhu setpoint yang diinginkan.
7. Untuk melakukan perubahan nilai suhu Setpoint, Tekan tombol * (bintang) pada keypad tunggu sebentar, maka di LCD akan menampilkan "SP". Masukkan 2 digit nilai suhu yang diinginkan. Setelah dimasukkan maka pada layar LCD akan menampilkan seperti semula (menampilkan suhu terbaca dan set point).
8. Pada alat *Bodywarmer* ini dilengkapi 2 buah kipas yang dapat diatur apakah hanya berputar 1 kipas, atau berputar kedua kipasnya. Hal ini dapat dilakukan dengan menekan tombol # (pagar) pada keypad dan LCD akan menampilkan "SET KIPAS". Jika ditekan angka 1, maka yang aktif hanya 1 kipas saja. Apabila ditekan angka 2, maka kedua kipas akan berputar bersamaan.
9. Untuk keamanan box terhadap panas, maka cara mematikan alat tersebut, dengan menekan tombol 5 (lima), setelah 30 detik baru boleh power dicabut, seperti pada Gambar 18. Hal ini menjaga suhu yang terkunci dalam box.



Gambar 18. Mematikan sistem perangkat *bodywarmer*

Setelah dilakukan ujicoba perangkat *bodywarmer* keseluruhan, maka diukur waktu pencapaian suhu agar waktu pencapaian sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Pada pengukuran suhu *prototype bodywarmer* dilakukan dengan 2 jenis pengukuran, yaitu dengan pengukuran *range* suhu 24 °C - 43°C, dan pengukuran *range* suhu 32°C - 43°C. Pengukuran *range* suhu 24°C - 43°C dilakukan karena perangkat *bodywarmer* diuji pada suhu ruang 22°C. Sedangkan pengukuran *range* suhu 32°C - 43°C diperlukan karena batas kerja suhu yang digunakan oleh dokter adalah 32°C - 43°C.

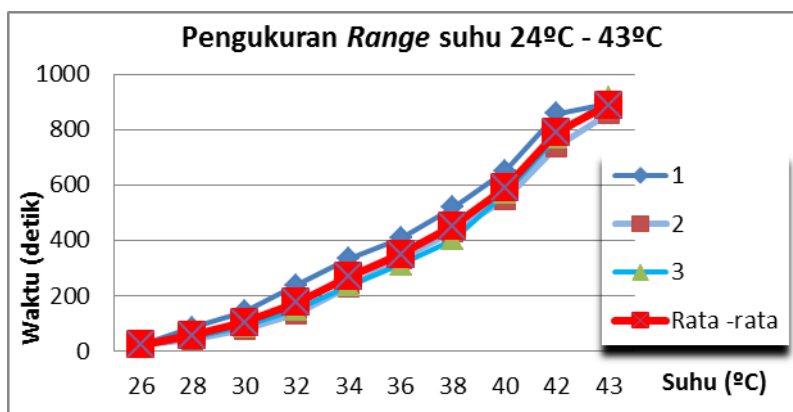
Proses pengukuran dilakukan selama 3x untuk setiap jenis perubahan suhu. Kenaikan suhu dihitung dan dicatat setiap 2°C. Tahapan yang dilakukan adalah:

1. Pengukuran *range* suhu 24°C - 43°C
2. Pengukuran *range* suhu 43°C - 24°C
3. Melakukan tahap 1 dan 2 sampai 3x pengujian.
4. Pengukuran *range* suhu 32°C - 43°C
5. Pengukuran *range* suhu 43°C - 32°C
6. Melakukan tahap 3 dan 4 sampai 3x pengujian.

3.2.1 Pengukuran *range* suhu 24°C - 43°C

Tabel 6. Pengukuran Range suhu 24°C - 43°C

Suhu (°C)	Pecobaan ke – (detik)			Rata –rata
	1	2	3	
26	19	22	21	21
28	84	39	46	56
30	142	79	90	104
32	237	135	150	174
34	334	234	235	268
36	407	332	312	350
38	518	430	403	450
40	649	548	569	589
42	858	740	773	790
43	896	857	914	889



Gambar 19. Grafik kenaikan suhu 24°C - 43°C

Dari Tabel 6 dan Gambar 19 didapat bahwa waktu tempuh rata – rata yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 24°C - 43°C adalah 14 menit 49 detik. Dan semakin tinggi perbedaan suhu dengan suhu ruang, maka semakin lama pencapaian waktu setiap kenaikan suhu 1°C.

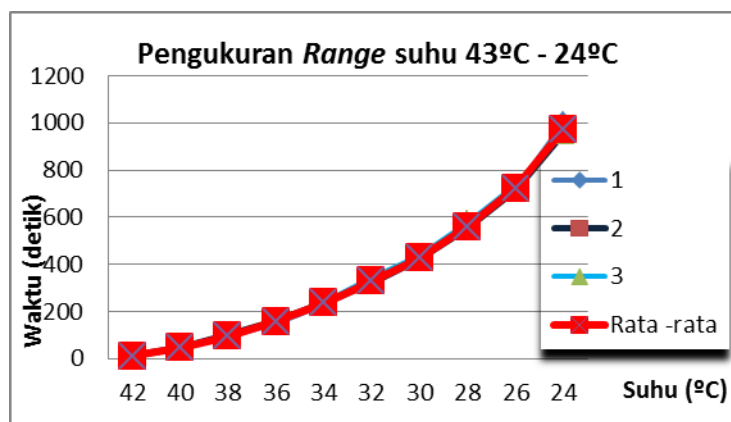
Jeda waktu yang dibutuhkan agar perangkat ini dapat digunakan (suhu 36°C) adalah 3 menit 50 detik.

3.2.1 Pengukuran *range* suhu 43°C - 24°C

Pada Tabel 7 dan Gambar 20 didapat bahwa waktu tempuh rata – rata yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu 43°C - 24°C adalah 16 menit 10 detik. Dan semakin dekat suhu setpoin dengan suhu lingkungan akan semakin lama pencapaian waktunya.

Tabel 7. Pengukuran Range suhu 43°C - 24°C

Suhu	Pecobaan ke - (detik)			Rata –rata
	1	2	3	
42	7	14	12	11
40	42	47	49	46
38	91	101	96	96
36	149	164	160	158
34	227	239	241	236
32	324	321	342	329
30	424	425	434	428
28	551	554	578	561
26	717	715	735	722
24	998	956	956	970



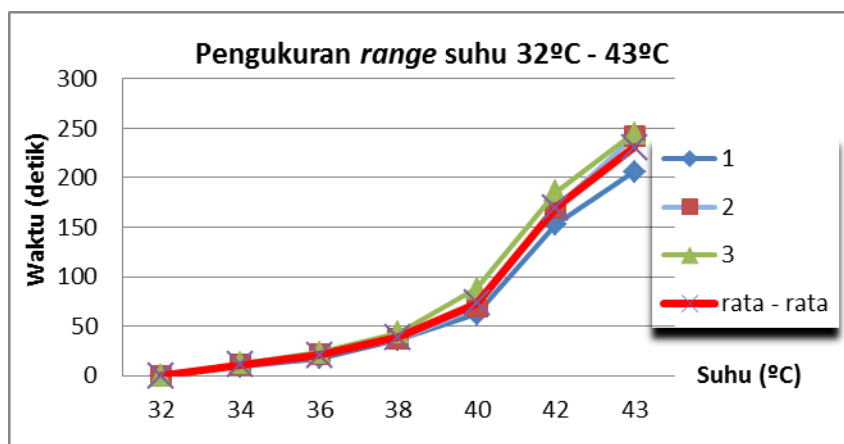
Gambar 20. Grafik penurunan suhu 43°C - 24°C

3.2.2 Pengukuran *range* suhu 32°C - 43°C

Pengukuran *range* suhu 32°C - 43°C dilakukan berdasarkan kebutuhan paramedis, di mana *range* suhu yang digunakan adalah 32°C - 43°C. hal ini ditujukan untuk menjaga suhu normal tubuh pasien 36°C. Pengukuran dilakukan setelah suhu setpoin dijaga pada suhu 36°C selama 2 menit.

Tabel 8. Pengukuran range suhu 32°C – 43°C, dalam satuan detik

Suhu (°C)	Pecobaan ke -			rata - rata
	1	2	3	
32	0	0	0	0
34	9	11	12	11
36	17	22	23	21
38	36	37	43	39
40	62	69	88	73
42	153	170	186	170
43	206	242	245	231



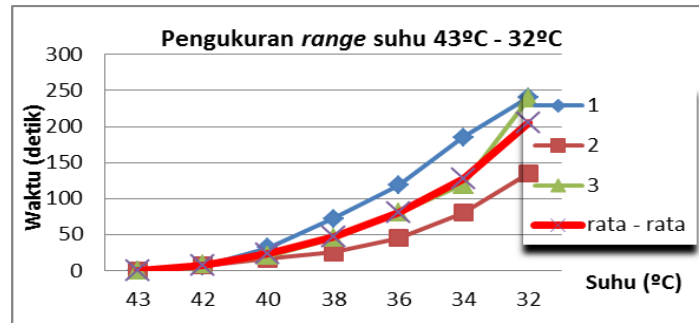
Gambar 21. Grafik penurunan suhu 32°C – 43°C

Dari Tabel 8 dan Gambar 21 didapat bahwa waktu tempuh rata – rata yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 32°C - 43°C adalah 3 menit 51 detik. Hal ini menarik untuk dicermati bahwa pada percobaan 4.2.1 untuk menaikkan suhu 24°C - 43°C memerlukan waktu 11 menit 55 detik, hasilnya berbeda jauh. Hal ini disebabkan karena sebelum pengukuran *range* 32°C - 43°C dilakukan, suhu sudah diset 36°C. Sehingga suhu dalam box sudah cukup panas untuk menaikkan suhu ke suhu *setpoint*. Berbeda dengan *range* suhu 24°C - 43°C, suhu dalam box pada *range* ini masih sama dengan suhu ruang.

3.2.3 Pengukuran *range* suhu 43°C - 32°C

Tabel 9. Pengukuran range suhu 43°C – 32°C, dalam satuan detik

Suhu (°C)	Pecobaan ke -			rata - rata
	1	2	3	
43	0	0	0	0
42	6	7	8	7
40	32	16	20	23
38	72	25	45	47
36	118	45	80	81
34	185	80	119	128
32	241	135	239	205



Gambar 22. Grafik penurunan suhu 43°C – 32°C

Dari Tabel 9 dan Gambar 22 didapat bahwa waktu tempuh rata – rata yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu 43°C - 32°C adalah 3 menit 25 detik.

KESIMPULAN & SARAN

4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perangkat *bodywarmer* yang terdiri dari mikrokontroler, sensor suhu 1m35, relay, kipas dan pemanas, dapat berjalan dengan baik.
2. Pada *prototype bodywarmer*, bahan box yang menggunakan *stainless steel* mengakibatkan box menjadi panas, dan dapat membahayakan pengguna, dan ketika perangkat mati, penurunan suhu box membutuhkan waktu yang cukup lama hingga 5 menit agar box benar – benar dingin.
3. Saat dinyalakan perangkat *bodywarmer* akan diseting setpoint suhu 36°C, waktu yang ditempuh untuk mencapai suhu 24°C - 36°C adalah 3 menit 50 detik.
4. Bahwa benar setelah suhu setpoint awal diseting ke 36°C. *Prototype bodywarmer* akan bekerja maksimal. Sehingga waktu tempuh pencapaian ke suhu setpoint semakin cepat, seperti contoh dengan range suhu 32°C - 43°C dicapai dalam waktu 3 menit 51 detik.
5. Alat ini dapat bekerja sesuai kebutuhan paramedis, yaitu suhu 32°C - 43°C.
6. Alat ini tidak dianjurkan pemakaiannya diluar suhu yang telah diuji sebelumnya yaitu rentan suhu *setpoint* 24°C - 43°C, dengan suhu ruang 22°C. Jika suhu diset melebihi batas yang telah diuji, maka suhu sulit dicapai bahkan tidak bisa tercapai jika range terlalu jauh.

4.2 SARAN

Pada pengembangan sistem lebih lanjut ada beberapa saran yang dapat dilakukan yaitu:

1. Menggunakan kipas (blower) yang lebih kuat agar suhu yang keluar dari output keluaran dapat terbaca cepat, baik untuk menurunkan suhu maupun pada saat suhu naik.
2. Menggunakan elemen pemanas yang lebih baik dan besar watt nya agar panas yang diinginkan dapat tercapai dengan cepat.
3. Melibatkan *mechanical engineer* untuk desain box.
4. Pada perancangan program mikrokontroler, dibuat batasan *setpoint* suhu, sehingga apabila suhu yang diinput melalui keypad melebihi batas yang telah diuji, akan ada peringatan. Sehingga pengguna tidak bingung untuk menggunakan perangkat *bodywarmer* ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Budiharto, Widodo, (2008) *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR ATmega16*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Gunterus, Frans, (1997) *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Malvino. (1996) "*Prinsip – Prinsip Elektronika*". Jakarta : Erlangga.
- Wardhana L, (2006) *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Iswanto. (2008) *Belajar sendiri mikrokontroler AT90S2313 dengan basic Compiler*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kiking Ritarwan. (2003). *Pengaruh Suhu Tubuh Terhadap Outcome Penderita Stroke yang Dirawat Di RSUP H. Adam Malik Medan*.