

Pengendalian Dosis Inframerah pada Alat Terapi Menggunakan Pulse Width Modulation (PWM)

Dedi Nurcipto¹, Gutama Indra Gandha¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang..

Informasi Artikel

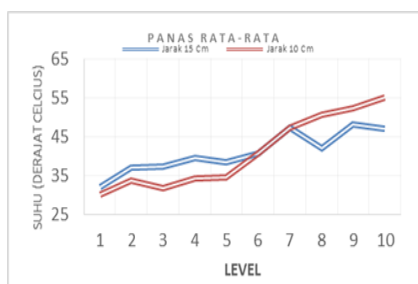
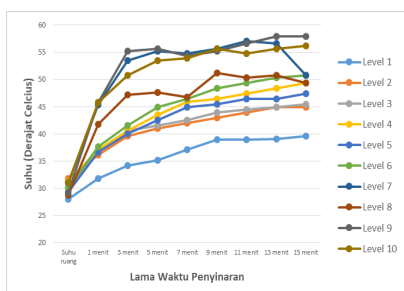
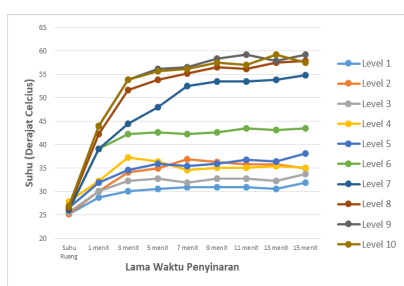
Naskah Diterima : 11 November 2017

Direvisi : 20 Desember 2017

Disetujui : 24 Desember 2017

*Korespondensi Penulis :
dedi.nurcipto@dsn.dinus.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Routines can affect the stability of the body that leads to decreased fitness, this affects daily activities. Pain is generally characterized by pain that will take the patient to the doctor for diagnostic information and healing. Infrared therapy is one of the alternatives in reducing the pain and this therapy can be done alone after the information from the doctor. Usually in determining the dose to note the distance of the object and the length of infrared irradiation on the object. This study aims to determine the effect of heat generated by infrared by setting the infrared intensity by using PWM (Pulse width modulation) as a dose controller. In addition to distance and time, the infrared intensity will also affect the resulting temperature. The greater the intensity level of radiation then the heat generated faster and conversely the smaller the intensity of the heat generated will be longer. The average of increasing temperature rate with a distance of 10 cm, a minute time interval and initial temperature by ± 26.27 degree Celsius is 3.36 degree Celsius. The changing of radiation distance also been performed in this research. The interval distance was changed to 15 cm with initial temperature by ± 26.27 degree Celsius. The longer of distance interval leads to decreased of average temperature rate by 3.28 degree Celsius. The duty cycle of PWM percentage, radiation distance and time interval are the factors that affect the changing of temperature rate..

Keywords: PLTH, NPC, COE

Abstrak

Rutinitas dapat mempengaruhi kestabilan tubuh seseorang yang bisa menimbulkan penyakit sehingga dapat mempengaruhi aktifitas seseorang. Sakit pada umumnya ditandai dengan rasa nyeri yang akan membawakan penderita pergi ke dokter untuk mendapatkan informasi diagnosa dan penyembuhannya. Terapi inframerah merupakan salah satu alternatif dalam mengurangi rasa nyeri dan terapi ini dapat dilakukan sendiri setelah mendapatkan keterangan dari dokter. Biasanya dalam menentukan dosis perlu diperhatikan jarak objek dan lama penyinaran inframerah pada objek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek panas yang dihasilkan inframerah dengan pengaturan intensitas inframerah dengan menggunakan PWM (Pulse width modulation) sebagai pengendali dosis. Selain jarak dan waktu, intensitas inframerah juga akan mempengaruhi suhu yang dihasilkan. Semakin besar level intensitas penyinaran maka panas yang dihasilkan semakin cepat dan sebaliknya semakin kecil intensitas maka panas yang dihasilkan akan semakin lama. Peningkatan panas rata-rata yang dihasilkan tiap menit dengan jarak adalah 10 cm adalah 3,36 °C pada suhu awal sebelum penyinaran sebesar $\pm 26,27$ °C. Dan pada jarak 15 cm peningkatan suhu rata-rata sebesar 3,28 °C dengan suhu awal sebelum penyinaran sebesar $\pm 26,27$ °C. Sehingga dapat disimpulkan selain jarak dan waktu, duty cycle PWM akan mempengaruhi temperatur yang dihasilkan.

Kata kunci: Inframerah; Terapi; Remot Kontrol; PWM

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Rutinitas dapat mempengaruhi kesetabilan tubuh yang mengakibatkan kelelahan. Istilah kelelahan biasanya menunjukkan kondisi yang berbeda-beda dari setiap individu, tetapi semuanya bermuara pada kehilangan efisiensi dan penurunan kapasitas kerja serta ketahanan tubuh[1]. Kelelahan dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu kelelahan otot yang mengakibatkan rasa nyeri pada otot atau tremor dan kelelahan yang ditandai dengan menurunnya kemampuan untuk bekerja yang disebabkan oleh karena monoton, intensitas dan lamanya kerja fisik, keadaan lingkungan, sebab-sebab mental, status kesehatan dan keadaan gizi [2]. Kelelahan dapat menjadi awal penyebab dari suatu penyakit yang dapat mengganggu aktifitas. Gejala umum yang sering timbul dari suatu penyakit adalah nyeri. Dari beragam jenis nyeri, nyeri akut adalah alasan paling utama bagi pasien untuk mencari perawatan medis[3].

Salah satu cara untuk mengatasi nyeri adalah terapi. Terapi fisik merupakan bagian dari rehabilitasi medis yang banyak membantu untuk mengatasi rasa nyeri akut maupun kronis[4]. Salah satu modalitas fisioterapi yang biasa dipakai untuk menurunkan nyeri adalah sinar infra merah[3]. Radiasi inframerah (IR) memiliki rentang panjang gelombang antara 750 nm-100 μ m, rentang frekuensi antara 400 THz-3 THz, dan rentang energi foton antara 12,4 meV-1,7 eV[5]. Menurut standar ISO 20473 untuk inframerah terbagi menjadi Near IR (NIR) dengan panjang gelombang 0.78 – 3 μ m, Mid IR (MIR) dengan panjang gelombang 3.0 – 50 dan Far IR (FIR) panjang gelombang 50 – 1000.

Pada umumnya FIR banyak diimplementasikan pada alat kesehatan. Inframerah yang dipancarkan memberikan efek panas pada tubuh terutama pada permukaan kulit yang terpapar secara langsung. Efek terapi di antaranya menghilangkan rasa sakit, meningkatkan sirkulasi darah, mengurangi dan menghilangkan spasmen otot, dan meningkatkan efek viskoelastik jaringan kolagen[4]. Terapi inframerah dapat dilakukan lebih dari satu kali tergantung dari tujuan terapi serta respon penderita dan analisa dokter atau terapis yang memeriksa.

Dosis terapi inframerah yang diberikan pada penderita akan berbeda-beda tergantung diagnosa terapis. Efek samping yang dapat terjadi adalah luka bakar derajat ringan, bertambahnya peradangan, nyeri yang bertambah, alergi kulit, terutama pada penderita yang mempunyai riwayat alergi terhadap suhu panas, perdarahan yang bertambah pada luka terbuka dan pingsan[6].

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya[6] yaitu Rancang Bangun Terapi Infra Merah Berbasis Atmega8 yang belum menggunakan remot dan pengaturan intensitas. Pada penelitian ini peneliti telah mengimplementasikan pengaturan intensitas inframerah serta kemampuan pengendalian jarak jauh yang digunakan untuk mengendalikan dosis inframerah berdasarkan efek panas yang dihasilkan, melalui pengaturan intensitas inframerah berbasis PWM dilakukan pada penelitian ini.

2. METODE PENELITIAN

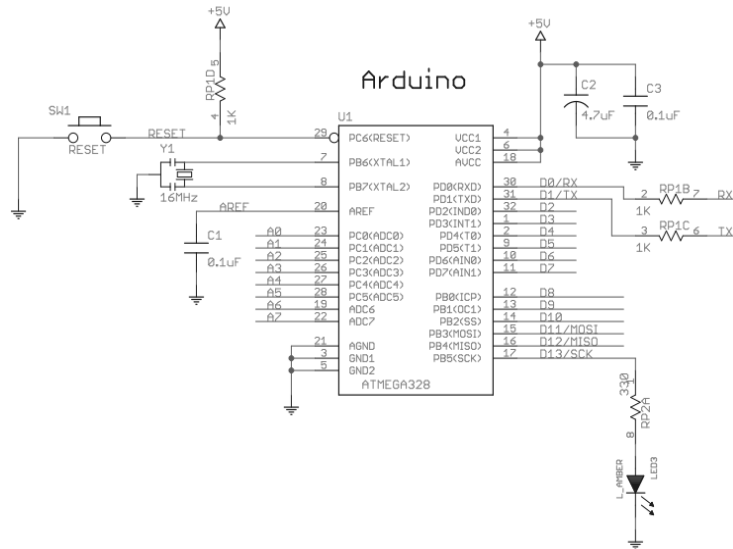
2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode Ekperimen dengan perancangan hardware sebagai prototype alat dan kemudian melakukan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur temperature paparan inframerah yang dihasilkan tiap level dengan waktu tertentu. Level disini adalah perbandingan antara waktu on dan waktu off lampu yang dinyatakan dengan prosentase atau biasa disebut dengan PWM yang terdiri dari sepuluh level atau PWM, seperti terlihat pada gambar 12.

Durasi penyinaran terdiri dari penyinaran selama 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 menit pada tiap level. Jarak antara termometer dan lampu inframerah adalah 10 cm dan 15 cm dengan menggunakan instrumen thermometer digital. Suhu yang dihasilkan oleh paparan inframerah diukur dan dipaparkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

2.2 Perancangan *Hardware*

Untuk mendukung proses pengendalian dosis inframerah, digunakan mikrokontroler sebagai pemroses utama. Arduino nano v3.1 adalah salah satu varian mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Minimum system Arduino

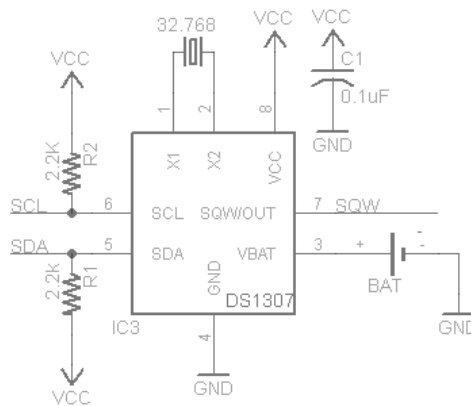
Dari 21 pin I/O yang ada pada Arduino, hanya 11 pin yang digunakan dalam system ini yaitu digunakan untuk real time clock, dimmer (output PWM), input kendali jarak jauh berbasis inframerah, dan driver seven segmen dan tombol input.

Lampu inframerah merupakan komponen utama yang digunakan dalam penelitian dimana lampu tersebut digunakan sebagai aktuator. Dalam penelitian ini digunakan lampu inframerah merek Osram Deluxepar 38 dengan tegangan AC sebesar 220/240 Volt AC dan daya 150 watt seperti pada Gambar 2. Untuk mendukung proses timer digunakan IC DS1307 Serial Real-Time Clock. IC DS1307 merupakan sebuah IC yang diperuntukan untuk operasi timer. Real-time clock (RTC) menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100, dan 56-byte, batterybacked, RAM nonvolatile (NV) RAM untuk penyimpanan. [7].



Gambar 2. Lampu Infrared Osram

Untuk mengimplementasikan RTC berbasis IC DS1307 harus digunakan kristal eksternal sebesar 32,768kHz seperti pada Gambar 3.



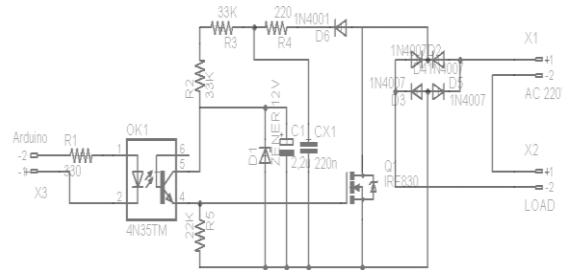
Gambar 3. Rangkaian Real Time Clock (RTC)

Lampu inframerah berperan sebagai aktuator yang dikendalikan oleh sistem mikrokontroler. Rangkaian dimmer digunakan untuk mendukung pengendalian aktuator. Rangkaian dimmer



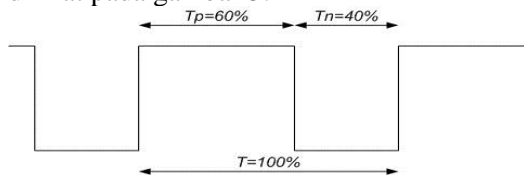
terkendali pulsa PWM digunakan untuk mengatur intensitas lampu inframerah. Rangkaian dimmer berbasis transistor MOSFET IRF830 telah digunakan pada sistem ini. Sebelum tegangan 220 Volt mengalir ke beban, tegangan tersebut dilewatkan terlebih dahulu ke diode bridge sebelum dikontrol oleh MOSFET.

Sebagai pengaman antara mikrokontroller dan aktuaktor digunakan fototransistor MOC sebagai isolator tegangan bolak balik seperti pada Gambar 4. Untuk mengendalikan rangkaian dimmer digunakan port nomor 9 pada arduino nano. Selain untuk operasi input output port tersebut juga dapat digunakan untuk membangkitkan pulsa PWM [8]. PWM adalah pulsa yang dihasilkan oleh mikrokontroller yang lebar pulsanya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan user[9].



Gambar 4. Rangkaian dimmer

Pada penelitian yang dilakukan oleh Slamet Winardi dkk, sinyal PWM tersebut dimanfaatkan untuk mengatur kecerahan lampu dimmer LED[10]. PWM dalam penelitian ini juga digunakan untuk mengatur dimmer pada lampu inframerah. PWM sendiri bekerja dengan membuat gelombang persegi yang mempunyai perbandingan tertentu antara pulsa high dengan pulsa low yang diskalakan dari 0% sampai dengan 100% [9]. Perbandingan tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2). Dimana T_{total} merupakan satu periode gelombang yang terdiri dari T_{on} dan T_{off} . Contoh PWM dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Deskripsi sinyal PWM

$$Total = T_{on} - T_{off} T_{total} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan D adalah duty cycle dapat didefinisikan

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} - T_{off}} = \frac{T_{on}}{T_{off}} \dots\dots\dots (2)$$

Sehingga besar tegangan keluaran (V_{out}) PWM tergantung dari perbandingan waktu nyala (T_{on}) dan waktu total (T_{total}) dikalikan dengan tegangan masukan (V_{in}) dapat didefinisikan:

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \dots\dots\dots (3)$$

Dalam penelitian ini juga mengimplementasi remote control berbasis inframerah juga ditambahkan agar dapat mendukung kendali jarak jauh. Penambahan kendali jarak jauh berbasis inframerah digunakan untuk mendukung kenyamanan pengguna sehingga pengguna tidak perlu berinteraksi secara langsung dengan alat yang bersangkutan [11]. Penggunaan remote control hanya digunakan untuk pengaturan hidup, mati, penambahan timer, prngutangan timer, dimmer semakin terang, dimmer meredup. Tampilan pengaturan timer dan level dimmer akan ditampilkan pada seven segment.



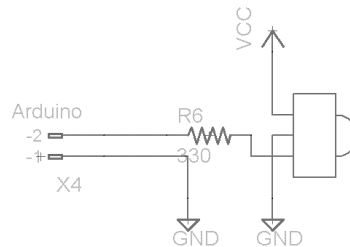


Gambar 6. Remote control berbasis inframerah

Untuk menerima sinyal informasi dari remote control digunakan sensor inframerah dengan tipe TL1838 seperti pada Gambar 7.



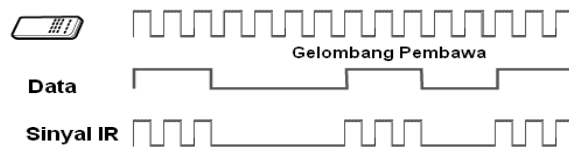
Gambar 7. IR Sensor[13]



Gambar 8. Rangkaian IR sensor

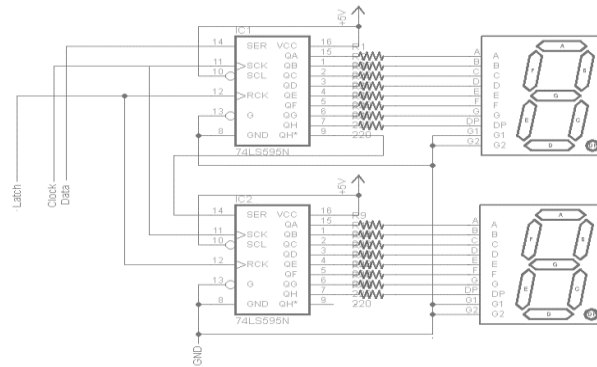
Sensor inframerah TL1838 mempunyai 3 pin yaitu VCC, GND dan Vout. Pin Vout dihubungkan dengan port mikrokontroler untuk pemrosesan sinyal lebih lanjut. Adapun bentuk dari rangkaian penerima inframerah seperti pada Gambar 8.

Transmisi data yang menggunakan media udara sebagai media perantara pada umumnya menggunakan frekuensi pembawa sekitar 30KHz – 40 KHz [12]. Informasi dikirim bersama frekuensi pembawa berupa modulasi yang akan dikodekan oleh penerima dengan bentuk biner. Bentuk informasi yang diterima oleh sensor IR seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk gelombang IR [12]

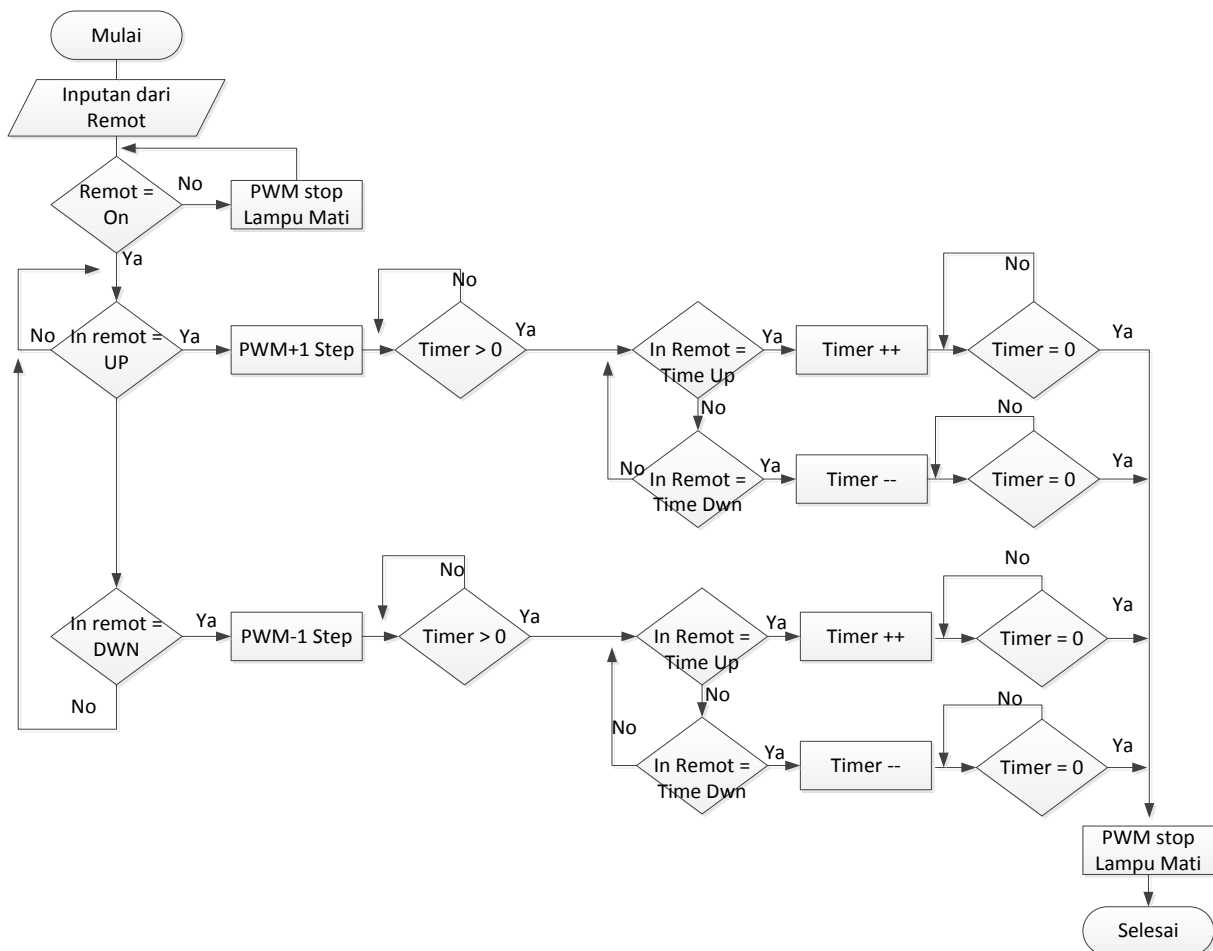
Timer merupakan hal yang sangat penting dalam penentuan dosis infra merah pada pasien. Untuk mengetahui informasi timer digunakan tampilan seven segment. Informasi waktu ditampilkan dalam bentuk dua digit. Data timer yang ditampilkan oleh seven segment dikirim melalui komunikasi serial dengan menggunakan IC shift register 74LS595. Skema rangkain driver seven segment dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Skema driver seven segment

2.3 Diagram Alir Algoritma

Untuk mendukung perancangan hardware pada pengendalian dosis inframerah dilakukan pemrograman alat dengan algoritma seperti pada diagram alir algoritma pada gambar 11.

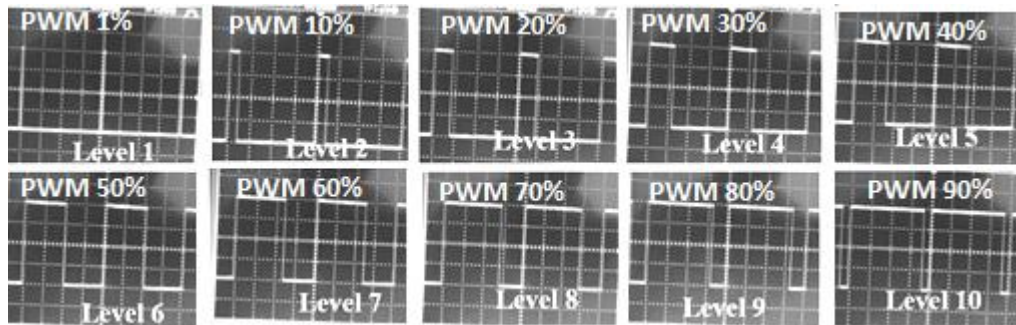


Gambar 11. Diagram alir algoritma sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototype alat terlihat pada gambar 13 dengan mode timer dan intensitas inframerah yang dapat di atur dengan remot atau dengan tombol manual. Visual pengaturan dapat terlihat pada *seven segment* display. Pada penelitian ini, PWM digunakan untuk mengatur intensitas cahaya inframerah yang dihasilkan oleh lampu. PWM merupakan perbandingan antara waktu on dan waktu off lampu

yang dinyatakan dengan prosentase dimana hasil keluaran PWM terlihat pada gambar 12. Terdiri dari sepuluh mode PWM yang kami sebut sebagai level intensitas inframerah. Dari sepuluh level tersebut, didapatkan panas yang berbeda pada masing-masing level.



Gambar 12. Hasil keluaran PWM dari mikrokontroler

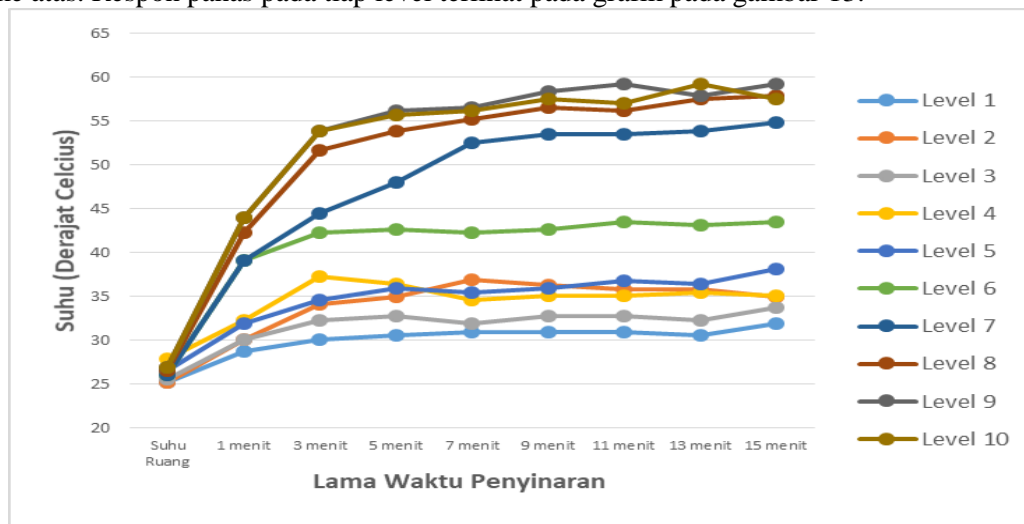
Pada Tabel 1 merupakan pengukuran suhu dengan jarak antara inframerah dan termometer 10 cm pada ruang dengan suhu kamar rata-rata $\pm 26,27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1 Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) yang dihasilkan dari penyinaran dengan waktu tertentu

Level	Lama Penyinaran								
	Suhu Ruang	1 menit	3 menit	5 menit	7 menit	9 menit	11 menit	13 menit	15 menit
1	25.16 $^{\circ}\text{C}$	28.75 $^{\circ}\text{C}$	30.1 $^{\circ}\text{C}$	30.55 $^{\circ}\text{C}$	31 $^{\circ}\text{C}$	31 $^{\circ}\text{C}$	31 $^{\circ}\text{C}$	30.55 $^{\circ}\text{C}$	31.89 $^{\circ}\text{C}$
2	25.16 $^{\circ}\text{C}$	30.04 $^{\circ}\text{C}$	34.08 $^{\circ}\text{C}$	34.98 $^{\circ}\text{C}$	36.88 $^{\circ}\text{C}$	36.33 $^{\circ}\text{C}$	35.88 $^{\circ}\text{C}$	35.88 $^{\circ}\text{C}$	34.98 $^{\circ}\text{C}$
3	25.61 $^{\circ}\text{C}$	30.1 $^{\circ}\text{C}$	32.34 $^{\circ}\text{C}$	32.79 $^{\circ}\text{C}$	31.89 $^{\circ}\text{C}$	32.79 $^{\circ}\text{C}$	32.79 $^{\circ}\text{C}$	32.34 $^{\circ}\text{C}$	33.69 $^{\circ}\text{C}$
4	27.85 $^{\circ}\text{C}$	32.34 $^{\circ}\text{C}$	37.29 $^{\circ}\text{C}$	36.39 $^{\circ}\text{C}$	34.59 $^{\circ}\text{C}$	35.04 $^{\circ}\text{C}$	35.04 $^{\circ}\text{C}$	35.49 $^{\circ}\text{C}$	35.04 $^{\circ}\text{C}$
5	26.5 $^{\circ}\text{C}$	31.89 $^{\circ}\text{C}$	34.59 $^{\circ}\text{C}$	35.94 $^{\circ}\text{C}$	35.49 $^{\circ}\text{C}$	35.94 $^{\circ}\text{C}$	36.84 $^{\circ}\text{C}$	36.39 $^{\circ}\text{C}$	38.18 $^{\circ}\text{C}$
6	26.05 $^{\circ}\text{C}$	39.08 $^{\circ}\text{C}$	42.23 $^{\circ}\text{C}$	42.68 $^{\circ}\text{C}$	42.23 $^{\circ}\text{C}$	42.68 $^{\circ}\text{C}$	43.57 $^{\circ}\text{C}$	43.13 $^{\circ}\text{C}$	43.57 $^{\circ}\text{C}$
7	26.05 $^{\circ}\text{C}$	39.08 $^{\circ}\text{C}$	44.47 $^{\circ}\text{C}$	48.07 $^{\circ}\text{C}$	52.56 $^{\circ}\text{C}$	53.46 $^{\circ}\text{C}$	53.46 $^{\circ}\text{C}$	53.91 $^{\circ}\text{C}$	54.8 $^{\circ}\text{C}$
8	26.5 $^{\circ}\text{C}$	42.23 $^{\circ}\text{C}$	51.66 $^{\circ}\text{C}$	53.91 $^{\circ}\text{C}$	55.25 $^{\circ}\text{C}$	56.6 $^{\circ}\text{C}$	56.15 $^{\circ}\text{C}$	57.5 $^{\circ}\text{C}$	57.95 $^{\circ}\text{C}$
9	26.95 $^{\circ}\text{C}$	44.02 $^{\circ}\text{C}$	53.91 $^{\circ}\text{C}$	56.15 $^{\circ}\text{C}$	56.6 $^{\circ}\text{C}$	58.4 $^{\circ}\text{C}$	59.3 $^{\circ}\text{C}$	57.95 $^{\circ}\text{C}$	59.3 $^{\circ}\text{C}$
10	26.95 $^{\circ}\text{C}$	44.02 $^{\circ}\text{C}$	53.91 $^{\circ}\text{C}$	55.7 $^{\circ}\text{C}$	56.15 $^{\circ}\text{C}$	57.5 $^{\circ}\text{C}$	57.05 $^{\circ}\text{C}$	59.3 $^{\circ}\text{C}$	57.5 $^{\circ}\text{C}$
Rata-rata	26.27 $^{\circ}\text{C}$	36.15 $^{\circ}\text{C}$	41.45 $^{\circ}\text{C}$	42.71 $^{\circ}\text{C}$	43.26 $^{\circ}\text{C}$	43.97 $^{\circ}\text{C}$	44.1 $^{\circ}\text{C}$	44.24 $^{\circ}\text{C}$	44.69 $^{\circ}\text{C}$

Pada Tabel 1 suhu ruang merupakan suhu sebelum dilakukan penyinaran terhadap termometer. Semakin tinggi level dalam penyinaran akan mempengaruhi panas yang dihasilkan oleh lampu. Selain level penyinaran, kesetabilan panas atau maksimal panas yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh lama penyinaran. Panas pada level 1 akan mencapai maksimal pada saat penyinaran lebih dari 7 menit yaitu maksimal pada $\pm 31,08\text{ }^{\circ}\text{C}$. Seperti halnya durasi pada level 1 sama dengan level 2 untuk mencapai stabil pada suhu $\pm 35,99\text{ }^{\circ}\text{C}$. Level 3 akan mengalami durasi panas yang lebih cepat dengan waktu 3 menit dengan suhu $\pm 32,66\text{ }^{\circ}\text{C}$. Level 4 mulai mencapai suhu maksimal $\pm 35,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ saat penyinaran

lebih dari 9 menit. Pada level 5 suhu stabil $\pm 36,46$ °C dengan penyinaran lebih dari 5 menit. Level 6 suhu ± 39 °C bisa didapatkan hanya 1 menit penyinaran dan akan setabil pada suhu $\pm 42,87$ °C pada pengukuran lebih dari 3 menit. Level 6 penyinaran 1 menit dapat menghasilkan suhu $\pm 39,08$ oC dan setabil $\pm 53,63$ °C dengan lama penyinaran lebih dari 7 menit. Level 7 akan medapat temperature maksimal pada penyinran selama 7 menit dan setabil pada duhu $\pm 53,63$ °C. Level 8 didapatkan suhu setabil pada penyinaran lebih dari 9 menit dengan suhu $\pm 57,05$ °C. Pada level 9 dan 10 didapat temperature yang hampir sama yaitu suhu $\pm 57,57$ °C dengan lama penyinaran kurang lebih 5 dan 7 menit ke atas. Respon panas pada tiap level terlihat pada grafik pada gambar 13.



Gambar 13. Grafik temperature penyinaran dengan jarak 10 cm

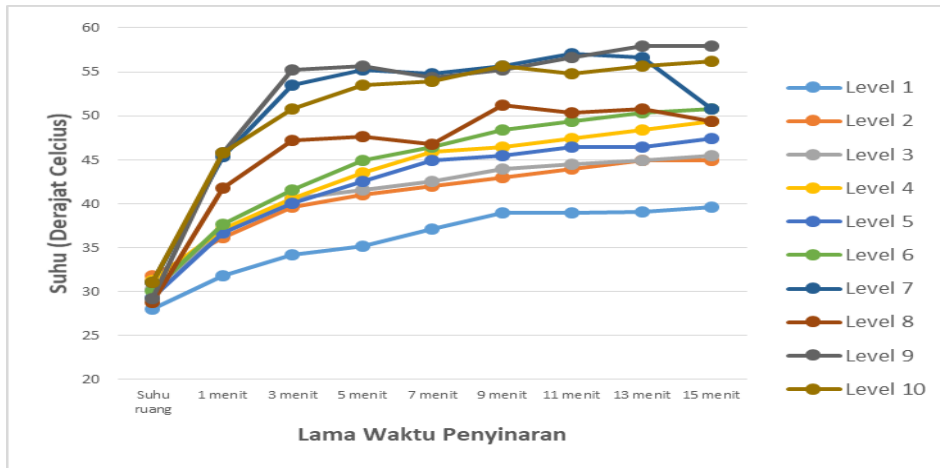
Dilihat dari gambar 13, rata-rata lama penyinaran 1 menit sampai 15 didapatkan panas rata-rata tiap level seperti terlihat pada gambar 16. Pada setiap level penyinaran dihasilkan perubahan suhu yang sangat cepat dari suhu awal. Makin besar level maka makin besar perubahan suhu. Kenaikan suhu pada pengukuran selama 1 menit yaitu pada level 1-10 adalah 4,94; 3,59; 4,4; 5,39; 13,03; 15,73 dan 17,07 derajat.

Pada tabel 2 merupakan pengukuran suhu dengan jarak antara inframerah dan termometer 15 cm pada ruang dengan suhu kamar rata-rata $\pm 30,05$ °C. Dari hasil penyinaran menunjukkan bahwa hasil penyinaran yang linier pada level 6 yang tidak terpengaruh oleh jarak. Untuk hasil penyinaran yang lebih jelas dapat dilihat pada gamabar 15.

Tabel 2. Temperatur (°C) yang dihasilkan dari penyinaran dengan waktu tertentu

Level	Lama Penyinaran								
	Suhu Ruang	1 menit	3 menit	5 menit	7 menit	9 menit	11 menit	13 menit	15 menit
1	28 °C	38.9 °C	38.9 °C	39.06 °C	39.55 °C	38.9 °C	38.9 °C	39.06 °C	39.55 °C
2	31.74 °C	42.97 °C	43.95 °C	44.92 °C	44.92 °C	42.97 °C	43.95 °C	44.92 °C	44.92 °C
3	30.25 °C	43.95 °C	44.43 °C	44.92 °C	45.41 °C	43.95 °C	44.43 °C	44.92 °C	45.41 °C
4	31.25 °C	46.39 °C	47.36 °C	48.34 °C	49.32 °C	46.39 °C	47.36 °C	48.34 °C	49.32 °C
5	29.3 °C	45.45 °C	46.39 °C	46.39 °C	47.36 °C	45.45 °C	46.39 °C	46.39 °C	47.36 °C
6	30.06 °C	48.34 °C	49.32 °C	50.29 °C	50.78 °C	48.34 °C	49.32 °C	50.29 °C	50.78 °C
7	31 °C	55.7 °C	57.05 °C	56.6 °C	50.76 °C	55.7 °C	57.05 °C	56.6 °C	50.76 °C

8	28.75 °C	51.21 °C	50.31 °C	50.76 °C	49.41 °C	51.21 °C	50.31 °C	50.76 °C	49.41 °C
9	29.2 °C	55.25 °C	56.6 °C	57.95 °C	57.95 °C	55.25 °C	56.6 °C	57.95 °C	57.95 °C
10	31 °C	55.7 °C	54.8 °C	55.7 °C	56.15 °C	55.7 °C	54.8 °C	55.7 °C	56.15 °C
Rata-rata	30.05 °C	39.46 °C	44.3 °C	46.05 °C	46.85 °C	48.38 °C	48.91 °C	49.49 °C	49.16 °C



Gambar 15 Grafik temperature penyinaran

Dari hasil pengukuran temperature yang dihasilkan pada jarak yang ditentukan, didapatkan rata-rata kenaikan temperature saat penyinaran pada masing masing level dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

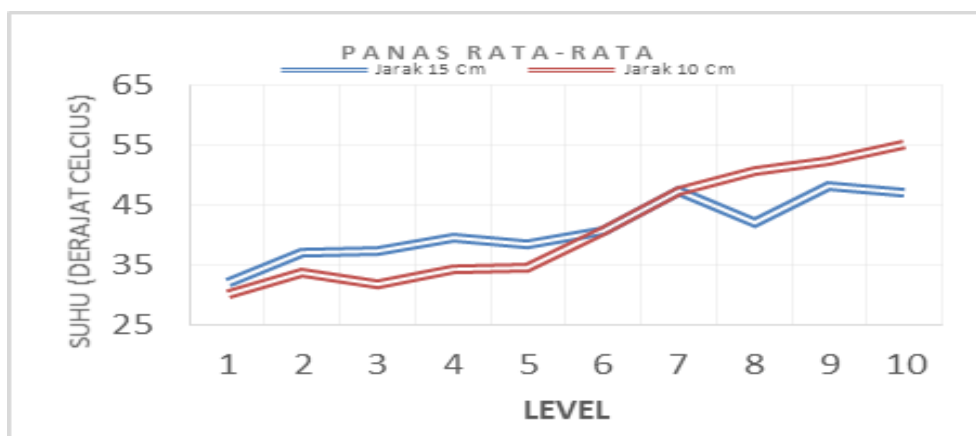
Tabel 3. Rata – rata perubahan temperatur tiap menit pada jarak 10 cm

Leve l	Kenaikan suhu / menit								Rata- rata
	1 menit	3 menit	5 menit	7 menit	9 menit	11 menit	13 menit	15 menit	
1	4.94 °C	2.99 °C	1.98 °C	1.68 °C	1.25 °C	1.07 °C	0.83 °C	0.66 °C	1.92 °C
2	3.59 °C	1.65 °C	1.08 °C	0.83 °C	0.65 °C	0.53 °C	0.41 °C	0.45 °C	1.15 °C
3	4.49 °C	2.24 °C	1.44 °C	0.90 °C	0.80 °C	0.65 °C	0.52 °C	0.54 °C	1.45 °C
4	4.49 °C	3.15 °C	1.71 °C	0.96 °C	0.80 °C	0.65 °C	0.59 °C	0.48 °C	1.60 °C
5	5.39 °C	2.70 °C	1.89 °C	1.28 °C	1.05 °C	0.94 °C	0.76 °C	0.78 °C	1.85 °C
6	13.03 °C	5.39 °C	3.33 °C	2.31 °C	1.85 °C	1.59 °C	1.31 °C	1.17 °C	3.75 °C
7	13.03 °C	6.14 °C	4.40 °C	3.79 °C	3.05 °C	2.49 °C	2.14 °C	1.92 °C	4.62 °C
8	15.73 °C	8.39 °C	5.48 °C	4.11 °C	3.34 °C	2.70 °C	2.38 °C	2.10 °C	5.53 °C
9	17.07 °C	8.99 °C	5.84 °C	4.24 °C	3.49 °C	2.94 °C	2.38 °C	2.16 °C	5.89 °C
10	17.07 °C	8.99 °C	5.75 °C	4.17 °C	3.39 °C	2.74 °C	2.49 °C	2.04 °C	5.83 °C
Rata- rata / Menit									3.36 °C

Tabel 4. Rata – rata perubahan temperatur tiap menit pada jarak 15 cm

Leve l	Kenaikan suhu / menit								Rata- rata
	1 menit	3 menit	5 menit	7 menit	9 menit	11 menit	13 menit	15 menit	
1	3.74 °C	2.06 °C	1.43 °C	1.30 °C	1.21 °C	0.99 °C	0.85 °C	0.77 °C	1.54 °C
2	4.39 °C	2.62 °C	1.86 °C	1.46 °C	1.25 °C	1.11 °C	1.01 °C	0.88 °C	1.82 °C
3	6.37 °C	3.43 °C	2.25 °C	1.75 °C	1.52 °C	1.29 °C	1.13 °C	1.01 °C	2.34 °C
4	5.86 °C	3.09 °C	2.44 °C	2.09 °C	1.68 °C	1.46 °C	1.31 °C	1.20 °C	2.39 °C
5	7.32 °C	3.58 °C	2.64 °C	2.23 °C	1.79 °C	1.55 °C	1.31 °C	1.20 °C	2.70 °C
6	7.54 °C	3.81 °C	2.97 °C	2.33 °C	2.03 °C	1.75 °C	1.56 °C	1.38 °C	2.92 °C
7	14.37 °C	7.49 °C	4.85 °C	3.40 °C	2.74 °C	2.37 °C	1.97 °C	1.32 °C	4.81 °C
8	13.03 °C	6.14 °C	3.77 °C	2.57 °C	2.50 °C	1.96 °C	1.69 °C	1.38 °C	4.13 °C
9	16.62 °C	8.68 °C	5.30 °C	3.59 °C	2.89 °C	2.49 °C	2.21 °C	1.92 °C	5.46 °C
10	14.82 °C	6.59 °C	4.49 °C	3.27 °C	2.74 °C	2.16 °C	1.90 °C	1.68 °C	4.71 °C
Rata- rata / Menit									3.28 °C

Peningkatan panas rata-rata yang dihasilkan tiap 2 menit dengan jarak adalah 10 cm adalah 3,36 °C seperti terlihat pada tabel 3 dengan rata-rata suhu awal sebelum penyinaran sebesar ±26,27 °C. Dan pada jarak 15 cm peningkatan suhu rata-rata sebesar 3,28 °C terlihat pada tabel 4. dengan suhu awal sebelum penyinaran sebesar ± 26,27 °C. Sehingga dapat dilihat pada gambar 16, perbandingan kenaikan rata-rata panas yang di hasilkan oleh inframerah dengan jarak 10 cm dan 15 cm.



Gambar 16 Rata-rata temperature penyinaran antara 10 dan 15 cm

Dari gambar 16 dapat dilihat bahwa perubahan suhu setiap 2 menit pada masing masing level mengalami kenaikan. Semakin tinggi level penyinaran akan semakin besar perubahan suhu yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Selain jarak, inentensitas inframerah juga akan mempengaruhi suhu yang dihasilkan. Semakin besar level intensitas penyinaran maka panas yang dihasilkan semakin cepat dan sebaliknya. Peningkatan panas rata-rata yang dihasilkan tiap menit dengan jarak adalah 10 cm adalah 3,36 °C pada suhu awal sebelum penyinaran sebesar $\pm 26,27$ °C. Dan pada jarak 15 cm peningkatan suhu rata-rata sebesar 3,28 oC dengan suhu awal sebelum penyinaran sebesar $\pm 26,27$ °C. Sehingga dapat disimpulkan selain jarak dan waktu, ducty cycle PWM akan mempengaruhi temperatur yang dihasilkan.

REFERENSI

- [1] Ahmaniyah Dwi Astuti “Analisa Pengaruh Aktivitas Kerja Dan Beban Angkat Terhadap Kelelahan Muskuloskeletal” Gema Teknik, Majalah Ilmiah Teknik, Vol 10, No 2, Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2007.
- [2] Granjean, E., Fitting “The Task to The Man”, 4 th ed, Taylor & Francis Inc. London. 1993.
- [3] Yudha Wahyu, “Efektifitas Jarak Infra Merah Terhadap Ambang Nyeri”, Portal Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- [4] Juan Suseno H, “Efek Inframerah Terhadap Ambang Nyeri pada Subjek sehat”, Tesis Fakultas Ilmu kedokteran Universitas Dipenogoro Manado, 2003.
- [5] Fatma Vatansever, Michael R. Hamblin, “Far infrared radiation (FIR): its biological effects and medical applications” *Photonics Lasers Med*, 4: 255–266. 1 November 2012
- [6] Dyan nova lesiska Nur Wahydha, “Rancang Bangun Terapi Infra Merah Berbasis Atmega8”, Tugas Akhir Program Studi D3 Teknik Elektromedik Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta, 2016.
- [7] Ruri Hartika Zain, “Sistem Keamanan Ruangan Menggunakan Sensor Passive Infra Red (Pir) Dilengkapi Kontrol Penerangan Pada Ruangan Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dan Real Time Clock Ds1307” *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan* ISSN : 2086 – 4981 VOL. 6 NO. 1 Maret 2013.
- [8] Datasheet Arduino Nano.
- [9] Erwin Susanto, Porman P, Ronaldo G “Rancang Bangun Kendali Kecepatan Berdasarkan Jarak Pada Mobile Robot Menggunakan Metode Fuzzy Logic” *e-Proceeding of Engineering* : Vol.2, No.2, Page 1973 ISSN : 2355-9365, Agustus 2015.
- [10] Firmansyah. Teguh; Harsojo, Dwi; Fatonah, Feti; Aziz, Abdul. “Rancangan Dual Band Cascode Band Pass Filter Frekuensi 119, 7 MHz dan 123, 2 MHz untuk Perangkat Tower Set Bandara Budiarto”. *Jurnal Ilmiah Setrum*. Vol.4, No. 1, 2015.
- [11] Firmansyah. Teguh, Alfan, Rocky. “Rancang Bangun Low Power Elektrik Surgery (Pisau Bedah Listrik) pada Frekuensi 10 KHz”, *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol 5, No. 1. 2016.
- [12] Slamet Winardi, Made Kamisutara, “Pengendali Tanpa Kabel Lampu Dimmer Led Menggunakan Microcontroller Dengan Metode Pwm (Pulse Width Modulation)” *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi, ke-7 Universitas Wahid Hasym Semarang*, 2016.
- [13] Setyawan Wibisono, “Rancang Bangun Sistem Pengendali Jarak Jauh Radio Digital Berbasis PC”, *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK* Volume XII, No.1, Page: 67-74 ISSN : 0854-9524, Januari 2007
- [14] F.D. Rumagit, dkk, Perancangan Sistem Switching 16 Lampu Secara Nirkabel Menggunakan Remote Control, *ejournal.unsrat. E-Journal Universitas Sam Ratulangi*, 2012
- [15] DataSheet IR sensor AX-1838HS