

Rancang Bangun Sabuk Pemanas sebagai Solusi Perawatan di Rumah bagi Penderita Nyeri Punggung Bawah

Designing a Heating Belt as a Home Care Treatment Solution for Back Pain Sufferers

Rika Rokhana¹, Agrippina Waya Rahmaning Gusti², Achmad Rizki Fachrezi³,
Hanny Megawati Rosalinda⁴, Kemalasari⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Elektronika, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya

Informasi Makalah

Dikirim, 16 Mei 2024

Diterima, 13 Agustus 2024

Diterbitkan, 20 Desember 2024

Kata Kunci:

Sabuk

Nyeri

Punggung

Heater

Sensor DHT22

INTISARI

Penderita nyeri punggung sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Sebuah terapi alternatif untuk mengatasi nyeri punggung bawah telah dikembangkan melalui terapi panas menggunakan suatu instrumentasi medis. Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat terapi nyeri punggung berupa sabuk pemanas. Beberapa komponen yang digunakan dalam membuat sabuk pemanas untuk terapi nyeri punggung ini yaitu Arduino Nano, *button* / tombol, sensor suhu DHT22, *heater* / pemanas, *driver* L298N, dan LCD dengan ukuran karakter 16x2. Sedangkan sabuknya terbuat dari material kulit sintetis dan karet. Pada bagian tengah sabuk terdapat zona untuk pemanas. Permukaan sabuk pemanas terbuat dari bahan katun agar lebih efisien untuk menghantarkan panas dan nyaman untuk digunakan di kulit. Spons berfungsi sebagai tambahan lapisan untuk meratakan panas dan lebih nyaman saat dipakai. Sensor suhu diletakkan antara katun dan spons, pemanas diletakkan setelah lapisan spons dan bagian luar sabuk dibuat menggunakan material karet dan kulit sintetis. Sabuk ini juga dilengkapi dengan fitur kontrol suhu pemanas pada kisaran suhu 35-45°C dan *timer* antara 1-20 menit yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan akurasi kontrol suhu sebesar 96,07% dan akurasi fitur *timer* sebesar 98,5%. Untuk meredakan nyeri punggung, alat ini dapat diatur penggunaannya pada suhu 45°C selama 15-20 menit. Sabuk pemanas untuk terapi nyeri punggung ini dapat menjadi solusi perawatan di rumah bagi penderita nyeri punggung bawah.

ABSTRACT

Back pain sufferers are often encountered in everyday life. An alternative therapy for treating lower back pain has been developed through heat therapy using medical instrumentation. This research aims to create a back pain therapy device in the form of a heating belt. Some of the components used in making a heating belt for back pain therapy are Arduino Nano, buttons, DHT22 temperature sensor, heater, L298N driver, and LCD with a character size of 16x2. Meanwhile, the belt is made of synthetic leather and rubber. In the middle of the belt there is a zone for heating. The surface of the heating belt is made of cotton to make it more efficient at conducting heat and comfortable to use on the skin. The sponge functions as an additional layer to even out heat and is more comfortable when worn. The temperature sensor is placed between the cotton and sponge, the heater is placed after the sponge layer and the outside of the belt is made using rubber and synthetic leather. This belt is also equipped with a heating temperature control feature in the temperature range of 35-45°C and a timer between 1-20 minutes which can be adjusted to suit user needs. Test results show temperature control accuracy of 96.07% and timer feature accuracy of 98.5%. To relieve back pain, this tool can be used at a temperature of 45°C for 15-20 minutes. This heating belt for back pain therapy can be a homecare treatment solution for sufferers of lower back pain.

Keyword:

Belt

Pain

Back

Heater

DHT22 sensor

Korespondensi Penulis:**Agrippina Waya Rahmaning Gusti**

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Jl. Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya

Email: agrippina@pens.ac.id

1. PENDAHULUAN

Instrumentasi medis dalam bidang kedokteran sudah banyak dikembangkan. Klasifikasi instrumentasi medis berdasarkan fungsinya dibagi menjadi 3 yaitu untuk diagnosis, terapi, dan rehabilitasi [1]. Terapi atau perawatan medis berarti semua prosedur untuk mendiagnosis, atau mengobati penyakit fisik maupun mental, atau cacat fisik maupun mental [2]. Salah satu penyakit yang membutuhkan perawatan medis yaitu nyeri. Penderita nyeri punggung sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Nyeri punggung bawah dapat disebabkan oleh kondisi yang mengenai berbagai struktur yang terdapat pada tulang belakang seperti otot, facet, sendi, diskus serta saraf [3]. Terapi nyeri punggung bawah dibutuhkan untuk menghilangkan nyeri, menghambat progresivitas dan meningkatkan aktivitas maupun mobilitas untuk meningkatkan fungsi hidup pasien serta disabilitas yang ditimbulkan dari kondisi ini. Beberapa terapi yang diberikan kepada penderita nyeri punggung bawah yaitu latihan fisik, terapi psikologis, terapi farmakologis, terapi intervensional dengan injeksi glukokortikoid, fusi spinal dan tindakan pembedahan [4].

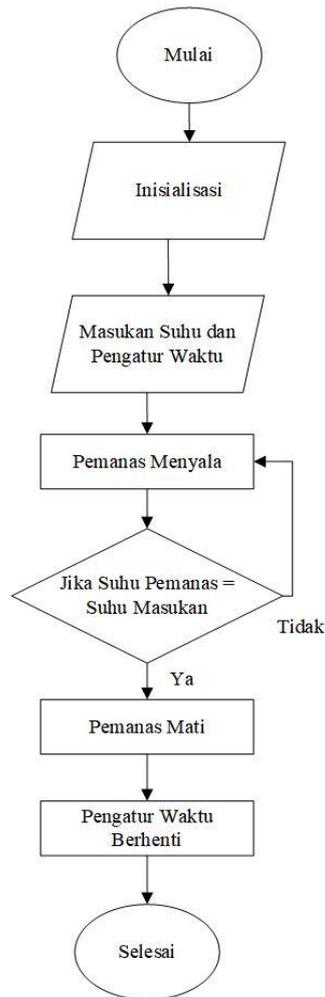
Sebuah terapi alternatif untuk mengatasi nyeri punggung bawah telah dikembangkan melalui terapi panas menggunakan suatu instrumentasi medis. Terapi panas adalah pendekatan non-farmakologis yang melibatkan penerapan sumber panas ke tubuh untuk meningkatkan suhu jaringan. Terapi panas bertindak pada rasa sakit dan spasme otot dengan berbagai cara [5]. Aplikasi panas mengaktifkan ujung saraf sensitif suhu (*thermoreceptor*) yang pada gilirannya memulai sinyal yang menghalangi pemrosesan sinyal rasa sakit (*nociception*) di fascia dorsal lumbar dan sumsum tulang belakang [6]. Mekanisme aksi terapi panas pada nyeri punggung bawah diawali dengan energi panas topikal tingkat rendah yang akan meningkatkan aliran darah dan metabolisme. Selanjutnya terjadi peningkatan suhu pada kulit, otot dan reseptor yang mengakibatkan perubahan nilai ambang reseptor, mengurangi kejang otot, dan terjadi peningkatan peradangan ringan [7], [8], [9]. Saat ini, terapi panas telah diterapkan dalam berbagai bentuk termasuk bantalan atau pembungkus panas elektrik (*electric heating pad*), mandi air panas, dan lampu panas [10].

Penelitian tentang pemberian terapi panas pada penderita *low back pain* (LBP) akut menggunakan selimut elektrik terbukti mengurangi rasa nyeri secara signifikan dibanding terapi selimut yang tidak diberi panas [11]. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Chabal et al menunjukkan jika pemberian pulsasi panas tingkat tinggi (45°C) dalam kondisi eksperimental pada pasien yang menderita nyeri terbukti mengurangi rasa sakit yang lebih signifikan secara statistik dibandingkan dengan pemberian panas konstan pada suhu 37°C pada kelompok kontrol. Sehingga hasil eksperimen tersebut dapat digunakan untuk terapi nyeri punggung kronis [12]. Terapi untuk mengurangi nyeri menggunakan *electric heating pad* dapat digunakan sebagai salah satu solusi penanganan nyeri di rumah sehingga dapat mengurangi nyeri. Penggunaannya harus sesuai dengan instruksi yaitu ukuran dan bentuknya disesuaikan dengan area tubuh yang akan diterapi, pasien harus dalam posisi nyaman, dan alat *electric heating pad* digunakan selama 15-20 menit [13].

Penelitian tentang ikat pinggang / sabuk kesehatan yang dilengkapi fitur pemanas telah dilakukan sebelumnya oleh Rachma et al. Pada penelitian tersebut telah berhasil dibuat ikat pinggang kesehatan untuk terapi reumatik. Namun, ikat pinggang tersebut hanya mampu memberikan panas pada rentang suhu 38-40°C yang mana disesuaikan dengan tujuan terapinya yaitu untuk terapi reumatik. Ikat pinggang tersebut juga tidak dilengkapi fitur timer yang dapat diatur sesuai kebutuhan pengguna [14]. Penelitian lain yang terkait dengan alat terapi pinggang juga telah dilakukan sebelumnya oleh Eriyanto. Namun, alat terapi pinggang tersebut menggunakan sumber listrik dari PLN sebagai sumber tegangan sehingga tidak bersifat *portable* atau sulit dibawa kemanapun. Pengaturan suhu dan timer alat tersebut juga harus dilakukan melalui smartphone menggunakan koneksi Bluetooth [15]. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat alat terapi punggung berupa sabuk pemanas yang dapat mengurangi rasa nyeri di bagian punggung yang dilengkapi dengan pengaturan sensor suhu (35-45°C) dan waktu agar lebih efektif dalam penggunaannya.

2. METODE PENELITIAN

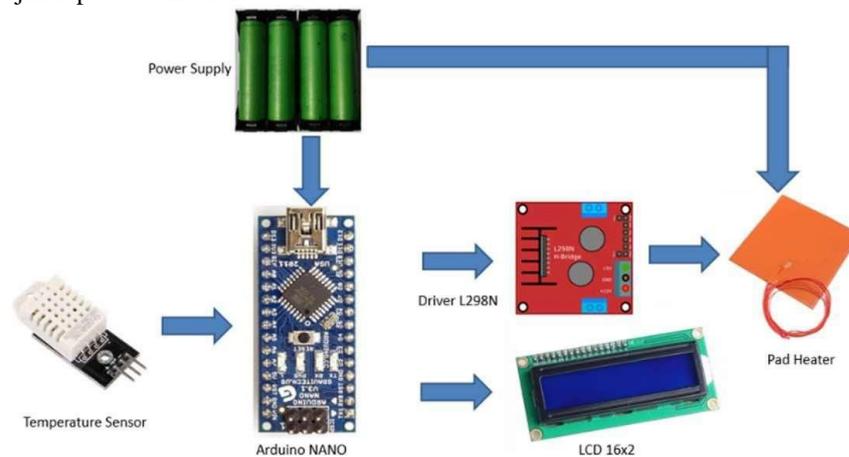
Penelitian ini bersifat eksperimental. Beberapa komponen yang digunakan dalam membuat sabuk terapi nyeri punggung ini yaitu Arduino Nano, *button* / tombol, sensor suhu DHT22, *heater* / pemanas, *driver* L298N, dan LCD dengan ukuran karakter 16x2 yang akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab di bawah ini. Cara kerja sistem dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Sistem

2.1. Perancangan Perangkat Keras

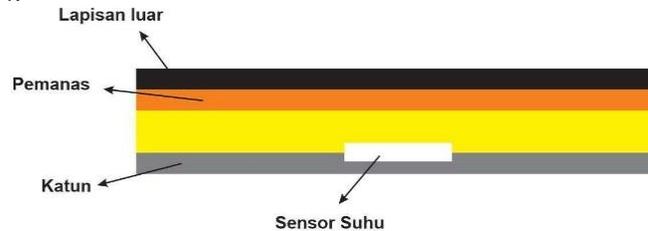
Pada perancangan perangkat keras terdapat baterai sebagai sumber daya untuk memberikan tegangan pada alat. Arduino Uno berfungsi sebagai mikrokontroler untuk mengontrol dan mengolah data pada alat dan hasilnya ditampilkan ke LCD. Push button berfungsi untuk menentukan masukan suhu yang diinginkan. Sensor suhu yang digunakan yaitu LM35 sebagai sensor pendeteksi suhu yang dihasilkan oleh pemanas pada alat. Modul l289N digunakan sebagai pengatur daya dari baterai ke arduino maupun pemanas. Alat ini juga memiliki LCD berukuran 16x2 cm untuk memantau suhu yang dihasilkan oleh pemanas secara *real time*. Perancangan perangkat keras disajikan pada Gambar 2.



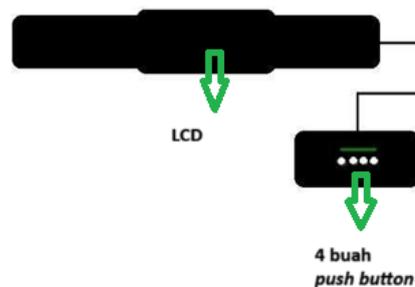
Gambar 2. Diagram Blok Sistem

2.2. Perancangan Mekanik Sistem

Sabuk ini terbuat dari material kulit sintetis dan karet. Pada bagian tengah terdapat zona untuk pemanas. Permukaan sabuk pemanas terbuat dari bahan katun agar lebih efisien untuk menghantarkan panas dan nyaman untuk digunakan di kulit. Pemanas diletakkan pada bahan bantalan pemanas yang didesain khusus sehingga tidak akan terbakar saat sabuk pemanas ini digunakan pada suhu maksimal yaitu 45°C. Spons berfungsi sebagai tambahan lapisan untuk meratakan panas dan agar lebih nyaman saat dipakai. Sensor suhu diletakkan antara katun dan spons, pemanas diletakkan setelah lapisan spons dan bagian luar sabuk dibuat menggunakan material karet dan kulit sintetis dapat dilihat pada Gambar 3. Desain alat sabuk pemanas untuk terapi nyeri punggung disajikan pada Gambar 4.



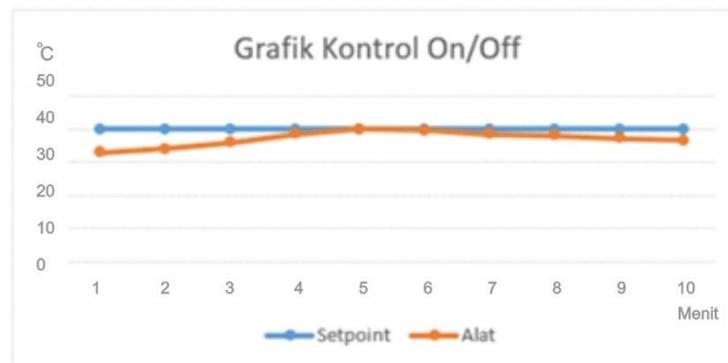
Gambar 3. Susunan Dalam Sabuk



Gambar 4. Desain Alat

2.3 Perancangan Kontrol Sistem (On / Off)

Kontrol pada pemanas sabuk terapi memainkan peran krusial dalam mempertahankan suhu yang diinginkan. Grafik kontrol *on/off* yang berisi perbandingan suhu *setpoint* dan alat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Kontrol *On/Off*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada alat sabuk pemanas untuk terapi nyeri punggung bawah ini dilakukan dalam beberapa tahap diantaranya pengujian kestabilan suhu alat pada suhu 35°C dan 40°C selama 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Selain itu juga dilakukan pengujian *timer* alat. Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Perhitungan nilai *error* dilakukan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Nilai error} = \frac{(\text{Nilai Hasil Alat} - \text{Nilai Setpoint})}{\text{Nilai Setpoint}} \times 100 \% \quad (1)$$

3.1. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 35°C selama 10 Menit

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 10 kali pada suhu puncak 35°C dalam waktu 10 menit sebagaimana pada Tabel 1, didapatkan hasil pengukuran dengan rata-rata selisih sebesar 1,7°C, dengan rata-rata *error* sebesar 4,8%.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 35°C selama 10 menit

No	Pengukuran suhu puncak alat	Setpoint	Error (%)
1	37,4°C	35°C	6%
2	37,2°C	35°C	6%
3	36,7°C	35°C	5%
4	36,5°C	35°C	4%
5	37,4°C	35°C	6%
6	37,1°C	35°C	6%
7	36,3°C	35°C	4%
8	37°C	35°C	5%
9	37,1°C	35°C	6%
10	35°C	35°C	0%

3.2. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 35°C selama 15 Menit

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 2, didapatkan hasil pengukuran dengan rata-rata selisih sebesar 1,6°C, dengan rata-rata *error* sebesar 4,5%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 35°C selama 15 menit

No	Pengukuran suhu puncak alat	Setpoint	Error (%)
1	37,8°C	35°C	8%
2	37,4°C	35°C	6%
3	36,3°C	35°C	4%
4	35°C	35°C	0%
5	37,5°C	35°C	7%
6	36,3°C	35°C	4%
7	36°C	35°C	3%
8	34,7°C	35°C	2%
9	37,4°C	35°C	6%
10	36,7°C	35°C	5%

3.3. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 35°C selama 20 Menit

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 10 kali pada suhu puncak 35°C dalam waktu 20 menit, didapatkan hasil pengukuran dengan rata-rata selisih sebesar 1,6°C dan rata-rata *error* sebesar 4,2% (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 35°C selama 20 menit

No	Pengukuran suhu puncak alat	Setpoint	Error (%)
1	38°C	35°C	8%
2	36,7 °C	35°C	5%
3	35 °C	35°C	0%
4	37,6 °C	35°C	7%
5	36,4 °C	35°C	4%
6	34,4 °C	35°C	1%
7	37 °C	35°C	5%
8	36,8 °C	35°C	5%
9	35,3 °C	35°C	0,8%
10	37,3°C	35°C	6%

3.4. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 40°C selama 10 Menit

Berdasarkan hasil pengujian kestabilan suhu puncak 40°C dalam waktu 10 menit pada Tabel 4, diperoleh hasil pengukuran dengan rata-rata selisih suhu alat dengan *setpoint* sebesar 1,2°C, dengan rentang kesalahan antara 0-5%. Hasil ini menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi, dengan selisih rata-rata yang sangat kecil. Rentang kesalahan yang terjadi rata-rata sebesar 2,7% juga menandakan tingkat akurasi yang dapat diterima dalam pengukuran suhu pada skala tersebut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 40°C selama 10 menit

No	Pengukuran suhu puncak alat	Setpoint	Error (%)
1	42,30°C	40°C	5%
2	41,80°C	40°C	4%
3	40,20°C	40°C	0%
4	39,20°C	40°C	2%
5	42,10°C	40°C	5%
6	40,50°C	40°C	1%
7	39,10°C	40°C	2%
8	42,30°C	40°C	5%
9	40,00°C	40°C	0%
10	38,80°C	40°C	3%

3.5. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 40°C selama 15 Menit

Setelah dilakukan pengujian pada suhu puncak 40°C dalam waktu 15 menit, diperoleh hasil pengukuran dengan rata-rata selisih sebesar 1,5°C, dengan rata-rata *error* sebesar 3,5% (Tabel 5). Rentang kesalahan yang terjadi antara 0-7% juga dapat diterima.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 40°C selama 15 menit

No	Pengukuran suhu puncak alat	Setpoint	Error (%)
1	43 °C	40°C	7%
2	42 °C	40°C	5%
3	41,3 °C	40°C	3%
4	39,8 °C	40°C	1%
5	37,4 °C	40°C	6%
6	42,3 °C	40°C	5%
7	41 °C	40°C	2,5%
8	40°C	40°C	0%
9	41,80 °C	40°C	4%
10	40,7 °C	40°C	1%

3.6. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 40°C selama 20 Menit

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 6, diperoleh hasil pengukuran dengan rata-rata selisih sebesar 1,5°C, dengan rentang kesalahan antara 0-7%. Hasil ini menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Rentang kesalahan yang terjadi rata-rata sebesar 3,9%.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kestabilan Suhu Puncak Alat 40°C selama 20 menit

No	Pengukuran suhu puncak alat	Setpoint	Error (%)
1	43°C	40°C	7%
2	42,3°C	40°C	5%
3	39,5°C	40°C	1,5%
4	42°C	40°C	5%
5	41,6°C	40°C	4%
6	40°C	40°C	0%
7	42°C	40°C	7%
8	41,5°C	40°C	5%
9	39,4°C	40°C	1,5%
10	41°C	40°C	2,5%

3.7. Pengujian Timer

Pengujian waktu dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap variabel waktu. Sebagaimana tertulis pada Tabel 7, didapatkan hasil rata-rata *error* sebesar 1,5% antara alat sabuk panas untuk terapi nyeri dengan *stopwatch*. Hal ini menunjukkan bahwa ketelitian fitur *timer* alat yang cukup baik.

Tabel 7. Hasil Pengujian Pengatur Waktu (*Timer*)

Set Waktu	Alat (menit)			<i>Stopwatch</i> (menit)			Selisih (detik)			% <i>Error</i>
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
10 menit	10	10	10	11	11	101	1	1	1	0,01%
15 menit	15	15	15	17	18	17	2	3	2	2,2%
20 menit	20	20	20	23	24	24	3	4	4	2,2%

3.8. Pembahasan

Sabuk pemanas yang telah dirancang ini dilengkapi dengan sistem kontrol sederhana yang memainkan peran krusial dalam mempertahankan suhu yang diinginkan. Misalnya, ketika *setpoint* pada pemanas diatur pada 40°C, sistem kontrol akan terus memantau suhu pada pemanas. Jika suhu pada pemanas turun di bawah *setpoint* tersebut, sistem kontrol akan memberikan perintah untuk menghidupkan pemanas seperti pada detik ke-1 pada Gambar 5. Setelah pemanas dihidupkan, energi panas akan dihasilkan untuk meningkatkan suhu pada sabuk pemanas untuk terapi nyeri. Saat suhu mencapai atau mendekati *setpoint* yang diinginkan seperti pada detik ke-4 hingga detik ke-6 pada Gambar 5, sistem kontrol akan menghentikan pemanas agar suhu tetap stabil. Hal ini dilakukan dengan mematikan aliran listrik atau menghentikan sumber energi pemanas. Namun, jika suhu pada pemanas melebihi *setpoint* yang telah ditentukan, sistem kontrol akan mengirimkan perintah untuk mematikan pemanas. Tindakan ini bertujuan untuk mencegah suhu terus meningkat melebihi batas yang diinginkan, sehingga menghindari potensi risiko kebakaran atau ketidaknyamanan yang mungkin terjadi pada saat sabuk pemanas untuk terapi nyeri punggung ini digunakan.

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 10 kali pada suhu puncak 35°C dalam waktu 10 menit, 15 menit dan 20 menit, didapatkan hasil pengukuran dengan rata-rata selisih sebesar 1,6°C dan rata-rata *error* sebesar 4,2-4,8%. Berdasarkan hasil pengujian kestabilan suhu puncak 40°C dalam waktu 10 menit, 15 menit dan 20 menit, didapatkan hasil pengukuran dengan rata-rata selisih sebesar 1,5°C dan rata-rata *error* sebesar 2,7-3,9%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik. Selain itu, telah dilakukan pengujian pengatur waktu / *timer* sebanyak 3 kali untuk setiap variabel waktu. Sebagaimana tertulis pada Tabel 7, didapatkan hasil rata-rata *error* sebesar 1,5% antara alat sabuk panas untuk terapi nyeri dengan *stopwatch*. Hal ini menunjukkan bahwa ketelitian fitur *timer* alat yang cukup baik.

Oleh karena itu, sabuk pemanas untuk terapi nyeri punggung yang bersifat *portable*, memiliki fitur pengaturan suhu dan *timer* dapat menjadi solusi terapi nyeri punggung bagi pasien secara mandiri. Sehingga pasien dapat menggunakan sabuk pemanas tersebut dimanapun dan kapanpun tanpa harus selalu ke rumah sakit. Penggunaan sabuk pemanas ini harus disesuaikan dengan pedoman yaitu suhu diatur pada 45°C selama 15-20 menit [12], [13].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, alat sabuk pemanas untuk terapi nyeri ini dapat berfungsi dengan baik. Hal itu dapat dilihat dari kestabilan alat mempertahankan suhu sesuai *setpoint* dan fitur *timer* juga berjalan dengan baik. Persentase *error* nilai suhu sebesar 3,93% dan persentase *error timer* sebesar 1,5%. Alat sabuk pemanas untuk terapi nyeri punggung ini dibuat dengan pengaturan suhu 35-45°C dan pengaturan waktu 10-20 menit. Sesuai dengan literatur yang ada, penggunaan sabuk pemanas ini dapat digunakan pada suhu 45°C selama 15-20 menit untuk meredakan nyeri punggung. Pada penelitian mendatang, diharapkan dapat menggunakan baterai yang *rechargeable* sehingga memudahkan pengguna dalam mengisi daya baterai dan dilakukan optimasi suhu sehingga persentase *error* nilai suhu dapat berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. G. Webster, "Medical Instrumentation-Application and Design," *J Clin Eng*, vol. 3, no. 3, p. 306, 1978.
- [2] Gov.UK, "EIM21776 - Particular benefits: recommended medical treatment to help an employee return to work - definition of recommended medical treatment - HMRC internal manual - GOV.UK." Accessed: May 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/hmrc-internal-manuals/employment-income-manual/eim21776>

- [3] I. Urits *et al.*, “Low Back Pain, a Comprehensive Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment,” *Current Pain and Headache Reports*, vol. 23, no. 3. Current Medicine Group LLC 1, Mar. 01, 2019. doi: 10.1007/s11916-019-0757-1.
- [4] A. Cahya S, W. Mardi Santoso, M. Husna, B. Munir, and S. Nandar Kurniawan, “LOW BACK PAIN,” *JPHV (Journal of Pain, Vertigo and Headache)*, vol. 2, no. 1, pp. 13–17, Mar. 2021, doi: 10.21776/ub.jphv.2021.002.01.4.
- [5] J. Freiwald *et al.*, “A Role for Heat Therapy in Low Back Pain in Modern Clinical Practice,” 2021, doi: 10.20944/preprints202106.0663.v1.
- [6] B. G. Green, “Temperature perception and nociception,” *Journal of Neurobiology*, vol. 61, no. 1. pp. 13–29, Oct. 2004. doi: 10.1002/neu.20081.
- [7] G. A. Malanga, N. Yan, and J. Stark, “Mechanisms and efficacy of heat and cold therapies for musculoskeletal injury,” *Postgraduate Medicine*, vol. 127, no. 1. Taylor and Francis Inc., pp. 57–65, Jan. 01, 2015. doi: 10.1080/00325481.2015.992719.
- [8] S. F. Nadler, K. Weingand, and R. J. Kruse, “The Physiologic Basis and Clinical Applications of Cryotherapy and Thermotherapy for the Pain Practitioner,” *Cryotherapy and Thermotherapy for the Pain Practitioner 395 Pain Physician*, vol. 7, no. 3, pp. 395–399, 2004.
- [9] J. Freiwald, M. W. Hoppe, W. Beermann, J. Krajewski, and C. Baumgart, “Effects of supplemental heat therapy in multimodal treated chronic low back pain patients on strength and flexibility,” *Clinical Biomechanics*, vol. 57, pp. 107–113, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.clinbiomech.2018.06.008.
- [10] J. S. Petrofsky, M. Laymon, L. Berk, and G. Bains, “Effect of ThermaCare HeatWraps and Icy Hot Cream/Patches on Skin and Quadriceps Muscle Temperature and Blood Flow,” *J Chiropr Med*, vol. 15, no. 1, pp. 9–18, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.jcm.2015.12.002.
- [11] M. Nuhr *et al.*, “Active Warming During Emergency Transport Relieves Acute Low Back Pain,” 2004.
- [12] C. Chabal, P. J. Dunbar, I. Painter, D. Young, and D. C. Chabal, “Properties of thermal analgesia in a human chronic low back pain model,” *J Pain Res*, vol. 13, pp. 2083–2092, 2020, doi: 10.2147/JPR.S260967.
- [13] S. Rennie and S. Michlovitz, *Therapeutic heat*, 6th ed. Philadelphia: FA Davis Co, 2016.
- [14] R. A. Zahra, A. Wicaksana, W. Novianti, M. A. R. Kurniawan, and I. Y. Okyranida, “Health belt sebagai ikat pinggang terapi reumatik,” *Schrodinger*, 2021.
- [15] Eriyanto, “Alat Terapi Pinggang dengan Pemantauan Menggunakan Smartphone Android,” 2022.