



PAPER – OPEN ACCESS

Pengaruh Penggunaan Cooling Vest pada Alat Pelindung Diri Tenaga Medis Terhadap Penurunan Heat Strain Selama Aktivitas Fisik

Author : Dhia Atika Anggraini, dkk
DOI : 10.32734/ee.v5i2.1600
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 5 Issue 2 – 2022 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Pengaruh Penggunaan *Cooling Vest* pada Alat Pelindung Diri Tenaga Medis Terhadap Penurunan *Heat Strain* Selama Aktivitas Fisik

Dhia Atika Anggraini^a, Titis Wijayanto^a, Aryaputra Palguna^a, Fitri Trapsilawati^a, Widya Wasityastuti^b, Orchida Dianita^a

^aDepartemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281, Indonesia

^bDepartemen Fisiologi, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281, Indonesia

^adhia.a.a@mail.ugm.ac.id, twijaya@ugm.ac.id, aryapalguna301@gmail.com, fitri.trapsilawati@ugm.ac.id, orchida.dianita@ugm.ac.id,

^bwasityastuti@ugm.ac.id

Abstrak

Penggunaan alat pelindung diri (APD) level III berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan dan risiko *heat strain*. Penyebabnya adalah APD level III menghalangi evaporasi keringat untuk pelepasan panas tubuh ke lingkungan. Penggunaan *cooling vest* berbahan PCM telah menunjukkan adanya penurunan *heat strain* selama aktivitas fisik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan *cooling vest* yang dikenakan pada APD terhadap penurunan *heat strain* secara subjektif. Partisipan pada penelitian ini adalah delapan orang mahasiswa laki-laki (usia: 22.1 ± 0.4 tahun). Partisipan melakukan aktivitas fisik dengan berjalan di *treadmill* dengan kecepatan 4,6 km/jam selama 30 menit dilanjutkan dengan istirahat selama 10 menit sambil mengenakan APD tingkat III baik dengan ataupun tanpa *cooling vest* di lingkungan yang bersuhu $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 50% RH. Eksperimen dibagi ke dalam 2 kondisi, yaitu kondisi tanpa *cooling vest* sebagai kondisi kontrol (CONT) dan kondisi dengan *cooling vest* dengan PCM yang sudah beku yang dikenakan di dalam APD (COOLING). Parameter subjektif diukur selama eksperimen berlangsung. *Heat strain* yang dirasakan partisipan dinyatakan dalam nilai *perceptual strain index* (PeSI) dan dihitung pada tiap akhir fase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *cooling vest* meningkatkan sensasi termal dan menghasilkan nilai *perceptual strain index* yang lebih rendah ketika digunakan di bawah APD level III tenaga medis untuk beraktivitas fisik.

Kata Kunci: alat pelindung diri; *cooling vest*; respon subjektif; *heat strain*; *perceptual strain index*

Abstract

Wearing level III personal protective equipment (PPE) can cause discomfort and increase the risk of heat strain. It prevents sweat evaporation in releasing body heat to the environment. Wearing a cooling vest made from PCM has been reported to be a viable option for alleviating heat strain during physical activity. This study aims to investigate the effect of wearing a PCM-based cooling vest underneath PPE on perceptual heat strain during physical activity. Participants of this study were eight male students (age: 22.1 ± 0.4 years old). Participants performed a 30-min treadmill activity set at a speed of 4.6 km/hr and a 10-min recovery while wearing level III PPE with or without a PCM-based cooling vest in an environment of $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 50% RH. The experiment conditions were divided into two conditions: a condition without wearing a cooling vest as the control (CONT) and a condition wearing a cooling vest with frozen PCM packs underneath the PPE (COOLING). Perceptual parameters were measured throughout the experiment protocol. The perceptual strain index values (PeSI) were also calculated at the end of each phase. The results showed that wearing a cooling vest increased thermal sensation and resulted in a lower perceptual strain index value when used under level III PPE medical personnel for physical activities.

Keywords: Personal protective equipment; cooling vest; subjective response; heat strain; perceptual strain index

1. Pendahuluan

Dunia kini sedang menghadapi krisis kesehatan akibat tingginya kasus terkonfirmasi positif dan kasus kematian yang disebabkan oleh COVID-19. Krisis kesehatan ini tidak hanya dihadapi oleh masyarakat, tetapi juga tenaga medis [1]. Penularan virus ini dapat terjadi melalui kontak erat dan percikan (droplet) dan salah satu metode efektif untuk mencegah penularan tersebut adalah menggunakan alat pelindung diri (APD) [2]. Berdasarkan arahan dari Satuan Tugas Penangan COVID-19 Indonesia, tenaga medis diwajibkan untuk menggunakan tingkat APD yang berbeda sesuai dengan risiko paparan yang berbeda. APD level I, II, dan III digunakan untuk melindungi tenaga medis dari paparan risiko rendah, paparan sedang karena melakukan pemeriksaan pasien dengan gejala infeksi pernafasan, dan paparan tinggi karena bekerja di departemen penyakit menular, unit perawatan intensif (ICU), dan ruang isolasi COVID-19. APD level I terdiri dari baju kerja, masker bedah 3-ply, dan sarung tangan karet sekali pakai. APD level II termasuk masker bedah 3-ply dengan pelindung mata dan gaun pelindung, sedangkan APD level III termasuk masker N95, pelindung mata dan face shield, penutup kepala, coverall, serta sarung tangan bedah karet steril sekali pakai dan sepatu. APD level II memiliki ciri relatif tertutup dengan sedikit kelembaban, sedangkan APD level III memiliki karakteristik kedap udara, tebal, dan berat sehingga mudah menyebabkan keringat [3].

Meskipun APD yang digunakan berhasil menghalangi cairan ataupun patogen udara masuk ke tubuh manusia, APD ini juga menghalangi keluarnya panas tubuh yang dihasilkan metabolisme tubuh [4]. Banyak tenaga medis yang menangani COVID-19 di Cina melaporkan ketidaknyamanan dan kelelahan karena tingkat keringat yang tinggi akibat dari penggunaan APD [5]. Sebagian besar tenaga medis mengeluhkan bahwa keringat mulai keluar setelah 30 menit menggunakan APD [3]. Terbatasnya ruang evaporasi panas tubuh akibat aktivitas fisik serta kurangnya sirkulasi udara akibat penggunaan APD, terutama APD level III dapat menyebabkan heat stress yang akan berdampak negatif pada kinerja, kesehatan, dan keselamatan tenaga medis dan pasien.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko terjadinya heat stress yang dialami oleh pemakai APD adalah dengan menggunakan cooling vest. Cooling vest adalah cooling device yang berbentuk rompi dan biasanya berisikan material yang digunakan untuk mendinginkan suhu tubuh, seperti gel, ice packs, ataupun phase change material (PCM), di mana metode ini dikenal sebagai metode external cooling. Cooling vest dapat digunakan sebelum aktivitas (pre-cooling), saat beraktivitas (per-cooling), ataupun setelah aktivitas (post-cooling).

Penggunaan cooling vest telah banyak digunakan dalam penelitian menggunakan APD pemadam kebakaran [6-8] dan pakaian militer [9]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cooling vest dapat menekan beban fisiologis yang dialami manusia pada saat keadaan hipertemia [6] dan ketika mendapat paparan suhu sebesar 30°C [7]. PCM dengan titik leleh lebih kecil memiliki efek pendinginan yang lebih baik, terutama pada bagian dada, untuk menekan beban fisiologis [8]. Penggunaan cooling vest efektif digunakan di lingkungan yang panas dan lembab saat mengenakan pakaian pelindung yang memiliki daya penguapan yang relatif rendah dan saat produksi keringat tinggi [9]. Meskipun begitu, lingkungan terkondisi yang digunakan dalam penelitian APD pemadam kebakaran maupun pakaian militer ini memiliki perbedaan suhu yang signifikan dibandingkan suhu lingkungan tenaga medis COVID-19 bekerja yang biasanya diatur pada suhu 24-26°C dengan kelembaban berkisar 40%-60% [10]. Selain itu, hasil pengujian bisa saja berbeda karena adanya perbedaan karakteristik alat pelindung diri yang digunakan, yaitu antara APD pemadam kebakaran dan pakaian militer dengan APD level III yang dikenakan oleh tenaga medis COVID-19.

Penelitian di bidang healthcare sendiri pernah dilakukan oleh Langø et al. [11] dengan merancang cooling vest berbahan PCM untuk meningkatkan kenyamanan termal dokter bedah. Dengan membandingkan cooling vest komersial yang biasa digunakan oleh pemadam kebakaran, rancangan [11] dapat menurunkan temperatur kulit rata-rata dan menekan laju keringat. Akan tetapi, rancangan ini hanya diuji pada seorang responden, sehingga analisis secara statistik tidak dapat dilakukan untuk melihat parameter-parameter apa saja yang berpengaruh, seperti ketebalan vest dan ukurannya, serta penempatan dan jumlah cooling element yang digunakan. Uji coba penggunaan cooling vest berbahan PCM pada tenaga medis yang bertugas menangani COVID-19 di salah satu rumah sakit dilakukan oleh de Korte et al. [12]. Penggunaan cooling vest berhasil menurunkan ketidaknyamanan termal serta menghasilkan perceptual strain yang lebih rendah [12]. Hanya saja, penelitian de Korte et al. [12] dilakukan secara langsung saat jam kerja tenaga medis dan APD yang digunakan adalah APD tingkat II. Bonell et al. [13] juga melakukan penelitian serupa, namun teknik yang digunakan adalah mix-method cooling, yakni pre-cooling dengan konsumsi ice slurry dan per-cooling menggunakan rompi es. Thermal strain yang dialami tenaga medis saat menggunakan APD dapat dikurangi dengan metode pre-dan per-cooling di luar APD [13]. Bonell et al. [13] juga melakukan pengambilan data secara langsung pada salah satu rumah sakit di Afrika Barat. Penelitian serupa jika dilakukan dengan pendekatan eksperimen di laboratorium, dengan kondisi yang lebih terkontrol dan homogen, berpotensi memberikan hasil yang berbeda. Pengujian pada laboratorium tentunya diperlukan sebelum nantinya diujicobakan pada kondisi aslinya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh penggunaan PCM dalam bentuk cooling vest pada APD level III tenaga medis terhadap respons subjektif dalam penurunan heat strain yang dialami selama aktivitas fisik dengan pendekatan eksperimen di laboratorium. PCM diletakkan pada bagian dada dan punggung. Hal ini didukung dari penelitian Guowen [14] di mana posisi tubuh yang paling dirasa panas pada uji thermal manikin adalah dada dan punggung.

2. Metode Penelitian

2.1. Participant

Partisipan dalam penelitian ini adalah 8 mahasiswa laki-laki sehat dengan rata-rata \pm standar deviasi (SD) usia 22.1 ± 0.4 tahun, tinggi badan $170,7 \pm 3,9$ cm, berat badan $66,2 \pm 9,7$ kg, body surface area $1,8 \pm 0,1$ m², dan HR maksimal 188 bpm. Partisipan mendapat penjelasan mengenai detail prosedur eksperimen serta risiko dan efek samping dan penanganannya. Seluruh partisipan memberikan persetujuan sebelum berpartisipasi.

2.2. Clothing Ensembles dan Cooling Device

Selama eksperimen, partisipan menggunakan mediscrub yang dipakai di bawah APD level III. Seluruh partisipan menjalani 2 kondisi, yaitu (1) tanpa cooling vest; kontrol (CONT) dan (2) dengan cooling vest yang dikenakan di antara mediscrub dan APD (COOLING), yang diberikan secara acak dan setiap kondisi memiliki selang waktu minimal 24 jam untuk menghindari pengaruh pengondisian dari kondisi sebelumnya.

Pada kondisi COOLING, partisipan mengenakan cooling vest yang berisikan 12 packs PCM (6 packs di bagian dada dan 6 packs di bagian punggung) dengan total berat 1,080 gr. PCM berbahan gel dan didinginkan di dalam kulkas selama 24 jam. Berat

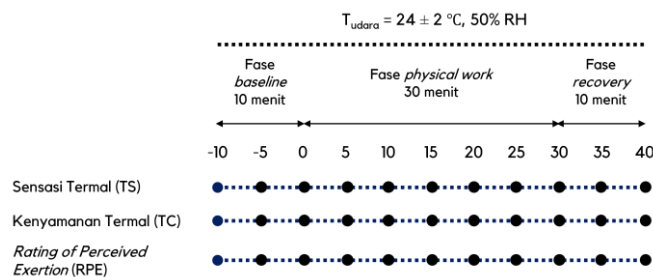
total PCM dan cooling vest adalah 1,304 gr. Satu pack PCM berukuran 12 cm x 8 cm dengan tebal 1,3 cm. Total surface area dari bahan pendingin untuk kondisi COOLING adalah 1,152 cm².

2.3. Langkah Pengambilan Data (Eksperimen)

Untuk menghindari adanya *confounding factor*, partisipan diminta untuk tidak mengonsumsi minuman berkafein dan beralkohol, serta memiliki waktu tidur yang cukup selama 24 jam sebelum sesi eksperimen. Setelah sampai di laboratorium, dilakukan pemeriksaan terhadap tanda vital (denyut jantung, temperatur tubuh, tekanan darah, dan kadar oksigen dalam darah/oksimetri nadi) untuk memastikan bahwa partisipan dalam kondisi sehat. Kemudian, partisipan mengonsumsi 300 ml air mineral untuk menjaga tingkat hidrasi partisipan sebelum melakukan eksperimen. Partisipan kemudian mengenakan *mediscrub* dan APD level III beserta kelengkapannya.

Protokol eksperimen terdiri dari 3 fase dengan total waktu 50 menit. Fase pertama yaitu fase *baseline* dan *pre-cooling* selama 10 menit, di mana partisipan duduk bersandar di kursi. Pada kondisi COOLING, partisipan mengenakan *cooling vest* pada awal fase ini. Fase kedua adalah aktivitas fisik, di mana partisipan berjalan di atas treadmill selama 30 menit dengan kecepatan 4,6 km/jam dan kemiringan 0% untuk mensimulasikan tingkat intensitas kerja *moderate* [15]. Fase ketiga adalah fase *recovery* selama 10 menit, di mana partisipan duduk tenang dan bersandar pada kursi. *Cooling vest* dikenakan dari awal hingga akhir fase *recovery* pada kondisi COOLING. Kondisi lingkungan ruang eksperimen diatur pada suhu $24 \pm 2^\circ\text{C}$, 50% RH untuk merepresentasikan kondisi lingkungan di rumah sakit. Eksperimen akan dihentikan jika suhu tubuh di atas 38°C dan denyut jantung melebihi 80% denyut jantung maksimal (210-usia).

Selama eksperimen partisipan memberikan penilaian subjektif secara verbal setiap 5 menit terkait sensasi termal (TS) dengan skala *rating* 1-7 (1 (dingin) – 7 (panas)), kenyamanan termal (TC) dengan skala *rating* (-3)-3 (-3 (sangat tidak nyaman) – 3 (sangat nyaman)), dan tingkat pengerahan tenaga yang dirasakan atau *rating of perceived exertion* (RPE) dengan skala *rating* 6-20. Gambar 2 menunjukkan *timeline* eksperimen dan pengukuran.



Gambar 2. *Timeline* Eksperimen dan Pengukuran

2.4. Perhitungan

Heat strain dinyatakan dengan perceptual strain index (PeSI) yang dihitung berdasarkan penilaian subjektif partisipan terkait sensasi termal dan RPE menggunakan rumus PeSI yang pertama kali diusulkan oleh Tikuisis et al. [16] dan kemudian diadaptasi oleh Petruzello et al. [17].

$$PeSI = 5 \times \frac{TS_t - 1}{6} + 5 \times \frac{RPE_t - 6}{14} \quad (1)$$

TS_t dan RPE_t merupakan nilai sensasi termal dan RPE pada menit terakhir setiap fase.

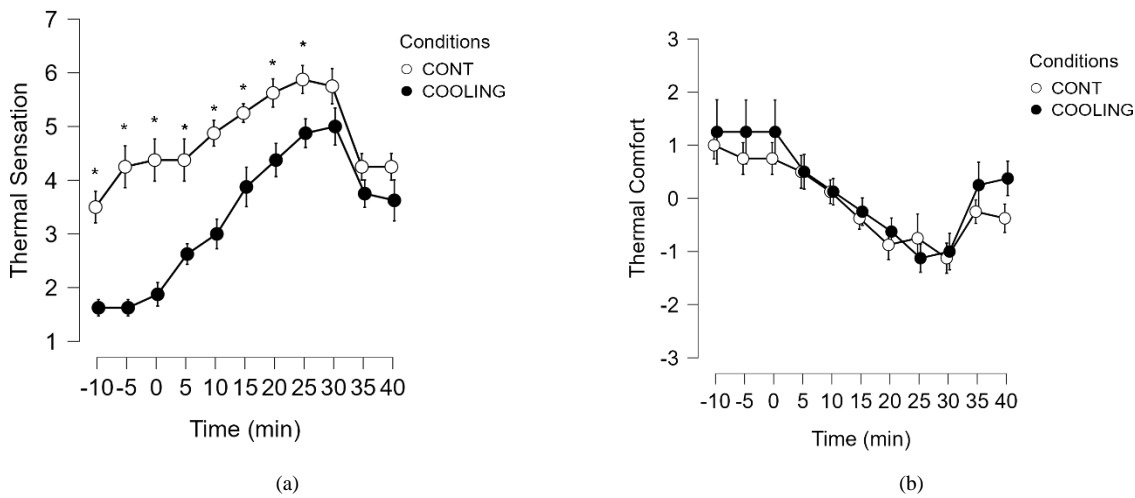
2.5. Analisis Data Statistika

Sebelum analisis data statistika, data diuji normalitasnya untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi pengujian statistika parametrik. Data selanjutnya dianalisis menggunakan *two-way repeated-measures analysis of variance* (RM-ANOVA) jika asumsi parametrik terpenuhi atau uji Friedman test jika asumsi parametrik tidak terpenuhi. Nilai disajikan sebagai rata-rata dan standar error. Uji beda berpasangan (*paired t-test* atau uji Wilcoxon Signed-Rank) dengan Bonferroni *correction* dilakukan antara CONT dan COOLING pada tiap titik waktu yang sama untuk menentukan perbedaan signifikan antar kondisi. Perbedaan signifikan dirancang pada $p < 0,05$. Analisis statistika dilakukan menggunakan JASP Statistical Software (version 0.16.9.9; R Foundation for Statistical Computing) dan IBM SPSS Statistics 26.

3. Hasil

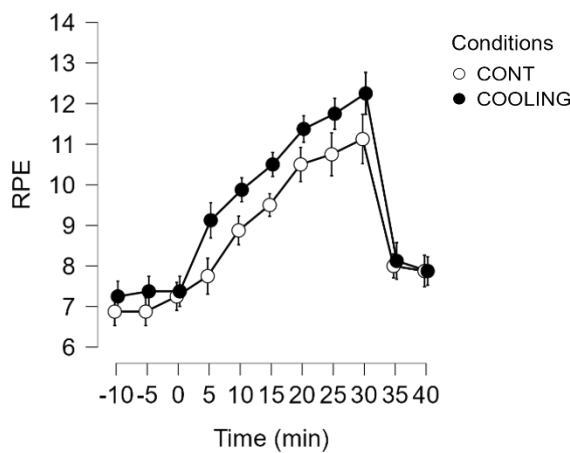
3.1. Respons Subjektif

Sensasi termal dan kenyamanan termal yang dirasakan partisipan selama eksperimen ditunjukkan oleh Gambar 2. Sensasi termal pada kedua kondisi mengalami kenaikan secara bertahap seiring meningkatnya durasi aktivitas fisik, kemudian turun saat memasuki fase *recovery*. Partisipan melaporkan nilai sensasi termal yang lebih rendah pada kondisi COOLING dibandingkan dengan kondisi CONT mulai dari fase *baseline* hingga 25 menit melakukan aktivitas fisik ($p < 0,05$). Kenyamanan termal yang dilaporkan partisipan pada fase *baseline* dan *pre-cooling* memiliki nilai yang lebih baik pada kondisi COOLING dibandingkan dengan kondisi CONT. Meskipun demikian, tingkat kenyamanan termal yang dirasakan partisipan pada kedua kondisi ini relatif sama sepanjang aktivitas fisik. Kenyamanan termal kemudian kembali mengalami kenaikan ketika fase *recovery*, di mana partisipan melaporkan nilai kenyamanan termal yang lebih baik pada kondisi COOLING dibandingkan dengan kondisi CONT. Hasil dari analisis statistika menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua kondisi.



Gambar 2. (a) Sensasi Termal dan (b) Kenyamanan Termal (Mean±SE)

*menunjukkan perbedaan signifikan dengan kondisi CONT pada $p < 0,05$.



Gambar 3. Rating of Perceived Exertion (Mean±SE)

Partisipan melaporkan tingkat pengerahan tenaga (RPE) yang lebih tinggi pada kondisi COOLING dibandingkan kondisi CONT, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Tingkat pengerahan tenaga yang dilaporkan partisipan meningkat seiring bertambahnya durasi aktivitas fisik. Hasil analisis statistika menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antara kedua kondisi ($p > 0,05$).

3.2. Perceptual Strain Index (PeSI)

Heat strain yang dirasakan partisipan selama eksperimen juga dinyatakan dalam nilai *perceptual strain index* (PeSI). Nilai *perceptual strain index* (PeSI) saat akhir *baseline*, aktivitas fisik, dan *recovery* ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Perceptual Strain Index (Mean±SE)

Kondisi	Baseline	Aktivitas Fisik	Recovery	Rata-Rata
CONT	2,4±0,4	5,8±0,5	3,4±0,4	3,8±0,3
COOLING	0,97±0,25	5,6±0,6	2,9±0,5	3,1±0,4

Hasil analisis statistika menunjukkan bahwa kondisi COOLING signifikan lebih rendah dibandingkan dengan kondisi CONT ($p < 0,05$).

4. Pembahasan

Penelitian ini mengidentifikasi pengaruh cooling vest dengan PCM sebagai material pendingin yang digunakan di bawah APD level III tenaga medis terhadap respons subjektif dalam penurunan heat strain yang dialami selama aktivitas fisik dengan pendekatan eksperimen di laboratorium. Temuan utama pada penelitian ini adalah penggunaan cooling vest di bawah APD level III dapat meningkatkan sensasi termal dan menghasilkan nilai *perceptual strain index* (PeSI) yang lebih baik.

Dalam penelitian ini, perbedaan signifikan ditemukan pada sensasi termal dan nilai PeSI. Penggunaan cooling vest pada APD level III menurunkan heat strain yang dirasakan oleh partisipan, yang ditandai dengan sensasi termal dan nilai PeSI yang signifikan lebih rendah. Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang melaporkan hal yang sama [7], [12], [13]. Penggunaan cooling vest tampaknya belum memberikan efek positif pada kenyamanan termal ketika digunakan saat beraktivitas fisik. Pada penelitian ini, nyaman termal saat beraktivitas fisik berada pada range sedikit nyaman (1) – sedikit tidak nyaman (-1). Hasil analisis statistika menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antara CONT dan COOLING. Hasil serupa ditemui pada penelitian penggunaan water-perfused vest dan rompi dengan water-soaked cooling pads pada APD pemadam kebakaran oleh Teunissen et al. [18]. Gao et al. [19] juga menemukan bahwa kenyamanan termal relatif stabil pada range nyaman – sedikit tidak nyaman dan tidak banyak terpengaruh oleh pendinginan pada bagian torso pada uji coba penggunaan PCM cooling vest. Model kenyamanan termal yang diusulkan oleh Zhang [20] memprediksi bahwa kenyamanan lokal bagian tangan dan wajah mendominasi dalam menentukan kenyamanan termal keseluruhan seseorang dalam kondisi hangat. Pada penelitian ini, penggunaan masker N95, pelindung mata dan faceshield, serta pelindung kepala menghambat evaporasi panas tubuh area kepala dan wajah dan menciptakan sensasi termal lokal hangat – panas, yang juga disebabkan oleh panas tambahan dari hembusan pernafasan. Penggunaan gloves juga menghambat evaporasi panas tubuh area telapak tangan sehingga menciptakan sensasi panas dan sensasi basah yang mengurangi kenyamanan partisipan. Seluruh partisipan melaporkan area wajah dan kepala sebagai area yang memiliki sensasi termal yang paling panas dan yang paling tidak nyaman. Hal ini mungkin yang dapat menjelaskan mengapa kenyamanan termal seluruh tubuh pada penelitian ini tidak terpengaruh oleh pendinginan lokal bagian torso yang diberikan oleh cooling vest yang digunakan.

Partisipan melaporkan tingkat pengerahan tenaga yang sedikit lebih tinggi pada kondisi COOLING. Hal ini mengonfirmasi bahwa penggunaan cooling vest menjadi beban tambahan yang dirasakan oleh partisipan selama beraktivitas fisik. Namun, perbedaan ini ditemukan tidak signifikan sehingga cooling vest tetap baik digunakan karena efeknya yang terbukti dapat meringankan sensasi termal yang dirasakan. Hal serupa juga ditemui oleh Teunissen et al. [18]. Kapasitas cooling yang rendah serta beban tambahan akibat menggunakan vest diduga menjadi penyebab tidak signifikannya perbedaan yang dihasilkan pada denyut jantung dan suhu inti tubuh yang berkaitan erat dengan performa dan tingkat RPE pada penelitian Teunissen et al. [18]. Namun, respons tubuh, yaitu denyut jantung maupun suhu inti tubuh tidak bisa dikonfirmasi dalam penelitian ini karena pengamatan yang dilakukan hanya sebatas respons subjektif dan hal ini juga yang menjadi batasan dalam penelitian ini.

Pada penelitian ini, pengamatan terbatas pada respons subjektif. Penelitian selanjutnya perlu mengamati respons fisiologis karena heat strain merupakan respons tubuh terhadap heat stress dan hal ini ditandai dengan kenaikan pada suhu inti tubuh. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengukuran pada suhu inti tubuh, temperatur kulit, denyut jantung, dan laju keringat, yang merupakan empat pengukuran fisiologis utama heat strain. *Perceptual heat strain* juga sangat berkaitan dengan temperatur kulit [21]. Gao et al. [19] menemukan bahwa penggunaan cooling vest pada bagian torso dapat menurunkan temperatur torso sekitar 2-3°C dibandingkan suhu bagian kulit yang tidak tertutup dan tetap berada di suhu 33°C serta meningkatkan skin wetness sensation.

Penelitian selanjutnya dapat memberikan beban kerja berdasarkan nilai VO₂max masing-masing partisipan sehingga aktivitas fisik dapat menginduksi respons fisiologis dari tingkat beban kerja yang setara di antara partisipannya. Selain itu, partisipan yang digunakan dalam eksperimen juga terbatas pada mahasiswa laki-laki dengan rentang usia 22.1 ± 0.4 (terbilang muda) sehingga membatasi penemuan penelitian ini untuk wanita dan kelompok usia lainnya. Eksperimen menggunakan tenaga medis secara langsung sebagai partisipan eksperimen dinilai tidak memungkinkan karena penelitian ini dilaksanakan pada masa pandemi COVID-19. Namun demikian, partisipan eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini telah dirancang sedemikian rupa dalam kondisi homogen, sehingga tujuan dari penelitian ini tetap dapat dicapai.

5. Kesimpulan

Kesimpulannya, penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan PCM dalam bentuk *cooling vest* pada APD level III tenaga medis dapat meringankan *heat strain* yang dirasakan. Penggunaan *cooling vest* menghasilkan tingkat sensasi termal yang lebih baik dan perceptual *strain index* (PeSI) yang lebih rendah ketika digunakan di bawah APD level III tenaga medis untuk beraktivitas fisik.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh partisipan yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan sebagian kecil dari penelitian Rispro Konsorsium Riset dan Inovasi COVID-19 (no kontrak: 46/FI/P-KCOVID-19.2B3/IX/2020 dan 5002/UN1.DITLIT/DIT-LIT/PT/2020).

Referensi

- [1] Windarwati, H. D., Ati, N. A. L., Paraswati, M. D., Ilmy, S. K., Supianto, A. A., Rizzal, A. F., Sulaksono, A. D., Lestari, R., Supriati, L. (2021) "Stressor, coping mechanism, and motivation among health care workers in dealing with stress due to the COVID-19 pandemic in Indonesia" *Asian Journal of Psychiatry* **56**.
- [2] Susilo, A., Rumende, C. M., Pitoyo, C. W., Santoso, W. S., Yulianti, M., Herikurniawan, Sinto, R., Singh, G., Nainggolan, L., Nelwan, E. J., Chen, L. K., Widhani, A., Wijaya, E., Wicaksana, B., Maksun, M., Annisa, F., Jasirwan, C. OM., Yuniastuti, E. (2020) "Coronavirus Disease 2019 : Tinjauan Literatur Terkini, Jurnal Penyakit Dalam Indonesia" **7**: 61.
- [3] Jiang, Q., Liu, Y., Wei, W., Zhu, D., Chen, A., Liu, H., Wang, J., Jiang, Z., Han, Q., Bai, Y., Hua, J., Zhang, Y., Guo, J., Li, L., Li, J. (2020) "The prevalence, characteristics, and related factors of pressure injury in medical staff wearing personal protective equipment against COVID-19 in China: A multicentre cross-sectional survey" *Int Wound J* **17** (1300): 1300-1309.
- [4] Foster, J., Hooder, S. G., Goodwin, J., & Haveinthe, G. (2020) "Occupational Heat Stress and Practical Cooling Solutions for Healthcare and Industry Workers During the COVID-19 Pandemic" *Annals of Work Exposures and Health*, **20** (20): 1-8.
- [5] Liu, Q., Luo, D., Haase, J. E., Guo, Q., Wang, X. Q., Liu, S., Xia, L., Liu, Z., Yang, J., & Yang, B. X. (2020) "The experiences of health-care providers during the COVID-19 crisis in China: a qualitative study." *The Lancet Global health* **8** (6): 790-798.
- [6] Aljaroudi, A.M., Kadis, D.S., Bhattacharya, A., Strauch, A., Quinn, T.D & Williams, W.J. (2020) "Effect of continuous cooling on inhibition and attention while wearing firefighter's PPE in a hot environment" *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* **17** (5): 243-252.
- [7] Chou, C., Yutaka, T., & Taegyoun, K. (2008) "Physiological and Subjective Responses to Cooling Devices on Firefighting Protective Clothing" *Eur J Appl Physiol* **104**: 369-374.
- [8] Gao, C., Kuklane, K., Holmer, I. (2011) "Cooling vests with phase change materials: the effects of melting temperature on heat strain alleviation in an extremely hot environment" *Eur J Appl Physiol* **111**: 1207-1216.
- [9] Zhao, M., Gao, C., Wang, F., Kuklane, K., Holmer, I., Li, J. (2013) "The torso cooling of vests incorporated with phase change materials: a sweat evaporation perspective" *Textile Research Journal* **83** (4): 418-425.
- [10] Ikatan Dokter Indonesia (2020) "Pedoman Standar Perlindungan Dokter di Era COVID-19" Jakarta, PB IDI, ISBN : 978-623-92395-1-0.
- [11] Langø, T., Nesbakken, R., Færevik, H., Holbø, K., Reitan, J., Yavuz, Y. & Mårvik, R. (2009) "Cooling vest for improving surgeons' thermal comfort: A multidisciplinary design project" *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies* **18** (1): 20-29.
- [12] de Korte, J. Q., Bongers, C. C. W. G., Catoire, M., Kingma, B. R. M., & Eijsvogels, T. M. H. (2021) "Cooling vests alleviate perceptual heat strain perceived by COVID-19 nurses" *Temperature*.
- [13] Bonell A, Nadjm B, Samateh T, Badjie J, Perry-Thomas R, Forrest K, Prentice AM and Maxwell NS. (2021) "Impact of Personal Cooling on Performance, Comfort and Heat Strain of Healthcare Workers in PPE, a Study From West Africa" *Front. Public Health* **9**: 712481.
- [14] Guowen, S. (20020) "Modelling Thermal Protection Outfit for fire exposures" Dissertation , North Carolina State University, United States.
- [15] Physical Activity Guidelines Advisory Committee (2008) "Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report" Washington, DC: U.S.: Department of Health and Human Services.
- [16] Tikuisis, P., McLellan, T.M., Selkirk, G. (2002) "Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress", *Medicine and science in sports and exercise* **34**: 1454-1461.
- [17] Petruzzello, S. J., Gapin, J. I., Snook, E., Smith, D. L. (2009) "Perceptual and physiological heat strain: examination in fire fighters in laboratory and field-based studies" *Ergonomics* **52**: 747-754.
- [18] Teunissen, Lennart P.J., Wang, Li-Chu, Chou, Shih-Nung, Huang, Chin-hsien, Jou, Gwo-Tsuen, Daanen, Hein A.M. (2014) "Evaluation of two cooling systems under a firefighter coverall" *Applied Ergonomics* **45** (6): 1433-1438.
- [19] Gao, C., Kuklane, K., & Holmer, I. (2012) "Personal cooling with phase change materials to improve thermal comfort from a heat wave perspective" *Indoor Air* **22**: 523-530.
- [20] Zhang, H. (2003) "Human thermal sensation and comfort in transient and non-uniform thermal environment", Ph.D. thesis, UC Berkeley, USA
- [21] Nakamura, M.; Yoda, T.; Crawshaw, L. I.; Yasuhara, S.; Saito, Y.; Kasuga, M.; Nagashima, K.; Kanosue, K. (2008) "Regional differences in temperature sensation and thermal comfort in humans" *Journal of Applied Physiology*, **105** (6): 1897-1906.