Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 14, No. 3, Tahun 2026
Online: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm

EVALUASI PERFORMA PENDINGINAN SELIMUT PENDINGIN BLANKETROL III PADA PENANGANAN PASIEN STROKE ISKEMIK AKUT

***Dimas Alifka Nugraha[1], Rifky Ismail[2], M. Tauviqirrahman[2]**
[1]Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
[2]Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
*E-mail:dmsngrhh@students.undip.ac.id

Abstrak

Targeted temperature management (TTM) merupakan salah satu pendekatan neuroprotektif yang digunakan untuk mengendalikan hipertermia pada pasien stroke akut guna mencegah perburukan kerusakan jaringan saraf. Blanketrol III merupakan perangkat TTM komersial berbasis selimut pendingin yang banyak digunakan di ruang perawatan intensif sebagai acuan standar dalam praktik klinis. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa pendinginan Blanketrol III melalui parameter laju pendinginan (*cooling rate*/CR) dan efektivitas pendinginan (ε) pada dua pasien stroke akut di ruang perawatan Rajawali R1A RSUP Dr. Kariadi. Data temperatur air pendingin, aksila, ruangan, dan *bedside monitor* dicatat setiap interval 5 menit pada fase induksi (*pre-T0*) dan setiap 15 menit pada fase pemeliharaan (*T0*) selama 180 menit. Hasil menunjukkan rata-rata CR sebesar 0,0183°C/menit dengan rata-rata durasi fase *pre-T0* selama 102,5 menit, jauh lebih cepat dibandingkan target ideal terapi hipotermia sekitar 4 jam. Efektivitas pendinginan rata-rata tercatat sebesar 11,45%, lebih tinggi dibandingkan alat TTM berbasis prototipe yang umumnya berkisar di bawah 8%. Pada fase pemeliharaan, suhu tubuh pasien terpantau stabil pada rentang 34,7–35,6°C, meskipun salah satu pasien sempat menggigil dan memerlukan penanganan tambahan. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa Blanketrol III layak dijadikan acuan pembanding dalam pengembangan alat TTM alternatif, sekaligus menekankan pentingnya pemantauan suhu secara kontinu dan penanganan efek menggigil selama terapi berlangsung.

Kata kunci: blanketrol iii; *cooling rate*; efektivitas pendinginan; stroke iskemik akut; *targeted temperature management*

Abstract

Targeted temperature management (TTM) is a neuroprotective approach used to control hyperthermia in acute stroke patients to prevent further neurological damage. Blanketrol III is a commercial cooling-blanket-based TTM device widely used in intensive care units as a clinical reference standard. This study evaluates the cooling performance of Blanketrol III through cooling rate (CR) and cooling effectiveness (ε) parameters on two acute stroke patients at the Rajawali R1A ward of Dr. Kariadi General Hospital. Coolant, axillary, room, and bedside monitor temperatures were recorded every 5 minutes during the induction phase (pre-T0) and every 15 minutes during the maintenance phase (T0) for 180 minutes. Results showed an average CR of 0.0183°C/minute with an average pre-T0 duration of 102.5 minutes, considerably faster than the ideal hypothermia target of approximately 4 hours. The average cooling effectiveness was 11.45%, higher than prototype-based TTM devices which generally fall below 8%. During the maintenance phase, patient body temperature remained stable within 34.7–35.6°C, although one patient experienced shivering requiring additional intervention. These findings confirm that Blanketrol III is suitable as a reference for the development of alternative TTM devices, while emphasizing the importance of continuous temperature monitoring and shivering management throughout therapy.

Keywords: *acute ischemic stroke*; *blanketrol iii*; *targeted temperature management*; *cooling rate*; *cooling effectiveness*

1. Pendahuluan

Stroke merupakan kegawatdaruratan medis yang memerlukan penanganan cepat untuk mencegah kerusakan neurologis permanen. Pada fase akut, peningkatan suhu tubuh (hipertermia) dapat memperburuk kondisi pasien karena

meningkatkan metabolisme otak dan mempercepat kerusakan sel saraf, sehingga pengendalian suhu tubuh melalui targeted temperature management (TTM) menjadi salah satu strategi neuroprotektif yang penting diterapkan secara dini.

Blanketrol III merupakan salah satu perangkat TTM komersial yang banyak digunakan di unit perawatan intensif. Alat ini bekerja dengan mengalirkan air bersuhu terkontrol melalui selimut yang membungkus tubuh pasien, memanfaatkan prinsip perpindahan panas konduksi, serta dilengkapi sistem kontrol otomatis yang menyesuaikan suhu air sirkulasi berdasarkan suhu target dan suhu tubuh pasien secara langsung. Karena tingkat keandalannya, Blanketrol III sering dijadikan acuan pembanding dalam pengembangan maupun evaluasi alat TTM alternatif.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa pendinginan Blanketrol III pada penanganan pasien stroke berdasarkan parameter laju pendinginan dan efektivitas pendinginan, sebagai dasar data klinis yang dapat digunakan untuk pembanding pengembangan sistem TTM lain di masa mendatang.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di ruang perawatan Rajawali R1A RSUP Dr. Kariadi pada bulan Januari 2026, terhadap dua pasien yang menjalani terapi pendinginan menggunakan Blanketrol III, yaitu pasien T C-1 (62 tahun, diagnosis SNH/stroke non-hemoragik) dan pasien E C-2 (25 tahun, dengan kondisi klinis hemiplegia sinistra spastik, parase N.VII dan N.XII sinistra sentral, serta hemiparestesia sinistra).

Alat dioperasikan pada pengaturan pasien dengan target suhu 35°C, di mana sistem secara otomatis menyetel suhu air sirkulasi awal pada selisih 10°C di bawah suhu tubuh terukur (sekitar 25°C) sebelum disesuaikan lebih lanjut secara otomatis oleh mesin. Parameter yang dipantau meliputi temperatur air pendingin (TC), temperatur aksila dari sensor suhu (TA), temperatur ruangan (TR), dan temperatur bedside monitor (TB). TC merupakan suhu air yang disirkulasikan oleh mesin Blanketrol III ke dalam selimut pendingin, TA merupakan suhu yang diukur langsung pada ketiak pasien menggunakan sensor suhu, TR merupakan suhu ruangan tempat pengujian berlangsung yang diatur tetap pada 20°C selama pengujian, sedangkan TB merupakan suhu tubuh pasien yang terbaca pada bedside monitor dan digunakan sebagai acuan utama suhu inti tubuh karena dinilai lebih stabil dan representatif dibandingkan pengukuran aksila langsung. Pencatatan dilakukan setiap interval 5 menit pada fase pre-T0 (sejak alat dinyalakan hingga suhu tubuh mencapai 35°C) dan setiap interval 15 menit pada fase T0 (pemeliharaan suhu pada 35°C) selama 180 menit. Laju pendinginan dihitung dengan:

$$\text{CR} = \frac{(T_{awal} - T_{akhir})}{t}$$

dan efektivitas pendinginan dihitung dengan:

$$\varepsilon = \frac{T_{tubuh,awal} - T_{tubuh,akhir}}{T_{tubuh,awal} - T_{air,pendingin}} \times 100\%$$

dengan T_{tubuh} mengacu pada data *bedside monitor* (TB) sebagai acuan suhu inti yang lebih representatif dibandingkan *probe* aksila.

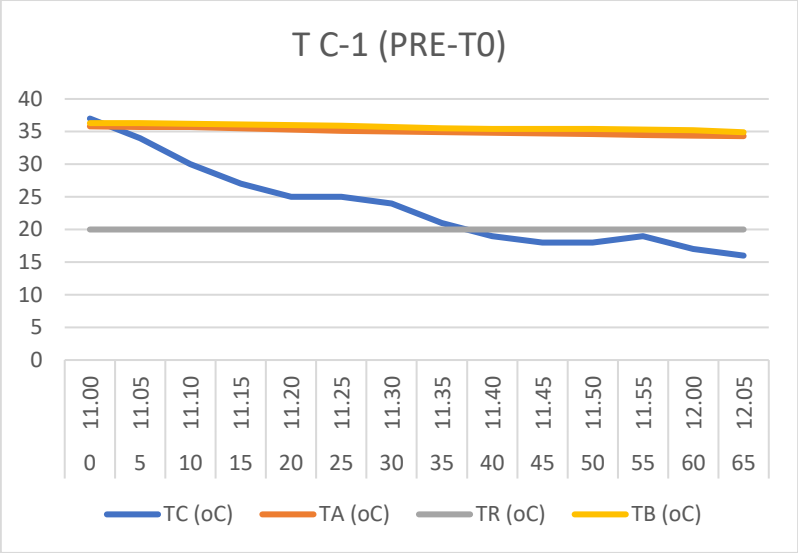
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pasien T C-1

Pasien T C-1 berusia 62 tahun dengan diagnosis SNH/*stroke* non-hemoragik. Pengujian dilakukan pada tanggal 24 Januari 2026. Pada fase *pre-T0*, alat disetel pada pengaturan pasien dengan target suhu 35°C, di mana sistem secara otomatis menurunkan suhu air pendingin dari 37°C hingga mencapai 16–18°C dalam 60 menit pertama. Suhu tubuh pasien (TB) mengalami penurunan dari 36,3°C pada menit ke-0 menjadi 34,9°C pada menit ke-65, sehingga diperoleh laju pendinginan sebesar:

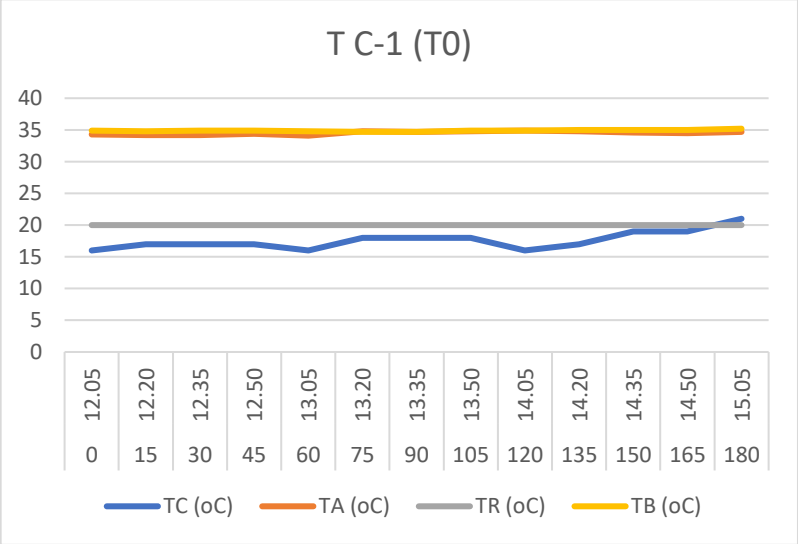
$$\text{CR} = (36{,}3 - 34{,}9) / 65 = 0{,}0215\,°\text{C/menit}$$

Pengujian pada pasien ini berlangsung tanpa kendala teknis berarti. Grafik perubahan suhu selama fase *pre-T0* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Suhu Fase *Pre-T0* Pasien T C-1

Pada fase *T0*, suhu tubuh pasien terpantau stabil pada rentang 34,7–35,2°C selama 180 menit pengamatan. Namun, pada menit ke-75–90, pasien sempat menggigil sehingga diberikan paracetamol dan selimut tambahan; setelah itu pasien dilaporkan sudah tidak menggigil lagi dan suhu tetap berada dalam rentang target. Grafik perubahan suhu selama fase *T0* ditunjukkan pada Gambar 2.



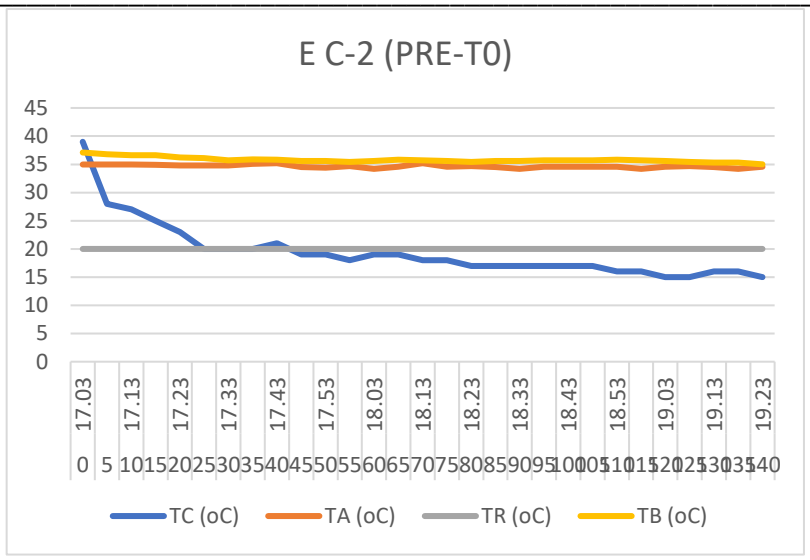
Gambar 2. Grafik Suhu Fase *T0* Pasien T C-1

3.2 Pasien E C-2

Pasien E C-2 berusia 25 tahun dengan kondisi klinis hemiplegia sinistra spastik, parase N.VII dan N.XII sinistra sentral, serta hemiparestesia sinistra. Pengujian dilakukan pada tanggal 26 Januari 2026. Pada fase pre-T0, suhu tubuh pasien (TB) mengalami penurunan dari 37,1°C pada menit ke-0 menjadi 35,0°C pada menit ke-140, sehingga diperoleh laju pendinginan sebesar:

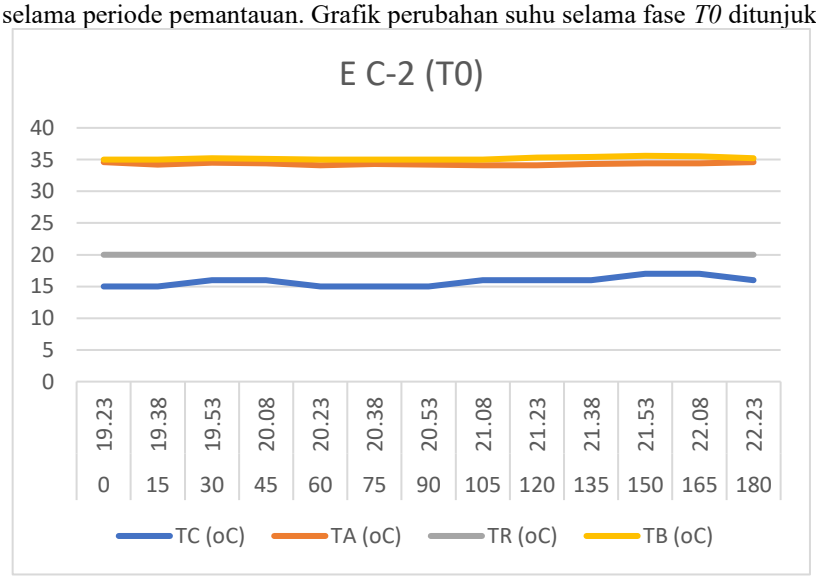
$$CR = (37{,}1 - 35{,}0) / 140 = 0{,}0150°C/menit$$

Durasi fase pre-T0 yang lebih panjang dibandingkan pasien T C-1 turut dipengaruhi oleh kondisi pasien yang banyak bergerak akibat merasa kepanasan pada awal pengujian serta penggunaan kipas kecil tambahan, yang berpotensi memengaruhi kestabilan kontak antara selimut dan permukaan tubuh. Sensor suhu sempat terlepas pada menit ke-55 saat pasien dibangunkan untuk makan, namun tidak menimbulkan gangguan signifikan terhadap tren penurunan suhu secara keseluruhan. Grafik perubahan suhu selama fase pre-T0 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Suhu Fase *Pre-T0* Pasien E C-2

Pada fase *T0*, suhu tubuh pasien terpantau stabil pada rentang 35,0–35,6°C selama 180 menit pengamatan, tanpa kendala klinis berarti selama periode pemantauan. Grafik perubahan suhu selama fase *T0* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Suhu Fase *T0* Pasien E C-2

3.3 Ringkasan dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kedua pasien, diperoleh ringkasan data sebagaimana ditunjukkan pada Tabel

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian Fase Pre-T0 pada Pasien Pengguna Blanketrol III

No.	Kode Pasien	Usia (th)	Diagnosis	T awal (°C)	T akhir (°C)	Durasi (menit)	CR (°C/menit)
1	T C-1	62	SNH	36,3	34,9	65	0,0215
2	E C-2	25	Hemiplegia sinistra spastik	37,1	35,0	140	0,0150
	Rata-rata					102,5	0,0183

Berdasarkan Tabel 1, kedua pasien berhasil mencapai suhu target 35°C menggunakan Blanketrol III, dengan durasi fase *pre-T0* bervariasi antara 65–140 menit dan rata-rata sebesar 102,5 menit. Nilai CR yang diperoleh berkisar antara 0,0150–0,0215°C/menit, dengan nilai rata-rata sebesar 0,0183°C/menit. Rata-rata durasi ini jauh lebih cepat dibandingkan target ideal terapi hipotermia yang menargetkan pencapaian suhu dalam waktu sekitar 4 jam (240 menit), menunjukkan bahwa Blanketrol III memiliki kapasitas pendinginan yang tinggi.

Variasi nilai CR antar pasien dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu tubuh awal pasien dan kondisi teknis selama pengujian berlangsung. Pasien E C-2 dengan suhu awal lebih tinggi (37,1°C) menunjukkan CR yang lebih

rendah (0,0150°C/menit) dibandingkan pasien T C-1 (36,3°C, CR 0,0215°C/menit), yang antara lain disebabkan oleh kondisi pasien yang kurang kondusif pada awal pengujian akibat banyak bergerak dan penggunaan kipas tambahan.

Pada fase *T0*, kedua pasien menunjukkan suhu yang relatif stabil di sekitar nilai target. Pasien T C-1 sempat menggigil pada menit ke-75–90 namun dapat diatasi dengan pemberian obat penurun panas dan selimut tambahan, sementara pasien E C-2 tidak menunjukkan kendala berarti sepanjang fase pemeliharaan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sistem kontrol otomatis Blanketrol III bekerja efektif menjaga suhu target, respons tubuh pasien terhadap paparan dingin tetap perlu dipantau ketat dan kadang memerlukan penanganan tambahan.

3.4 Efektivitas Pendinginan (ε)

Efektivitas pendinginan dihitung untuk mengetahui seberapa besar penurunan suhu tubuh yang berhasil dicapai dibandingkan selisih maksimum yang secara teoritis dapat dicapai apabila suhu tubuh pasien turun hingga menyamai suhu air pendingin. Nilai efektivitas pendinginan (ε) dihitung berdasarkan data temperatur tubuh awal, temperatur tubuh akhir, dan rata-rata temperatur air pendingin selama fase pre-T0 berlangsung. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektivitas Pendinginan (ε) pada Pasien Pengguna Blanketrol III

No.	Kode Pasien	T tubuh awal (°C)	T tubuh akhir (°C)	T air pendingin rata-rata (°C)	ε (%)
1	T C-1	36,3	34,9	23,57	11,0
2	E C-2	37,1	35,0	19,45	11,9
	Rata-rata				**11,45**

Berdasarkan Tabel 2, nilai efektivitas pendinginan kedua pasien relatif berdekatan, yaitu 11,0% dan 11,9%, dengan rata-rata 11,45%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan efektivitas pendinginan pada alat berbasis prototipe yang umumnya berkisar di bawah 8%, sejalan dengan kapasitas pendinginan Blanketrol III yang mampu menjangkau suhu air sirkulasi lebih rendah secara cepat sekaligus mempertahankan laju penurunan suhu tubuh yang konsisten. Nilai ε yang lebih tinggi pada pasien E C-2 (11,9%) dibandingkan T C-1 (11,0%) disebabkan oleh suhu awal tubuh pasien E C-2 yang lebih tinggi (37,1°C), sehingga selisih suhu yang harus diturunkan juga lebih besar. Nilai ε ini lebih tepat digunakan untuk membandingkan efisiensi relatif antar pasien, bukan sebagai indikator mutlak keberhasilan alat dalam menurunkan suhu tubuh.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap dua pasien stroke yang menjalani terapi menggunakan Blanketrol III, dapat disimpulkan bahwa alat ini mampu menurunkan suhu tubuh pasien secara terkontrol hingga mencapai target 35°C dengan CR rata-rata sebesar 0,0183°C/menit dan durasi rata-rata fase *pre-T0* selama 102,5 menit, jauh lebih cepat dibandingkan target ideal terapi hipotermia yang menargetkan pencapaian suhu dalam waktu sekitar 4 jam. Perbedaan durasi antar pasien dipengaruhi oleh kondisi awal pasien, di mana pasien dengan suhu awal lebih tinggi dan kondisi yang kurang kondusif saat pengujian cenderung memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai suhu target.

Efektivitas pendinginan rata-rata yang diperoleh sebesar 11,45%, lebih tinggi dibandingkan efektivitas yang umumnya dicapai oleh alat TTM berbasis prototipe yang berkisar di bawah 8%, menunjukkan bahwa Blanketrol III memiliki kemampuan penurunan suhu yang lebih baik karena didukung oleh sistem kontrol otomatis yang mampu menyesuaikan suhu air sirkulasi secara langsung terhadap kondisi tubuh pasien. Pada fase pemeliharaan suhu, Blanketrol III menunjukkan kestabilan yang baik dengan suhu tubuh pasien tercatat pada rentang 34,7–35,6°C sepanjang 180 menit pengamatan, meskipun pada salah satu pasien sempat terjadi menggigil yang memerlukan pemberian obat penurun panas dan selimut tambahan, yang menunjukkan bahwa respons tubuh pasien terhadap paparan dingin tetap perlu dipantau secara ketat selama terapi berlangsung.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Blanketrol III merupakan perangkat TTM yang andal dengan kinerja pendinginan yang cepat dan stabil, sehingga layak dijadikan acuan pembanding dalam pengembangan dan evaluasi alat TTM alternatif berbasis selimut pendingin. Implikasi dari penelitian ini menegaskan bahwa pemantauan suhu tubuh secara kontinu, pengendalian kondisi lingkungan ruangan, serta kesiapan penanganan efek menggigil merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan dalam penerapan terapi pendinginan pada pasien stroke akut.

5. Daftar Pustaka

[1] Binda DD, Baker MB, Varghese S, Wang J, Badenes R, Bilotta F, et al. Targeted temperature management for patients with acute ischemic stroke: a literature review. Journal of Clinical Medicine. 2024;13(2):586.
[2] You JS, Kim JY, Yenari MA. Therapeutic hypothermia for stroke: unique challenges at the bedside. Frontiers in Neurology. 2022;13:951586.
[3] Andresen M, Gazmuri JT, Marín A, Regueira T, Rovegno M. Therapeutic hypothermia for acute brain injuries. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine. 2015;23(1):42.
[4] Polderman KH, Varon J. Confusion around therapeutic temperature management hypothermia after in-hospital cardiac arrest? Circulation. 2018;137(3):219–221.

[5] Chugh C. Acute ischemic stroke: management approach. Indian Journal of Critical Care Medicine. 2019;23(S2):140–146.
[6] Huang KS, He DX, Tao Q, Wang YY, Yang YQ, Zhang B, et al. Changes in the incidence and prevalence of ischemic stroke and associations with natural disasters: an ecological study in 193 countries. Scientific Reports. 2022;12(1):1808.
[7] Ismail R, Yandoko Y, Retnaningsih R. Rancang bangun selimut penurun suhu tubuh pasien pasca serangan jantung yang mengalami return of spontaneous circulation (ROSC). ROTASI. 2020;1(1):1–8.
[8] Bastardot F, Marques-Vidal P, Vollenweider P. Association of body temperature with obesity: the CoLaus study. International Journal of Obesity. 2019;43(5):1026–1033.
[9] Casa DJ, Stearns RL, Lopez RM, Ganio MS, McDermott BP, Walker Yeargin S, et al. Influence of hydration on physiological function and performance during trail running in the heat. Journal of Athletic Training. 2010;45(2):147–156.
[10] World Health Organization (WHO). The top 10 causes of death. 2024. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death