



UNIVERSITAS NEGERI PADANG

**STUDI EKSPERIMEN DAN ANALISIS NUMERIK KINERJA ALAT UJI
KONDUKTIVITAS TERMAL PADA MATERIAL PADAT**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Sebagai
Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik di Departemen
Teknik Mesin FT-UNP*

TUGAS AKHIR

**FELIA MARESTA
21338009 / 2021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
PADANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Studi Eksperimen dan Analisis Numerik Kinerja Alat Uji
Konduktivitas Termal pada Material Padat

Nama : Felia Maresta

NIM : 21338009

Tahun Masuk : 2021

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Telah disetujui keasliannya dan diajukan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Padang, 30 Oktober 2025

Disetujui oleh:

Koordinator Program Studi

S1 Teknik Mesin



Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng.
NIP. 197607062003121001

Dosen Pembimbing



Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D.Eng.
NIP. 197607062003121001

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

*Dinyatakan lulus setelah mempertahankan tugas akhir di depan tim penguji
Program Studi S1 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Negeri Padang*

Judul : Studi Eksperimen dan Analisis Numerik Kinerja Alat Uji
Konduktivitas Termal pada Material Padat

Nama : Felia Maresta

NIM : 21338009

Tahun Masuk : 2021

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Padang, 3 November 2021

Tim Penguji

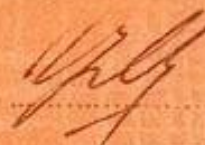
Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Yolli Fernanda, S.T., M.T., Ph.D. Eng.

2. Anggota : Prof. Dr. Ir. Arwizet K., S.T., M.T.

3. Anggota : Andre Kurniawan, S.T., M.T.



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, Tugas Akhir dengan judul “Analisis Numerik Kinerja Alat Uji Konduktivitas Termal pada Material Padat” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik universitas negeri padang maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni hasil gagasan, rumusan dan penilaian dari saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan dari tim pembimbing dan penguji.
3. Karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasi orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh tanpa ada paksaan dari pihak lain apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dari tulisan ini saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar akademik yang saya peroleh akibat tulisan ini, serta sanksi lainnya yang sesuai dengan hukum yang berlaku.

Padang, 3 November 2025

Saya yang menyatakan,



Felia Maresta
NIM. 21338009

ABSTRAK

Felia Maresta: Analisis Numerik Kinerja Alat Uji Konduktivitas Termal pada Material Padat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja alat uji konduktivitas termal pada material padat dengan pendekatan simulasi numerik dan eksperimental menggunakan metode Comparative Cut Bar sesuai standar ASTM E1225. Fokus utama penelitian ini adalah mengkaji distribusi termal serta efektivitas heat sink tipe water block yang berfungsi sebagai sistem pendingin cair pada alat uji. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Steady-State Thermal, sedangkan pengujian eksperimental dilaksanakan dengan alat uji konduktivitas termal yang dirancang khusus menggunakan spesimen kuningan dan besi.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan temperatur heat source dari 150 °C hingga 350 °C menyebabkan kenaikan gradien temperatur dan fluks panas yang signifikan di sepanjang sumbu aksial spesimen. Distribusi temperatur yang terbentuk bersifat linier, menunjukkan bahwa mekanisme perpindahan panas yang dominan adalah konduksi satu dimensi. Pada pengujian eksperimental, diperoleh pola penurunan temperatur yang serupa, dengan hasil validasi menunjukkan selisih rata-rata di bawah 10%, sehingga data simulasi dinyatakan valid terhadap fenomena fisik. Efektivitas heat sink mencapai nilai optimum sebesar 66%, menandakan kemampuan sistem pendingin dalam menjaga kestabilan temperatur alat uji cukup baik.

Secara keseluruhan, kombinasi pendekatan numerik dan eksperimental pada penelitian ini berhasil memberikan gambaran menyeluruh terhadap kinerja termal alat uji. Hasil ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan desain alat uji konduktivitas termal yang lebih efisien dan stabil untuk berbagai aplikasi teknik dan industri.

Kata Kunci: Konduktivitas Termal, Heat Sink, Water Block, Simulasi Numerik, Comparative Cut Bar Method.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah meninggikan derajat orang-orang yang beriman dan berilmu pengetahuan, atas berkat rahmat dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS NUMERIK KINERJA ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL MATERIAL PADAT”**. Selanjutnya shalawat beserta salam semoga disampaikan Allah SWT kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan dalam setiap sikap dan tindakan sebagai seorang intelektual muslim.

Tugas akhir ini merupakan persyaratan dalam menyelesaikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Pembuatan Proposal Skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara moril maupun materil. Untuk semua itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Yolli Fernanda, S.T., M.T. Ph.D. Eng, selaku ketua Prodi S1 Teknik Mesin dan pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan.
2. Prof.Dr.Ir.Ar wizet.,S.T.,M.T, selaku dosen peninjau satu yang telah memberikan kritik dan saran.
3. Andre Kurniawan,S.T.,M.T, selaku dosen peninjau dua yang telah memberikan kritik dan saran.
4. Bapak Dr. Waskito, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan masukan.

5. Bapak Dr. Eko Indrawan, S.T., M.Pd. selaku ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta staf administrasi Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan *support* serta do'a setiap saat.
8. Rekan-rekan mahasiswa seperjuangan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat dituliskan namanya satu persatu yang telah berpartisipasi dalam proses pembuatan tugas akhir ini.

Pembuatan tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan oleh sebab itu sudilah kiranya pembaca memberikan kritikan dan saran yang membangun untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Kepada Allah SWT penulis memohon semoga apa yang telah diusahakan dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca semua, amin.

Padang, Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Konsep Dasar Perpindahan Panas.....	9
B. Konduktivitas Termal.....	17
C. Metode Pengukuran Konduktivitas Termal.....	21
D. <i>Heat Sink</i> dan <i>Heat Exchanger</i>	33
E. Analisis Numerik <i>Steady-State Thermal</i> Menggunakan ANSYS	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	44
A. Jenis Penelitian.....	44
B. Waktu dan tempat penelitian	44
C. Diagram Alir.....	45
D. Instrumen	46
E. Teknik Pengumpulan Data	55
F. Analisis Data	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	58

A. Simulasi.....	58
B. Data Eksperimen	67
BAB V PENUTUP.....	81
A. Kesimpulan	81
B. Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN.....	85
Lampiran Desain Alat Uji Konduktivitas Termal.....	85
Lampiran Detail Part Casing	86
Lampiran Detail Part Isolator	87
Lampiran Detail Part Heat Source, Meter Bar dan Spesimen	88
Lampiran Detail Part Water Block	89
Lampiran Detail Part Clamp.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Konduksi satu dimensi	11
Gambar 2. 2. konveksi	13
Gambar 2. 3. Perkembangan Boundary Layer dalam perpindahan panas konveksi	14
Gambar 2. 4. Grafik Perubahan Temperatur Terhadap Nilai k.....	20
Gambar 2. 5. Metode Absolut (Zhao et al, 2016).....	22
Gambar 2. 6 <i>Cut Bar Comparative Methode</i> (Thermtest, 2023)	23
Gambar 2. 7 Teknik <i>Radial Heat Flow</i> (Zhao et al, 2016).....	25
Gambar 2. 8 Teknik <i>Paralel Thermal Condutance</i>	26
Gambar 2. 9 Skema alat uji konduktivitas termal	28
Gambar 2. 10 <i>U- Tube Heat Exchanger</i> (Hasan, 2021)	34
Gambar 2. 11 <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> (Thomasnet.com).....	34
Gambar 2. 12 <i>Double Pipe Heat Exchanger</i> (in.pinterest.com)	34
Gambar 2. 13 <i>Plate Heat Exchanger</i> (Masink.com).....	35
Gambar 2. 14 <i>Compact Heat Exchanger</i> (Artofit.org).....	36
Gambar 2. 15 Macam-Macam Mesh 2D.....	40
Gambar 2. 16 Macam- Macam Mesh 3D.....	41
Gambar 3. 1. Skema alat uji konduktivitas	46
Gambar 3. 2. Rangkaian Sistem Kontrol	47
Gambar 3. 3. Rangkaian Heat Sink.....	47
Gambar 3. 4. Water Block.....	48
Gambar 3. 5. Tembaga	51
Gambar 3. 6. geometri alat uji pada ANSYS	53
Gambar 3. 7. Meshing Pada Geometri.....	54
Gambar 4. 1. Distribusi Temperatur Pada Spesimen Kuningan Dengan Variasi Temperatur Heat Source Berbeda (a) Temperatur 150°C, (b) Temperatur 250°C, (c) Temperatur 350°C.....	59
Gambar 4. 2. Distribusi Temperatur Pada Spesimen Besi Dengan Variasi Temperatur Heat Source Berbeda (a) Temperatur 150°C, (b) Temperatur 250°C, (c) Temperatur 350°C	62
Gambar 4. 3. Distribusi Heat Flux Dengan Variasi Temperatur Heat Source Berbeda (a) Temperatur 150°C, (b) Temperatur 250°C, (c) Temperatur 350°C	65
Gambar 4. 4. alat uji konduktivitas termal.....	67
Gambar 4. 5. Grafik perbandingan nilai k	74
Gambar 4. 6. skema termal contact resistance	76

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Spesifikasi Material Simulasi.....	53
Tabel 3. 2. Boundary Condition dan Setup	54
Tabel 3. 3. Parameter Pengujian.....	55
Tabel 3. 4. Tabel Pengumpulan Data.....	55
Tabel 4. 1. Hasil Pengukuran Temperatur.....	64
Tabel 4. 2. Data Hasil Pengujian pada Kuningan	69
Tabel 4. 3. Data Hasil Pengujian pada Besi AISI 101	70
Tabel 4. 5. Nilai k Hasil Simulasi.....	72
Tabel 4. 6. Nilai k Hasil Eksperimen	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perpindahan panas adalah energi termal yang berpindah karena adanya perbedaan temperatur spasial. Setiap kali terjadi perbedaan temperatur pada suatu medium atau di antara medium pasti ada perpindahan panas. Meskipun perpindahan termal merupakan dasar ilmu dalam teknik mesin yang banyak diterapkan dalam berbagai sistem termal, namun masih perlu penelitian mendalam mengenai karakteristik perpindahan panas baik secara eksperimental maupun numerik agar menghasilkan sistem teknik yang lebih handal dan optimal.

Konduksi, konveksi dan radiasi adalah tiga mekanisme utama dalam Perpindahan panas. Konduksi adalah energi panas berpindah dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah melalui suatu media atau perantara yang tetap. Konduksi umumnya terjadi pada zat padat, terutama benda yang memiliki kemampuan menghantarkan panas, arus listrik bahkan suara dengan baik.

Konduktivitas termal merupakan salah satu properti yang ada pada proses konduksi. Konduktivitas termal menyatakan laju perpindahan panas pada suatu material. Konduktivitas termal memiliki peran dalam berbagai aplikasi teknik untuk memahami bagaimana suatu material bereaksi atau merespon situasi tertentu. Konduktivitas termal diperlukan untuk mengklasifikasikan suatu bahan sebagai konduktor atau isolator, sehingga

memudahkan pemilihan bahan sesuai dengan nilai konduktivitas termalnya.

Kemampuan bahan teknik, baik organik maupun anorganik, dalam menghantarkan panas masih banyak yang belum teridentifikasi secara lengkap nilai konduktivitas termalnya. Material dengan konduktivitas termal tinggi digunakan untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas pada boiler, sementara material isolasi dengan konduktivitas rendah digunakan untuk meminimalkan kehilangan panas. Maka dari itu penting adanya pengembangan tentang teknik pengukuran konduktivitas termal (Thermtest, 2023).

Salah satu metode yang dipakai pada pengukuran konduktivitas termal adalah *Comparative Cut Bar Method* atau teknik batang potong komparatif yang mematuhi standar ASTM E1225. Teknik ini menggunakan dua *meter bar* dengan bentuk dan ukuran yang sama. Penggunaan dua *meter bar* bertujuan untuk memastikan bahwa aliran panas dapat berlangsung secara linier dan satu dimensi dalam kondisi tunak, sehingga gradien temperatur yang terbentuk hanya terjadi sepanjang sumbu vertikal, yang pada akhirnya mempermudah proses perhitungan dan analisis konduktivitas termal. *Heat Source* akan ditempatkan diatas dan menghantarkan panas kesampel melalui batang standar. *Heat Sink* berpendingin air dibagian bawah digunakan untuk menyerap panas berlebih dan mengontrol temperatur rata-rata. Bagian atas tumpukan diberikan gaya untuk memastikan kontak termal yang sangat baik antara

sampel uji dan batang standar (Zhao et al., 2016). Kemudian, untuk memastikan tidak ada panas yang hilang secara radial maka isolasi ditempatkan ke sekeliling sisi sampel uji.

Penelitian Rebi Okzama (2019), mengenai “ *Pembuatan Dan Pengujian Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan*” merupakan penelitian yang menggunakan dakron sebagai isolasi dalam perancangan alat uji konduktivitas termal. Selain itu penggunaan elemen pemanas dengan tegangan 110 volt tanpa *Heat Sink* menyebabkan waktu pendinginan elemen pemanas yang cukup lama sehingga membutuhkan waktu tunggu agar temperatur stabil sebelum pengujian berikutnya dapat dilakukan. Meskipun demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa alat uji konduktivitas yang dikembangkan telah berhasil beroperasi dengan baik dan mampu mengukur nilai konduktivitas termal berbagai spesimen, di mana kayu menunjukkan nilai tertinggi sebesar $4,14 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$ dibandingkan bahan lain seperti batu bata dan komposit serat.

Penggunaan *Heat Sink* untuk menstabilkan temperatur pada alat uji konduktivitas masih dalam tahap pengembangan untuk memenuhi syarat pengujian modern. Heat sink yang digunakan pada penelitian ini berupa heat exchange tipe *plate* yang disebut *water block*. *Heat Exchanger* jenis ini biasa digunakan untuk *Heat Sink* cair pada alat uji konduktivitas termal. Desain jenis ini memberikan waktu kontak yang lebih lama antara fluida dan permukaan, sehingga perpindahan panas lebih efektif (Lubis, 2022).

Berdasarkan uraian sebelumnya, penelitian ini akan difokuskan pada analisis distribusi termal dan efektivitas *Heat Sink* pada alat uji konduktivitas termal. Kajian ini menjadi penting untuk memastikan bahwa aliran panas yang terjadi dalam sistem berlangsung secara optimal dan sesuai dengan prinsip satu dimensi yang disyaratkan dalam metode *Comparative Cut Bar*. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini akan menggunakan pendekatan simulasi numerik berbasis perangkat lunak ANSYS yang didukung dengan eksperimental. Kombinasi antara pemodelan numerik dan pengujian langsung diharapkan dapat menghasilkan data yang lebih akurat dan aktual, serta memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja termal dari sistem pengujian yang dikembangkan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan di atas dapat diketahui permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini, antara lain:

1. Belum optimalnya pemanfaatan metode eksperimental dan simulasi numerik secara terpadu dalam menganalisis perpindahan panas, khususnya untuk pengembangan sistem termal yang efisien dan handal.
2. Masih banyak material teknik, baik organik maupun anorganik, yang belum teridentifikasi nilai konduktivitas termalnya secara akurat dan lengkap.

3. Belum terdapat kajian mendalam mengenai distribusi termal rata-rata dan efektivitas heat sink pada alat uji konduktivitas termal dengan metode *Comparative Cut Bar*, sehingga diperlukan penelitian untuk mengidentifikasi dan menganalisis kedua aspek tersebut secara sistematis untuk memastikan pengukuran konduktivitas yang valid tanpa kehilangan panas secara radial.
4. Penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan, seperti tidak digunakannya *Heat Sink* dan pemilihan isolasi termal yang kurang efektif, yang menyebabkan waktu pendinginan lama dan ketidakstabilan temperatur selama pengujian.
5. Masih dibutuhkan studi komprehensif mengenai desain *Heat Sink* yang optimal, khususnya untuk penggunaan *Heat Exchanger* dalam sistem uji konduktivitas termal agar perpindahan panas menjadi lebih efektif.
6. Belum dilakukan pendekatan gabungan secara menyeluruh antara eksperimen dan simulasi numerik berbasis ANSYS dalam menganalisis distribusi panas, efektivitas *Heat Sink*, dan peran isolasi pada alat uji konduktivitas termal

C. Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan penelitian dalam latar belakang, maka penulis memberi batasan-batasan agar masalah yang dibahas tidak melebar sehingga tujuan dapat tercapai, antara lain:

1. Analisis hanya dilakukan pada distribusi termal dan efektivitas *heat sink* yang digunakan pada alat uji konduktivitas termal metode *Comparative Cut Bar*. Aspek lain seperti variasi desain *heat sink* atau jenis pendingin di luar spesifikasi ini tidak dibahas.
2. Perbandingan hasil difokuskan antara simulasi numerik menggunakan ANSYS (*Steady-State Thermal Analysis*) dan pengujian eksperimen dengan konfigurasi alat dan material sampel yang sama.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan isi latar belakang, penulis menetapkan beberapa rumusan masalah yang akan menjadi fokus dalam penelitian, antara lain:

1. Bagaimana distribusi termal terhadap efektivitas penggunaan *Heat Sink* pada alat uji konduktivitas termal metode *Comparative Cut Bar*?
2. Bagaimana perbandingan hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS dengan hasil pengujian eksperimen dalam menganalisis perpindahan panas alat uji konduktivitas termal metode *Comparative Cut Bar*?

E. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka penulis menetapkan tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis pengaruh distribusi termal terhadap efektivitas *heat sink* pada alat uji konduktivitas termal metode *Comparative Cut Bar*.
2. Membandingkan hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS dan hasil eksperimen untuk memperoleh data yang lebih akurat dan aktual dalam menganalisis kinerja alat uji konduktivitas termal.

F. Manfaat Penelitian

Untuk manfaat yang penulis harapkan dari penelitian ini, antara lain:

1. Internal
 - a. Menambah wawasan dan pemahaman mahasiswa serta sivitas akademika mengenai fenomena perpindahan panas, khususnya konduktivitas termal dan teknik pengukurannya.
 - b. Menjadi acuan dalam kegiatan praktikum atau penelitian lanjutan di lingkungan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, khususnya terkait metode pengukuran konduktivitas termal metode *Comparative Cut Bar*.
2. Eksternal
 - a. Menyediakan referensi dan dasar pengembangan alat uji konduktivitas termal yang lebih akurat dan efisien untuk berbagai aplikasi teknik dan industri, terutama pada pengujian material padat.

- b. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode numerik dalam analisis pengukuran konduktivitas termal, yang dapat diterapkan oleh peneliti, praktisi, maupun industri dalam pemilihan dan evaluasi material.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji alat uji konduktivitas termal metode *Comparative Cut Bar* dengan memanfaatkan pendekatan gabungan antara simulasi numerik dan pengujian eksperimental. Berdasarkan hasil simulasi dan eksperimen, diperoleh bahwa distribusi temperatur pada spesimen menunjukkan pola penurunan yang linier dari sisi pemanas ke sisi pendingin, menandakan bahwa perpindahan panas berlangsung secara konduksi satu dimensi dalam kondisi tunak. Perbandingan antara hasil simulasi dan eksperimen menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik dengan selisih kesalahan di bawah 5%, sehingga model numerik yang digunakan dapat dianggap valid. Selain itu, hasil perhitungan efektivitas *heat sink* sebesar 66% membuktikan bahwa sistem pendingin berfungsi cukup efektif dalam menjaga kestabilan termal alat. Meskipun masih terdapat kehilangan panas yang dapat diminimalkan, hasil ini menunjukkan bahwa rancangan alat telah bekerja sesuai prinsip dasar perpindahan panas dan mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan sistem pengujian konduktivitas termal yang lebih efisien dan akurat di masa mendatang.

B. Saran

1. Disarankan untuk memperbaiki rancangan *heat sink* dengan memperluas luas permukaan perpindahan panas, meningkatkan laju aliran fluida pendingin, serta memperhatikan penggunaan bahan dengan konduktivitas termal tinggi agar efektivitas pendinginan dapat ditingkatkan melebihi 66%.
2. Diperlukan peningkatan kualitas kontak antar permukaan pada sambungan antara *meter bar* dan spesimen, misalnya dengan penggunaan pasta termal atau penekanan mekanis yang lebih seragam, untuk mengurangi resistansi kontak termal dan meningkatkan akurasi hasil pengujian.
3. Alat uji perlu dikalibrasi secara periodik menggunakan material standar dengan konduktivitas termal yang sudah diketahui. Hal ini bertujuan memastikan hasil pengukuran tetap akurat dan konsisten dari waktu ke waktu.
4. Penelitian selanjutnya dapat memperluas pengujian terhadap berbagai jenis material logam dan non-logam, serta memvariasikan temperatur sumber panas dan tekanan kontak untuk mendapatkan karakteristik konduktivitas termal yang lebih komprehensif.
5. Simulasi dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan pengaruh konveksi dan radiasi serta kondisi batas yang lebih realistis agar hasil perhitungan numerik semakin mendekati kondisi eksperimen sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2007). Fundamentals of heat and mass transfer (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2017). Fundamentals of heat and mass transfer (8th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Okzama, R. (2019). Pembuatan dan pengujian alat uji konduktivitas termal bahan. Ranah Research.
- Haryani, S. (2022). Perpindahan kalor. CV. Media Sains Indonesia.
- Zhao, D., Qian, X., Gu, X., & Jajja, S. (2016). Measurement techniques for thermal conductivity and interfacial thermal conductance of bulk and thin film materials. *Journal of Electronic Packaging, Transactions of the ASME*. <https://doi.org/10.1115/1.4034858>
- Thermtest. (n.d.). *Guarded Comparative Longitudinal Heat Flow Technique – ASTM E1225*. Retrieved June 15, 2025, from <https://thermtest.com/guarded-comparative-longitudinal-heat-flow-technique-astm-e1225?utm>
- Ansys Innovation Space. (n.d.). *Simulation tools and learning resources*. Retrieved June 15, 2025, from <https://innovationspace.ansys.com/>
- ASTM International. (2013). *ASTM E1225-13: Standard Test Method for Thermal Conductivity of Solids Using the Guarded Comparative-Longitudinal Heat Flow Technique*. West Conshohocken, PA: ASTM International.

Çengel, Y. A. (2003). *Heat and Mass Transfer: A Practical Approach* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

Alemam, A., Yehya, S. A., Omer, A. S., Hamza, A., Saeed, M., & Berrouk, A. S. (2022). Performance Comparison of Mini-Rectangular Fin Heat Sinks Using Different Coolants: Supercritical CO₂, Water and Al₂O₃/H₂O Nanofluid. *Energies*, 15(22), 8734. <https://doi.org/10.3390/en15228734>

Hasan, M. I., & Muter, D. M. (2019). Study the Micro Heat Sink with Pin Fins and Different Coolants: A Comparative Study. *International Journal of Engineering and Technology*, 8(4), 301–308.

Iqrar, S. A., et al. (2023). Cooling Performance of an Active-Passive Hybrid Composite Phase Change Material (HcPCM) Finned Heat Sink: Constant Operating Mode. *Applied Thermal Engineering*, 229, 120640.

Lubis, L. S. (2022). *Desain heat exchanger tipe shell and tube dengan pemanfaatan waste heat recovery untuk menjaga higienitas sistem domestik puskesmas terapung 65 GT* [Skripsi Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Repository. <https://repository.its.ac.id>

Nuszkowski, J., Trosclair, D., Taylor, C., & Stagon, S. (2025). Thermal Performance of Hollow Fluid-Filled Heat Sinks. *Energies*, 18(7), 1564.