

**LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN INTERNAL**

**Program Penelitian Madya**



**JUDUL**

Analisis Model Counter Flow Terhadap Performance Energi Dan Exergy Sistim Secundery FCU  
Mesin Pendingin Mini Water Chiller Yang Ekonomis.

**TIM PENGUSUL**

**Ketua:**

Ir.Suryadimal, ST. MT. IPM (NIDN:1029067002)

**Anggota:**

Ir.Rizky Arman, ST., MT. (NIDN:1026057402)  
Yeasy Darmayanti, SE. MSi. PhD. (NIDN: 1008017603)  
Aldo Nasvi Pratama (NPM 2010017211022)

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**Juli, 2025**

**LEMBAR PENGESAHAN USULAN PENELITIAN**

1	Judul Proposal Penelitian	Analisis Mode) Counter Flow Terhadap Performance Energi Dan Exergy Sistim Seconders ICU Mesin PENDING Mini Water Chiller Yung Ekonotnis .	
		<b>1 DENT IT AS PENELITI</b>	
	Ketua Peteliliti		
	Nama Penditi (Pen(iustil)	Ir.Survadimal.ST-MTIPM	
	Jabatan/Golnngwi NPPMDN	Lektor Kcpaln 1020067002	
	Bidang Keahliiin	Tcknik Mcsin	
3	Unit/Fakiiitfls/Jurusatt	Fakultas	Junisan/Pntgram Studi
	Alanial Rumah	Knmplek Ccmarrf II 1 12.1 ,Gn Pangilun Padanji	
	No. Telp/Kaks'Email Pencilti		Email:
	Anggota Pencilti	AnggoLa 1	Anjtgota 2
	Nama Peneiiti (Pengusul)	Ir.RLzky AmiarhST.MI	Yeasy DarmayBnii.SE.MSi. PhD
4	Jahatuu'Guiongan NPPMDN	Lektor 1026057402	Lektor Kepala 1008017603
	DKILIHIL Keahliiin	Konversri Enerjy	Akunisnsl
	Lrti t- FaJi Lilian Jurusan	i'cknih Mesin	Ekonnim Dan Bisnis
5	l okasi Penciltian	Labwaioriutn Preslasi Mesin dan Benkel AC	
6	Wuktu Pdaksanaan	12 hulan	
	Dana yaiiR Diusulkan	Rp,9,8f>5.0<Kl,-	
7	Tcrbilung	Sembian Join Delupan Ralus Rihu Fnum Pulnh Lima Ribu Riipioh	
8	Spesitikiisi outcome penelitian	Mcsin PENDING Mint Water Cbilicr International Conference dan Publikasi terinJeks scopous	

Padang, 14 Lehman 2025

Mengctahui

Dekan Fakultas Teknologi Industri



(Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, ST, MT)  
NIDN.1012097403



Pengusul.



(Ir. Suryadimal, MT, IPM)  
NIDN.1029067002

## I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, isu pemanasan global (global warming) telah menjadi permasalahan lingkungan berskala global yang serius. Meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ) telah menyebabkan kerusakan pada lapisan ozon, sehingga permukaan bumi semakin terekspos oleh radiasi sinar ultraviolet. Akibatnya, terjadi peningkatan suhu global rata-rata, yang berdampak pada perubahan iklim, mencairnya es di kutub, kenaikan permukaan laut, serta peningkatan suhu udara di permukaan bumi [1]

Dampak dari perubahan iklim ini juga memengaruhi kenyamanan manusia dalam kehidupan sehari-hari, terutama pada aktivitas dalam ruang tertutup di wilayah tropis seperti Indonesia. Suhu udara yang semakin tinggi menyebabkan kebutuhan akan sistem pendingin ruangan semakin meningkat. Sistem pendingin seperti Air Conditioner (AC) dan Water Chiller menjadi solusi utama untuk menciptakan kenyamanan termal. Namun, penggunaan AC konvensional seringkali memiliki konsumsi energi yang tinggi, sehingga berdampak pada biaya operasional dan emisi karbon [2]

Salah satu alternatif yang efisien untuk skala kecil menengah adalah penggunaan sistem pendingin berbasis mini Water Chiller. Sistem ini memiliki keunggulan dalam hal efisiensi perpindahan panas, fleksibilitas aplikasi, dan kemudahan pengendalian temperatur. Dalam penelitian sebelumnya, sistem mini Water Chiller menunjukkan performa pendinginan yang baik, namun masih ditemukan beberapa kendala dalam mencapai efisiensi termal maksimum akibat pengaruh lingkungan sekitar serta ketidaksempurnaan dalam sistem [3].

Sistem pendingin bekerja dengan cara mengambil kalor dari suatu ruang atau benda untuk menurunkan suhunya, lalu melepaskan kalor tersebut ke lingkungan. Proses ini tidak sepenuhnya efisien karena adanya entropi dan ketidakseimbangan suhu antara sumber dan buangan kalor. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis energi dan exergi guna mengevaluasi efisiensi aktual sistem dan mengetahui sumber-sumber kehilangan yang terjadi [4].

Energi merupakan besaran konservatif yang tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, namun hanya dapat diubah bentuknya [5]. Sementara itu, exergi adalah bagian dari energi yang dapat dikonversikan menjadi kerja mekanik atau kerja berguna lainnya. Exergi bersifat destruktif; dapat hilang akibat proses ireversibel seperti gesekan, perpindahan panas tak ideal, ekspansi non-isentropik, dan resistansi aliran [6].

Untuk memahami sejauh mana potensi energi dalam sistem pendingin dikonversi menjadi kerja, digunakan metode analisis exergi. Analisis ini tidak hanya menghitung total energi, tetapi juga mengidentifikasi efisiensi termodinamika sebenarnya, serta lokasi dan jumlah exergy destruction atau kerugian dalam sistem [7]. Pendekatan analisis exergi mampu

meningkatkan desain sistem pendingin melalui identifikasi titik-titik kritis kerugian energi dan penyempurnaan proses operasional [8].

Dalam konteks mini Water Chiller, analisis model exergi sangat penting untuk memetakan parameter-parameter kritikal seperti temperatur, tekanan, laju aliran massa refrigeran, serta pengaruh kondisi lingkungan. Keadaan lingkungan sekitar yang tidak ideal akan berpengaruh terhadap nilai exergi input dan output, serta menentukan dead state sistem, yaitu kondisi di mana tidak ada lagi kerja yang dapat dihasilkan dari sistem terhadap lingkungan.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis sistem pendingin mini Water Chiller secara menyeluruh menggunakan pendekatan energi dan exergi. Penelitian ini tidak hanya bertujuan mengetahui besarnya kerja yang dapat dihasilkan secara optimal, tetapi juga mengevaluasi efisiensi dan daya guna sistem melalui identifikasi irreversibilitas.

## **II. KEMAJUAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

Penelitian yang berjudul "Analisis Model Counter Flow Terhadap Performance Energi Dan Exergy Sistik Secondary FCU Mesin Pendingin Mini Water Chiller Yang Ekonomis." telah mengalami perkembangan signifikan dari tahap perencanaan hingga tahap pelaksanaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa termodinamika dari sistem pendingin mini Water Chiller dengan pendekatan energi dan exergi, guna memperoleh efisiensi optimum dan memetakan titik-titik irreversibilitas dalam system yang ekonomis.

### **2.1. Studi Literatur dan Landasan Teori**

Tahap awal penelitian difokuskan pada studi literatur yang mendalam mengenai: Prinsip dasar sistem refrigerasi siklus kompresi uap; Kinerja sistem pendingin berbasis water chiller skala kecil; Hukum Termodinamika I dan II; Teori energi, exergi, efisiensi exergi, dan perhitungan exergy destruction. Studi-studi terdahulu tentang sistem pendinginan dan analisis exergi (Belman-Flores et al., 2017; Dincer & Rosen, 2013; Sun et al., 2019). Dokumentasi referensi yang relevan telah dikumpulkan dan dianalisis sebagai dasar dalam merancang metodologi dan perhitungan.

Studi literatur dalam penelitian ini akan berfokus pada pengumpulan dan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Tujuannya adalah untuk membangun kerangka teoretis, mengidentifikasi metode yang sudah ada, dan menemukan celah pengetahuan yang akan diisi oleh penelitian ini. Literatur yang dikaji mencakup:

- **Sistem Pendingin Water Chiller:** Mempelajari prinsip dasar, komponen utama (kompresor, kondensor, evaporator), dan siklus refrigerasi yang digunakan.

- **Fan Coil Unit (FCU):** Mengkaji desain, fungsi, dan jenis-jenis FCU, khususnya yang digunakan sebagai *secondary system* dalam sistem pendingin air.
- **Model Aliran *Counter Flow*:** Menganalisis model perpindahan panas di mana fluida panas dan dingin mengalir berlawanan arah. Model ini dikenal memiliki efisiensi pertukaran panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan *parallel flow*.
- **Analisis Termodinamika:** Mengumpulkan data tentang penerapan Hukum Termodinamika Pertama (analisis energi) dan Hukum Termodinamika Kedua (analisis eksergi) pada sistem pendingin.

Landasan teori akan menjadi fondasi konseptual penelitian, menjelaskan prinsip-prinsip ilmiah yang relevan.

- **Hukum Termodinamika Pertama (Analisis Energi):** Prinsip konservasi energi. Analisis ini akan menghitung input dan output energi pada setiap komponen sistem FCU, termasuk energi listrik untuk kipas dan pompa, serta energi termal yang ditransfer.
  - Rumus:  $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$  (Panas yang dipindahkan)
- **Hukum Termodinamika Kedua (Analisis Eksergi):** Prinsip yang berfokus pada kualitas energi dan kehilangan energi tak terhindarkan (entropi). Analisis ini akan mengidentifikasi sumber-sumber inefisiensi atau "kerusakan eksergi" dalam sistem, seperti pada pompa atau *heat exchanger*.
  - Rumus:  $Ex_{dest} = T_0 \cdot S_{gen}$  (Eksergi yang dihancurkan), di mana  $S_{gen}$  adalah entropi yang dihasilkan.
- **Perpindahan Panas Konveksi:** Menjelaskan bagaimana panas berpindah antara fluida (air dingin) dan udara di dalam koil FCU.
- **Psikrometri:** Ilmu yang mempelajari properti campuran udara-uap air. Ini penting untuk menganalisis kondisi udara masuk dan keluar dari FCU.

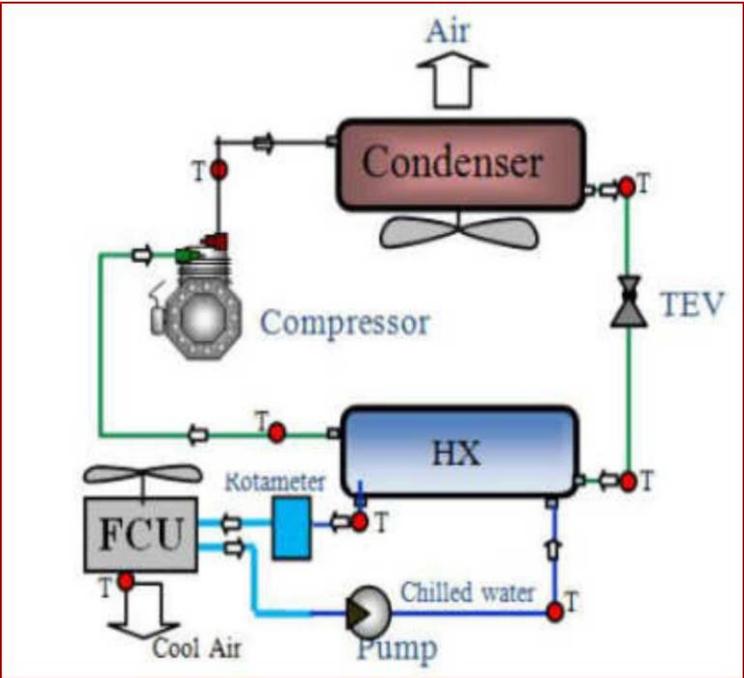
## 2.2. Desain dan Spesifikasi Sistem Uji

Pada tahap berikutnya, peneliti telah menyusun rancangan sistem uji mini Water Chiller, mencakup: Pemilihan komponen utama (kompresor, evaporator, kondensor, pipa kapiler, dan pompa sirkulasi air); Penentuan jenis refrigeran R-32/R402 berdasarkan ketersediaan dan sifat termodinamika; Penyusunan skema diagram alir sistem pendingin (process flow diagram); Penyiapan dan kalibrasi alat ukur temperatur, tekanan, dan laju aliran massa

refrigeran serta air pendingin. Sebagian besar komponen sistem telah terpasang dan dilakukan uji coba awal (preliminary test) untuk memastikan sistem berjalan stabil.



Gb.1 Alat uji



Gb2.Skema sistem

### 2.3 Pengambilan Data

Saat ini, proses pengambilan data eksperimental sedang berlangsung. Beberapa parameter penting yang diukur meliputi:

- Temperatur dan tekanan di titik-titik utama (kompresor masuk-keluar, kondensor, evaporator);
- Laju aliran massa refrigeran (melalui flowmeter dan metode energi);
- Laju aliran dan temperatur air pendingin (chilled water);
- Konsumsi daya listrik sistem.

Pengambilan data dilakukan pada beberapa variasi kondisi lingkungan dan beban termal untuk melihat pengaruhnya terhadap performa energi dan exergi.

### 4. Perhitungan dan Analisis Awal

Berdasarkan data awal yang telah dikumpulkan, peneliti telah mulai melakukan: Perhitungan entalpi dan entropi dengan bantuan software termodinamika menggunakan REFPROP , Analisis energi pada tiap komponen sistem; Estimasi awal nilai exergy input, exergy output, serta exergy destruction dan efisiensi exergi pada masing-masing komponen. Hasil sementara menunjukkan bahwa sebagian besar irreversibilitas terjadi pada kompresor dan kondensor, sesuai dengan temuan beberapa penelitian terdahulu.

Analisis data akan dilakukan secara kuantitatif berdasarkan data simulasi atau data eksperimental dari sistem. Data yang dikumpulkan akan mencakup:

- **Data Kinerja Termal:** Temperatur (masuk dan keluar) dari air dan udara, laju aliran massa fluida.
- **Data Kinerja Energi:** Konsumsi daya listrik oleh pompa dan kipas.

Analisis data akan mencakup:

1. **Analisis Performa Energi:** Menghitung **koefisien performa (COP)** dari sistem FCU. COP dihitung dengan membandingkan efek pendinginan yang dihasilkan (energi yang diserap dari udara) dengan energi listrik yang dikonsumsi (kipas dan pompa).
2. **Analisis Performa Eksergi:** Menghitung **efisiensi eksergi** dan mengidentifikasi **kerusakan eksergi** pada setiap komponen. Analisis ini akan menunjukkan komponen mana yang paling tidak efisien dan di mana perbaikan paling signifikan dapat dilakukan.

3. **Analisis Komparatif:** Membandingkan hasil dari model aliran *counter flow* dengan model aliran lain (misalnya, *parallel flow*) untuk membuktikan superioritas model *counter flow* dalam hal efisiensi energi dan eksergi.

Analisis ini akan memberikan pemahaman mendalam tentang kinerja termal dan efisiensi sistem pendingin, serta memberikan dasar ilmiah untuk perancangan sistem yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.



#### **IV. STATUS LUARAN**

Luaran dari penelitian ini adalah artikel yang akan dipublikasi pada jurnal nasional terakreditasi Sinta 2 yaitu Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Mesin. Serta saat ini Tim masih dalam tahap proses penulisan draf artikel.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch>
- [2]. Saidur, R., Masjuki, H. H., & Jamaluddin, M. Y. (2010). "Energy and Exergy Analysis of Air Conditioners in Building Applications". *Energy and Buildings*, 42(8), 1135-1142.
- [3]. Gunarto, W., Wibowo, A., & Suryadi, T. (2021). "Evaluasi Kinerja Sistem Pendingin Mini Chiller pada Lingkungan Tropis". *Jurnal Teknik Mesin Nusantara*, 9(2), 97-106.
- [4]. Sun, Z., Zhang, Y., & Yang, H. (2019). "Energy and Exergy Analysis of a Novel Compact Refrigeration Cycle". *International Journal of Refrigeration*, 104, 129-139.
- [5]. Azhar, M. (2019). *Termodinamika Teknik*. Yogyakarta: Deepublish.
- [6]. Bejan, A., Tsatsaronis, G., & Moran, M. (1996). *Thermal Design and Optimization*. New York: Wiley-Interscience.
- [7]. Dincer, I., & Rosen, M. A. (2013). *Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development* (2nd ed.). Elsevier.
- [8]. Belman-Flores, J. M., Barrios-Perez, A., Mital, D., & Camacho-Vazquez, G. (2017). "Recent Advances of Exergy Analysis in Refrigeration and Air Conditioning Systems". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 952-960.

## VI. SPTB

Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja 70% disajikan dibawah ini:

### SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA 70%

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Suryadimal

NIDN : 1029067002

Prodi : Teknik Mesin

Alamat : Komplek Cemara 2 EE 2 No. 1 Gunung Pangilun Padang

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Nomor 1900/SK-1/KP-LPPM/III-2025 tentang Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Hibah Internal Universitas Bung Hatta Tahun 2025 dan Perjanjian/ Kontrak Nomor 50/LPPM-Penelitian/Hatta/IV-2025 mendapatkan Anggaran Penelitian: "Analisis Model Counter Flow Terhadap Performance Energi Dan Exergy Sistim Secondary FCU Mesin Pendingin Mini Water Chiller Yang Ekonomis." Sebesar Rp.10.000.000,- (Sepuluh Juta Rupiah).