

UJI KINERJA *MOVABLE THERMOSTATIC BATH* SEBAGAI ALAT KALIBRASI TERMOKOPEL

Gian Nurdianto¹⁾, Mamat Rahmat²⁾, Nurrohman³⁾

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor
e-mail: giannurdianto@gmail.com

²Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor
e-mail: rahmat32@gmail.com

³Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor
nurrohman14@gmail.com

ABSTRAK

Kalibrasi termokopel bertujuan agar termokopel memiliki spesifikasi yang sesuai dengan standar nasional maupun *international ISO/IEC 17025*. Manfaat dari kalibrasi adalah menjaga kondisi instrumen ukur dan bahan ukur agar tetap sesuai dengan spesifikasinya. Berdasarkan hal tersebut dilakukan desain dan pembuatan *thermostatic bath* untuk kalibrasi termokopel, dengan menggunakan *thermoelectric cooler* (TEC) sebagai media pendingin fluida. Kemampuan *thermostatic bath* untuk kalibrasi termokopel dengan menggunakan TEC sebagai media pendingin fluida dan untuk mengetahui kinerja TEC. Melakukan *set-up* variasi temperatur uji di temperatur 25°C, 20°C, 15°C, 10°C, dan temperatur paling rendah (diperoleh 6°C). Setelah mencapai nilai *set-up* temperatur, kemudian dilakukan *setting* selama 3600 detik. Panas yang dihasilkan dari TEC diserap fluida melalui *water block* kemudian fluida dipompa menuju radiator untuk membuang panas ke lingkungan. Kipas radiator digunakan untuk mempercepat pelepasan panas pada sirip-sirip radiator ke udara sehingga pelepasan dari system ke lingkungan berjalan lebih cepat. Termostat W1209 digunakan untuk mengatur *set-up* temperatur dan *data logger* sebagai pendeteksi perubahan temperatur. Hasil pengujian *thermostatic bath*, TEC pada tegangan 12V, 10A mampu menurunkan temperatur air kapasitas 1,9 liter, dari temperatur awal 26,2°C hingga 6°C membutuhkan waktu selama 11 jam 37 menit (41855 detik).

Kata kunci : Kalibrasi Termokopel, Kipas Radiator, *Thermostatic Bath*, *Thermoelectric Cooler*, *Water Block*.

ABSTRACT

Thermocouple calibration aim to have thermocouple's specifications that comply with national or international ISO / IEC 17025 standards, to comply with thermocouple specifications. The benefit of calibration is to maintain the condition of the measuring instruments and measuring materials to keep them under the specifications. Based on this, the design and manufacture of thermostatic baths for thermocouple calibration are carried out, using a thermoelectric cooler (TEC) as a fluid cooling medium. The ability of the thermostatic bath for thermocouple calibration using TEC as a fluid cooling medium and to determine the performance of TEC. Setup test temperature variations at 25 ° C, 20 ° C, 15 ° C, 10 ° C, and the lowest temperature (obtained 6 ° C). After reaching the temperature setup value, then do the settings for 3600 seconds. The heat generated from TEC is absorbed by the fluid through the water block and then the fluid is pumped into the radiator to dissipate heat into the environment. The radiator fan is used to accelerate the release of heat in the radiator fins into the air so that the release from the system to the environment runs faster. W1209 thermostat is used to adjust the temperature and datalogger setup as a temperature change detector. Thermostatic bath test results, TEC at 12V voltage, 10A can reduce water temperature capacity of 1.9 liters, from an initial temperature of 26.2 ° C to 6 ° C takes 11 hours 37 minutes (41855 seconds).

Keywords : Radiator Fan, *Thermostatic Bath*, *Thermocouple Calibration*, *Thermoelectric Cooler*, *Water Block*.

1. PENDAHULUAN

Kalibrasi termokopel yaitu melakukan pengukuran termokopel sesuai dengan standar nasional maupun *international ISO/IEC 17025* (SI, 2015) agar sesuai dengan spesifikasi termokopel. Manfaat dari kalibrasi adalah menjaga kondisi instrumen ukur dan bahan ukur agar tetap sesuai dengan spesifikasinya. Itulah sebabnya mengapa kalibrasi pada peralatan instrumentasi seperti termokopel sangat penting untuk dilaksanakan (Siregar, 2009).

TEC adalah sebuah komponen yang mengaplikasikan efek peltier. TEC merupakan sebuah komponen yang tergolong komponen *thermoelectric*, yang ketika terjadi perbedaan temperatur diantara dua sisi maka komponen ini mengubah besaran tegangan listrik, dan begitu pula sebaliknya, ketika suatu tegangan listrik diberikan kepada komponen ini, maka komponen tersebut dapat mengubahnya menjadi dua temperatur yang berbeda (Sundayani et al., 2017). Dalam aplikasinya TEC dilengkapi dengan water blok. water block harus dibuat menggunakan bahan atau material yang memiliki nilai konduktifitas yang tinggi, untuk memudahkan proses perpindahan kalor (Azimi et al., 2016).v mekanisme perpindahan panas dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu: konduksi, konveksi, dan radiasi (Royani, 2014)

Mengacu pada penelitian Andriyani et al. (2014) yang melakukan kalibrasi dengan menggunakan *Natinal Instrument-Data Acquisition* (NI-DAQ). NI-DAQ adalah sebuah alat perekam yang yang dapat menghasilkan 1 data per detik. Di dalam menghasilkan data-data secara maksimal pada termokopel diperlukan pengkalibrasian secara berkala yang akan mempengaruhi hasil nilai ukur. Termokopel yang sudah dikalibrasi selanjutnya ditransfer standar dan sebagai referensi untuk melakukan pengkalibrasian pada termometer. Langkah kerja pada kalibrasi termokopel mempersiapkan termokopel dan *National Instrument* (NI). Kalibrasi yang sudah disambung dan dipasang *head* dimasukkan ke dalam air panas bersamaan termometer, selanjutnya dimasukkan es hingga air dingin kemudian untuk sistem perekaman data menggunakan NI-DAQ. Dari hasil kalibrasi perbandingan selisih rata-rata yaitu +1,79% dan hasil kalibrasi error +5,55%.

Berdasarkan hal tersebut dilakukan pengkajian dan penerapan TEC sebagai media pendingin untuk kalibrasi termokopel. Sesuai dengan uraian di atas, penulis selaku penyusun mengangkat judul tugas

akhir “Desain dan Pembuatan *Thermostatic Bath*”. *Thermostatic bath* (Ruh et al., 1945; Wood, 1967) adalah sebuah alat yang digunakan untuk menjaga dan mengontrol temperatur fluida agar tetap konstan pada temperatur yang telah ditentukan, akan tetapi fluida di dalam box penampung fluida harus diaduk atau disirkulasikan untuk memastikan keseragaman temperatur fluida agar dapat digunakan untuk mengkalibrasi termokopel. *Thermostatic bath* dengan menggunakan TEC memiliki kelebihan praktis, karena bentuknya yang kecil, instalasinya mudah, dan dapat diterapkan pada perangkat-perangkat pendingin portabel misalnya pada *thermostatic bath*.

Thermostatic bath, box berisi fluida menggunakan TEC sebagai media pendingin dengan menggunakan arus DC yang dihasilkan dari *power supply*, maka TEC akan menghasilkan sisi panas dan sisi dingin. Pada sisi panas dan sisi dingin ditempelkan *water block* yang berfungsi sebagai penyerap panas dan mengalirkan fluida panas menuju radiator dan fluida dingin menuju box dengan cara dipompa, sehingga fluida bersirkulasi sesuai pada salurannya.

Thermostatic bath juga dilengkapi dengan termostat W2019 digital yang berfungsi untuk mengetahui nilai temperatur dan sebagai temperatur kontrol, dengan mode ON/OFF secara otomatis. Maka dari itu harus diperhitungkan kapasitas volume fluida yang sesuai dengan daya pada TEC, agar desain dan pembuatan *thermostatic bath* memenuhi persyaratan temperatur yang sesuai dengan temperatur yang diinginkan supaya tetap konstan dan stabil pada saat kalibrasi termokopel, kemudian merekam data temperatur dengan menggunakan datalogger.

Material alat yang digunakan yang digunakan perlu dipertimbangkan dengan lingkungan sekitar. Material

Penelitian ini bertujuan menghasilkan alat *thermostatic bath* yang bersifat *moveble* untuk kalibrasi termokopel. Memperoleh karakteristik perubahan nilai rata-rata temperatur fluida didalam box berdasarkan nilai *set up* temperatur termostat serta memperoleh karakteristik temperatur ΔT_{max} terhadap perubahan temperatur berdasarkan variasi nilai *set up* temperatur pada termostat.

2. METODE PENELITIAN

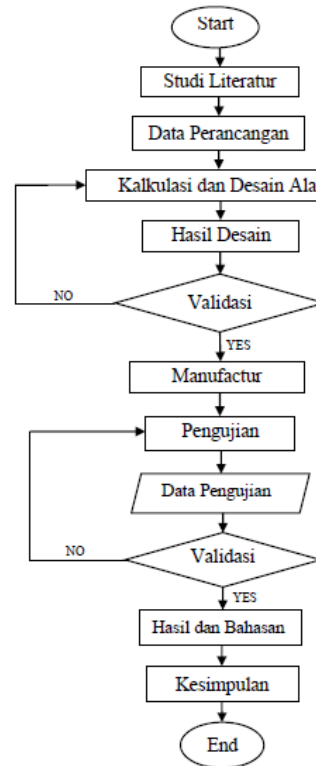
Penelitian ini dilakukan dengan mendesain alat *thermostatic bath* menggunakan software Solidworks. Selanjutnya merancang *thermostatic bath* di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibnu Khaldun Bogor. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan Desain *thermostatic bath* diperlihatkan pada Gambar 2.

2.1 Peralatan dan Bahan

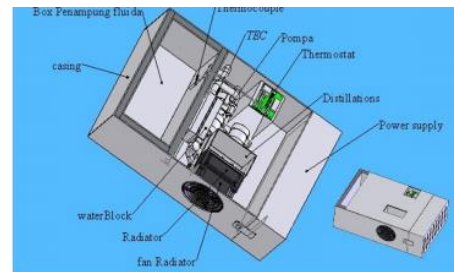
Peralatan yang digunakan pada penelitian ini untuk pengujian kinerja *thermostatic bath*. Peralatan pengujian tersebut antara lain: (1) termokopel, (2) datalogger. Bahan yang digunakan dalam merancang adalah (1) box penampung air, (2) *water block*, (3) TEC, (4) pompa, (5) radiator, (6) *power supply* (7) *casing*.

2.2 Metode Pengujian

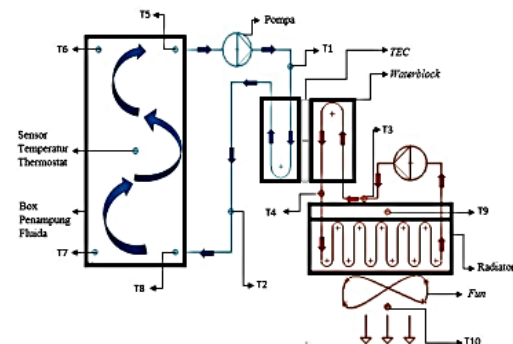
Pengujian *thermostatic bath* dilakukan dengan pemasangan termokopel pada pipa kuning (mendeteksi temperatur sirkulasi fluida di dalam selang atau pipa plastik), sebelum dan sesudah saluran T_{in} dan T_{out} *water block*. Pemasangan termokopel di saluran T_{in} dan T_{out} *water block* pada temperatur panas dan dingin, termokopel juga dipasang pada beberapa titik di box penampung fluida dan di saluran T_{in} dan T_{out} radiator. Selanjutnya, data logger dihidupkan dan perekam dimulai (per detik) (Gambar 3).



Gambar 1. Bagan alir penelitian



Gambar 2. Desain *thermostatic bath*



Gambar 3. Setup pengujian *thermostatic bath*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran *Thermostatic Bath*

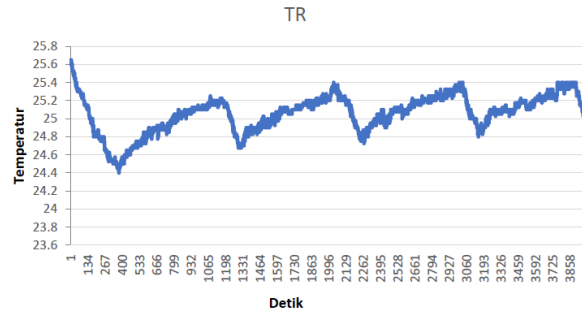
Eksperimen dilakukan untuk mengetahui perubahan temperatur sistem sirkulasi *thermostatic bath*, pada temperatur awal, hingga temperatur *setting/setup* termostat. Bila telah mencapai temperatur *setting* termostat, maka perekaman data dilakukan selama 60 menit (3600 detik), waktu pengambilan data pada siang hari dan malam hari. Pengambilan data dilakukan dengan bervariasi nilai *setup* temperatur termostat yaitu di temperatur 25°C, 20°C, 15°C, 10°C dan temperatur paling rendah. Selama pengambilan data jumlah air di dalam *box* penampung air harus sama, agar perubahan temperatur saat pengambilan data tidak mengalami perubahan. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah air maka semakin lama pula penurunan temperatur air, karena keterbatasan dari TEC serta pengaruh dari temperatur lingkungan. Faktor cuaca saat pengambilan data diabaikan mengingat analisis yang dilakukan berdasarkan perbedaan temperatur air *inlet*, temperatur air *outlet*, dan temperatur air di dalam *box* penampung fluida yang tertutup. Eksperimen dengan bervariasi temperatur dilakukan dengan kondisi yang diusahakan sama pada setiap eksperimen. Kemudian hasil eksperimen pengukuran temperatur disajikan melalui gambar kurva perubahan temperatur yang terbaca oleh termokopel terhadap waktu penurunan temperatur / pendinginan.

3.1.1 Hasil Pengukuran Temperatur 25°C

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata data penurunan temperatur didalam box

$$TR = \frac{T5 + T6 + T7 + T8}{4}$$

hasil eksperimen terhadap waktu per detik pada setiap termokopel ditunjukkan dalam bentuk kurva pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva nilai rata-rata temperatur 25°C terhadap waktu

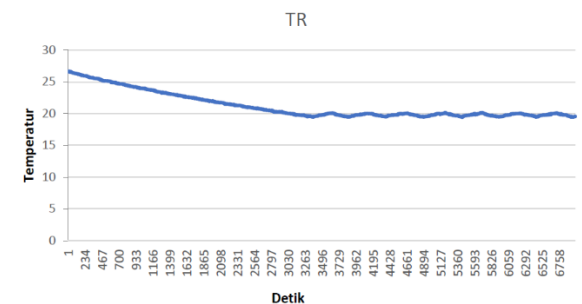
Tabel 1. Nilai rata-rata perubahan temperatur pada setup 25°C

Temperatur Setting			Temperatur Settle (3600 det)		
Temp. Awal	Temp. Setting	Waktu (det)	naik	turun	naik
25.9	25	173	25.2	24.6	25.4

Pada pengambilan data di *setup* temperatur 25 °C mengalami penurunan temperatur dengan cepat yaitu dari temperatur 25,9°C hingga 25 °C hanya membutuhkan waktu 173 detik. Hal tersebut dipengaruhi oleh jarak dari temperatur awal ke temperatur *setting* hanya 0,9°C dan air yang bersirkulasi pada *thermostatic bath* masih pada temperatur normal. Maka, pada nilai *setup* temperatur pada saat TEC ON dan TEC OFF masih melebihi nilai *setup* temperatur yang sudah ditentukan atau memiliki nilai deviasi. Pada *setup* temperatur 25°C nilai deviasinya 0,3°C.

3.1.2 Hasil Pengukuran Temperatur 20°C

Berdasarkan Tabel 2, nilai rata-rata data penurunan temperatur didalam box, $TR = \frac{T5+T6+T7+T8}{4}$ hasil eksperimen terhadap waktu per detik pada setiap termokopel ditunjukkan dalam bentuk kurva pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva nilai rata-rata temperatur 20°C terhadap waktu

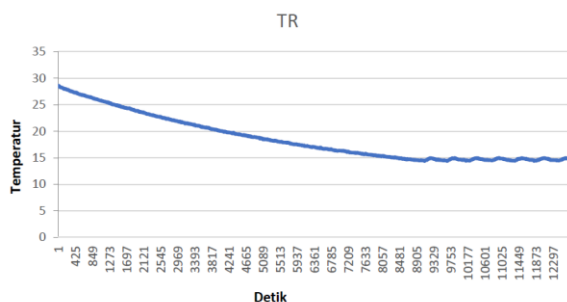
Tabel 2. Nilai rata-rata perubahan temperatur pada setup 20°C

Temperatur Setting			Temperatur Settle (3600 det)									
Temp. Awal	Temp. Setting	Waktu (det)	naik	turun	naik	turun	naik	turun	naik	turun	naik	turun
27	20	3015	20	19.5	20	19.5	20	19.5	20	19.5	20	19.5

Pengambilan data di *setup* temperatur 20°C. Penurunan temperatur dari temperatur 27°C hingga 20°C (Tabel 2) membutuhkan waktu 3015 detik, hasil temperatur *setting* selama 3600 detik, naik dan turunnya temperature terlihat lebih stabil, karena temperatur fluida yang bersikulasi di dalam *box* sudah dingin. Hal ini memperlihatkan kondisi pembacaan sensor termokopel thermostat sesuai dengan temperatur fluida dingin yang dihasilkan oleh TEC.

3.1.3 Hasil Pengukuran Temperatur 15°C

Tabel 3 memperlihatkan nilai rata-rata perubahan temperatur di dalam *box*. Kurva perubahan temperatur terhadap waktu disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva nilai rata-rata temperatur 15°C terhadap waktu

Tabel 3. Nilai rata-rata perubahan temperatur pada setup 15°C

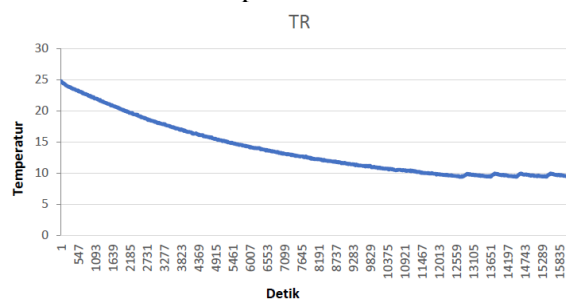
Temperatur Setting			Temperatur Settle (3600 det)									
Temp. Awal	Temp. Setting	Waktu (det)	naik	turun	naik	turun	naik	turun	naik	turun	naik	turun
28.8	15	8335	14.9	14.4	14.9	14.4	14.9	14.4	14.8	14.4	14.8	14.4

Pada pengambilan data di *setup* temperatur 15°C. Penurunan temperatur dari temperatur 28,8 C hingga 15°C membutuhkan waktu 8335 detik. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa untuk mencapai temperatur yang rendah dibutuhkan waktu yang lama, dan pada *setup* temperatur 15°C, temperatur fluida mempunyai pengaruh terhadap naik turunnya temperatur settling (3600

detik) nilai deviasi 0,2°C. Jika dibandingkan dengan temperatur 25°C dan 20°C, pada temperatur 15°C paling banyak mengalami settling temperatur. Hasil settling temperatur dipengaruhi dari temperatur fluida, dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai ON dan OFF.

3.1.4 Hasil Pengukuran Temperatur 10°C

Berdasarkan Tabel 4, nilai rata-rata data penurunan temperatur didalam *box*, $TR = \frac{T5+T6+T7+T8}{4}$ hasil eksperimen terhadap waktu per detik pada setiap termokopel ditunjukkan dalam bentuk kurva pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva nilai rata-rata temperatur 10°C terhadap waktu

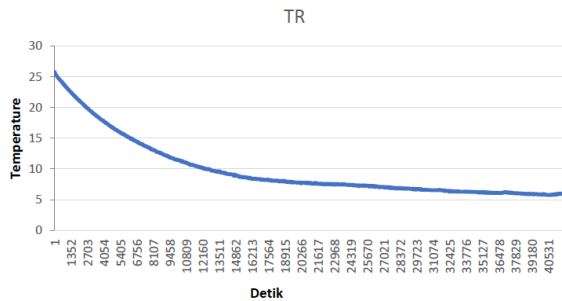
Tabel 4. Nilai rata-rata perubahan temperatur pada setup 10°C

Temperatur Setting			Temperatur Settle (3600)									
Temp. Awal	Temp. Setting	Waktu (det)	naik	turun	naik	turun	naik	turun	naik	turun	naik	turun
25.5	10	11627	9.9	9.4	9.9	9.4	9.9	9.4	9.9	9.4	9.9	9.4

Pada pengambilan data di *setup* temperatur 10°C. Penurunan temperatur dari temperatur 25,5°C hingga 10°C membutuhkan waktu 11627 detik. Temperatur *settling* (3600 detik) naik turunnya temperatur berkurang dibanding temperatur *settling* di temperatur *setup* 15°C dikarenakan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai nilai *OFF* (penurunan temperatur), dan membutuhkan waktu lama untuk kembali ke temperature *setting* (Tabel 4). Pada *set up* temperatur 10°C nilai deviasi hanya 0,1°C lebih kecil dibandingkan pada *setup* temperatur 10°C yaitu dengan nilai deviasi 0,2°C.

3.1.5 Hasil Pengukuran Temperatur 6°C

Berdasarkan Tabel 5, nilai rata-rata data penurunan temperatur didalam box, $TR = \frac{T5+T6+T7+T8}{4}$ hasil eksperimen terhadap waktu per detik pada setiap termokopel ditunjukkan dalam bentuk kurva pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva nilai rata-rata temperatur 6°C terhadap waktu

Gambar 8 Kurva pengukuran temperatur menunjukkan penurunan temperatur terhadap waktu dimana untuk temperatur awal 25,3°C pada detik 1, hingga temperatur 6°C pada detik 38004 sampai detik 41852 temperatur fluida konstan. Pada Gambar 8 dapat dilihat waktu penurunan temperatur dari 25°C, 20°C, 15°C, 10°C dan temperatur terendah yang didapat yaitu 6°C

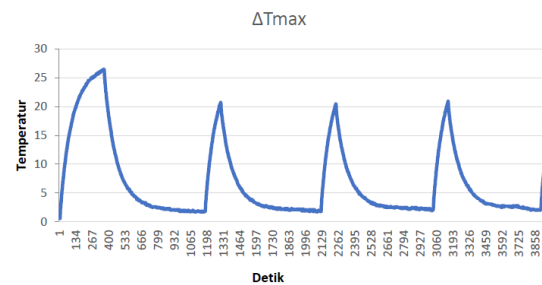
3.2 Karakteristik Temperatur ΔT_{max} = $T4 - T2$ terhadap Perubahan Temperatur Berdasarkan Variasi Nilai *Setup* Temperatur Termostat pada *Thermostatic Bath*

Eksperimen karakteristik temperatur ΔT_{max} terhadap perubahan temperatur berdasarkan variasi nilai temperatur termostat pada *thermostatic bath* (25°C, 20°C, 15°C, 10°C, dan sampai temperatur paling rendah yaitu 6°C) dilakukan untuk mengetahui karakteristik temperatur. selama pengambilan data jumlah air didalam *box* penampung air dan tekanan fluida harus sama, agar perubahan temperatur saat pengambilan data tidak mengalami perubahan.

3.2.1 Selisih Temperatur (ΔT_{max}) Hasil Pengukuran *Set Up* Temperatur 25°C

Hasil perhitungan ΔT_{max} menunjukkan kenaikan temperatur (Gambar 9). Temperatur ΔT_{max} awal 1°C pada detik 1, mengalami kenaikan hingga 26,5°C pada detik 363. Pada saat *thermostatic bath* beroperasi hasil perhitungan ΔT_{max} semakin besar nilainya,

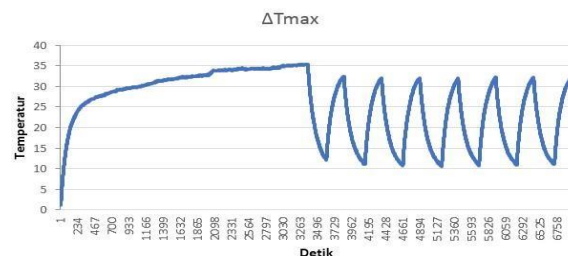
dikarenakan temperatur panas yang dihasilkan dari TEC semakin tinggi, dan temperatur dingin yang dihasilkan TEC semakin rendah. Kemudian saat temperatur *setup* mencapai 24,5°C yaitu dibawah 0,5°C dari nilai *set up* 25°C, termostat dan TEC dalam kondisi *OFF* sehingga hasil perhitungan ΔT_{max} mengalami penurunan. Penurunan dari 26,5°C pada detik 363 hingga mencapai temperatur rendah 1,7°C pada detik 1175. Pada saat penurunan temperatur perhitungan ΔT_{max} mengalami penurunan yang sangat signifikan hingga mencapai 10°C, setelah itu penurunan melambat hingga temperatur 1,7°C dikarenakan pengaruh dari temperatur panas yang mempengaruhi temperatur dingin.



Gambar 9. Kurva selisih temperatur (ΔT_{max}) fluida dingin dan panas (*setup* temperatur 25°C)

3.2.2 Selisih Temperatur (ΔT_{max}) Pengukuran *Set Up* Temperatur 20°C

Pada Gambar 10 kurva menunjukkan bahwa hasil perhitungan ΔT_{max} menunjukkan temperatur ΔT_{max} awal 1,1 °C naik hingga 35,4 °C pada detik ke 3367.

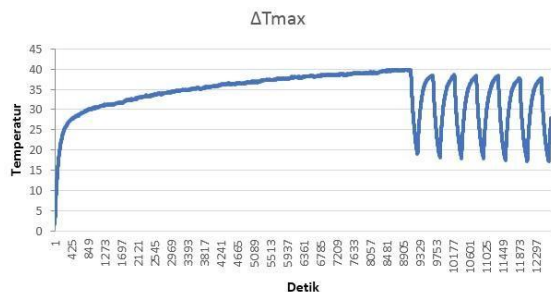


Gambar 10. Kurva ΔT_{max} fluida dingin dan panas (*setup* temperatur 20 °C)

Kemudian pada saat kondisi termostat dan TEC pada kondisi *OFF* temperature ΔT_{max} mengalami penurunan sampai temperatur ΔT_{max} 12,1°C, dan mengalami kenaikan

temperatur ΔT_{max} hingga 32,3°C pada detik 3629 hingga 6947 mengalami temperatur konstan. Pada saat temperatur ΔT_{max} naik, kenaikan pada temperatur 1,1°C mengalami kenaikan yang signifikan hingga mencapai 25°C, karena pada saat TEC kondisi ON, temperatur sisi dingin dan sisi panas masih pada temperatur rendah, sehingga selisih T4-T2 awal adalah 1,1 °C hingga 25°C. Pada saat temperatur mencapai 25°C kenaikan melambat hingga temperatur 35,4°C dikarenakan perbedaan temperatur pada sisi TEC. Di sisi dingin mengalami penurunan dan sisi dingin mengalami kenaikan temperatur sehingga nilai 35,4°C, dan kemungkinan melambat dikarenakan pengaruh dari temperatur sisi panas TEC.

3.2.2 Selisih Temperatur (ΔT_{max}) Pengukuran Set Up Temperatur 15°C



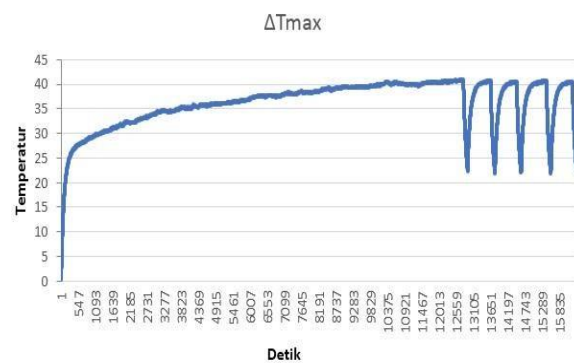
Gambar 11. Kurva ΔT_{max} fluida dingin dan panas (setup temperatur 15°C)

Hasil perhitungan ΔT_{max} menunjukkan (Gambar 11) temperatur ΔT_{max} awal sebesar 1,8°C naik hingga 39,8°C pada detik ke 9104. Kemudian pada saat kondisi termostat dan TEC pada kondisi OFF temperatur ΔT_{max} mengalami penurunan sampai temperature ΔT_{max} 19°C, dan mengalami kenaikan hingga 38°C pada detik 9667. Pada kenaikan dan penurunan temperatur selanjutnya mengalami pebedaan dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk kenaikan dan penurunan temperatur terlalu lama.

3.2.2 Selisih Temperatur (ΔT_{max}) Pengukuran Set Up Temperatur 10°C

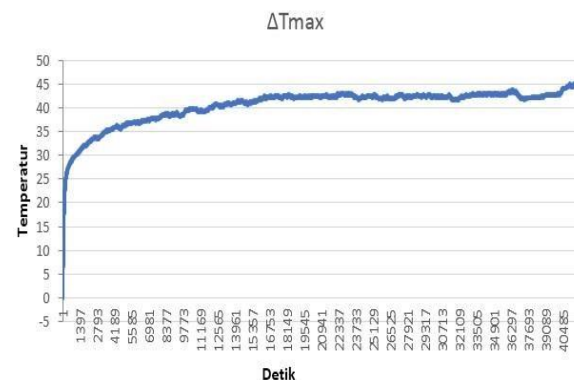
Hasil perhitungan ΔT_{max} (Gambar 12) menunjukkan temperatur ΔT_{max} awal 0,4°C

pada detik 1, naik hingga 40,9°C pada detik ke 12761. Kemudian pada saat kondisi termostat dan TEC pada kondisi OFF temperatur ΔT_{max} mengalami penurunan sampai temperatur 22,4°C dan pada saat termostat dan TEC posisi ON atau bekerja, temperatur ΔT_{max} naik hingga 40,6°C. Temperatur ΔT_{max} setup temperatur 10°C mengalami perbedaan pada saat penurunan temperature yaitu pada saat penurunan temperatur nilai titik bawah temperatur ΔT_{max} berbeda yaitu 22,4°C, 22,1°C, dan hingga detik 3600 saat setup temperature 10°C, ΔT_{max} 22,9°C.



Gambar 12 Kurva ΔT_{max} fluida dingin dan panas (setup temperatur 10°C)

3.2.2 Selisih Temperatur (ΔT_{max}) Pengukuran Set Up Temperatur 6°C



Gambar 13. Kurva ΔT_{max} fluida dingin dan panas (setup temperatur 6°C)

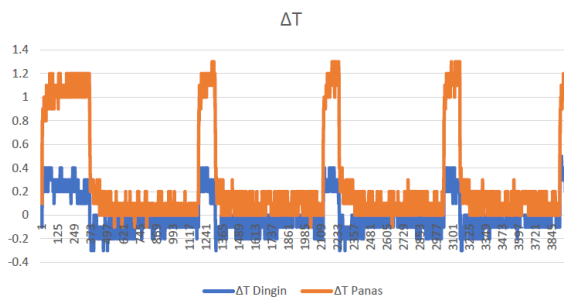
Pada Gambar 13 menunjukkan bahwa dari detik pertama, pada saat kondisi termostat dan TEC ON, temperatur ΔT_{max} mengalami kenaikan cukup cepat hingga mencapai temperatur 25°C. Setelah melewati titik temperatur ΔT_{max} 25°C proses pendinginan mulai melambat hingga mencapai temperatur

konstan yaitu di temperatur 45,1°C. Gambar 13 juga menunjukkan kurva sedikit mengalami penurunan temperatur dikarenakan perubahan temperatur lingkungan. Oleh sebab itu pada Gambar 13 kurva mengalami penurunan dan kenaikan temperatur, dalam artian kurva tidak stabil, atau tidak konsisten dalam mempertahankan temperaturnya akibat temperatur lingkungan.

3.3 Perbandingan Temperatur ΔT Temperatur Dingin dan Temperatur Panas

Mengetahui nilai temperature ΔT didapat dari hasil pembacaan datalogger berdasarkan posisi termokopel pada saluran T_{in} dan T_{out} water block fluida dingin, dan saluran T_{in} dan T_{out} water block fluida panas. Setelah diketahui temperatur dan kemudian menghitung nilai ΔT yaitu $T_{out} - T_{in}$.

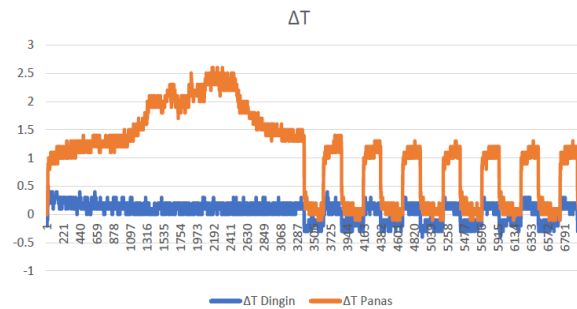
3.3.1 Perbandingan Temperatur ΔT Temperatur Dingin dan Temperatur Panas (Temperatur 25°C)



Gambar 14. Kurva perbandingan ΔT fluida dingin dan panas terhadap waktu (temperatur 25°C)

Gambar 14 menunjukkan temperatur ΔT temperatur fluida dingin dan dan ΔT temperatur fluida panas. Temperatur fluida dingin pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT 0,5°C. Sedangkan pada temperatur fluida panas pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT 1,2°C

3.3.2 Perbandingan Temperatur ΔT Temperatur Dingin dan Temperatur Panas (Temperatur 20°C)

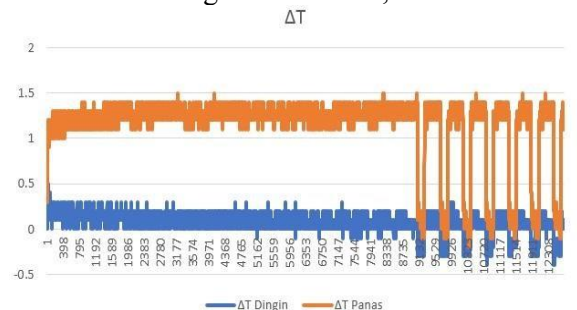


Gambar 15. Kurva perbandingan ΔT fluida dingin dan panas terhadap waktu (temperature 20°C)

Gambar 15 menunjukkan temperatur ΔT temperatur fluida dingin dan ΔT temperatur fluida panas. Temperatur fluida dingin pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT 0,4°C. Sedangkan pada temperatur fluida panas pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT mencapai 2,5°C.

3.3.3 Perbandingan Temperatur ΔT Temperatur Dingin dan Temperatur Panas (Temperatur 15°C)

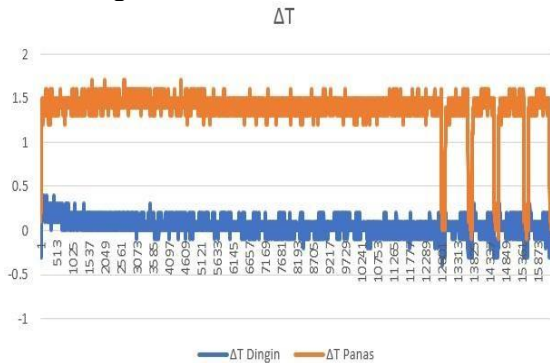
Temperatur ΔT (Gambar 16), temperatur fluida dingin dan ΔT temperatur fluida panas. Temperatur fluida dingin pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT 0,3°C akan tetapi rata-rata ΔT 0,2°C sedangkan pada temperatur fluida panas pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT 1,4°C.



Gambar 16. Kurva perbandingan ΔT fluida dingin dan panas terhadap waktu (temperature 15°C)

3.3.4 Perbandingan Temperatur ΔT Temperatur Dingin dan Temperatur Panas (Temperatur 10°C)

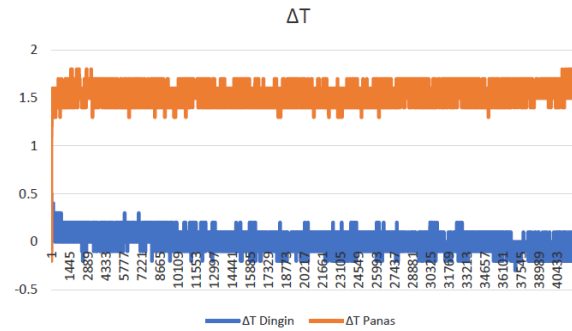
Temperatur ΔT temperatur fluida dingin dan ΔT temperatur fluida panas (Gambar 17). Temperatur fluida dingin pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT $0,4^{\circ}\text{C}$ akan tetapi rata-rata ΔT $0,1^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada temperatur fluida panas pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT $1,5^{\circ}\text{C}$.



Gambar 17. Kurva perbandingan ΔT fluida dingin dan panas terhadap waktu (temperature 10°C)

3.3.5 Perbandingan Temperatur ΔT Temperatur Dingin dan Temperatur Panas (Temperatur 6°C)

Gambar 18 memperlihatkan temperatur ΔT temperatur fluida dingin dan ΔT temperatur fluida panas. Temperatur fluida dingin pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT $0,1^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada temperatur fluida panas pada saat TEC dalam kondisi ON menghasilkan ΔT $1,6^{\circ}\text{C}$. Hal ini dapat disimpulkan bahwa ΔT temperatur fluida dingin dan ΔT temperatur fluida panas pada setiap variasi nilai *setup* temperatur berbeda, semakin rendah temperatur fluida maka semakin kecil nilai ΔT yang dihasilkan, akan tetapi berbeda dengan dan ΔT temperatur fluida panas, semakin tinggi temperatur fluida panas maka semakin tinggi nilai ΔT yang dihasilkan.



Gambar 18. Kurva perbandingan ΔT fluida dingin dan panas terhadap waktu (temperature 6°C)

3.3.6 Rata-rata ΔT Dingin dan ΔT Panas

Data yang didapat dari hasil pembacaan datalogger berdasarkan posisi termokopel pada saluran T_{in} dan T_{out} *water block* fluida dingin, dan saluran T_{in} dan T_{out} *water block* fluida panas. Setelah mendapatkan hasil temperatur T_{in} dan T_{out} , kemudian menghitung rata-rata ΔT dingin dan ΔT panas. Dibawah ini adalah hasil rata-rata ΔT dingin dan ΔT panas.

Tabel 5. Rata-rata ΔT dingin dan panas

NO	Temperatur Setting	Temperatur rata-rata	
		ΔT Dingin	ΔT Panas
1	25	0.15	0.85
2	20	0.15	0.2
3	15	0.05	0.85
4	10	0.1	0.1
5	6	0.05	0.7

3.4 Hasil Perhitungan Nilai Q dan P

Data yang dihasilkan dari eksperimen adalah berupa temperatur yang masuk dan temperatur yang keluar dari *water block* berdasarkan variasi nilai *set up* temperatur termostat pada *thermostatic bath* (25°C , 20°C , 15°C , 10°C dan temperatur terendah yang didapat yaitu 6°C).

Tabel 6. Hasil perhitungan $Q_{settling}$, $P_{settling}$, $Q_{setting}$, dan $P_{setting}$ pada variasi *setup* temperatur

No	Temperatur	Q Settling (Joule)	P Settling (Watt)	Q Setting (Joule)	P setting (Watt)
1	25	61761	168.2	184170	51.1
2	20	1075326	318.3	428022	118.8
3	15	2194794	241.4	655851	182.1
4	10	3666369	286.9	890169	241.2
5	6	13560309	323.9	-	-

3.5 Coefisien of Performance (COP)

Tabel 7. Nilai COP

No	Temperatur (°C)	COP
1	25	0.2
2	20	0.3
3	15	0.4
4	10	0.5
5	6	0.5

Tabel 8. Hasil COP hasil perhitungan

No	T1	T2	T3	T4	$\Delta T_c(T1-T2)$	$\Delta T_h(T4-T3)$	Qcold	Qhot
1	25,6	25,4	33,9	34,8	0,2	0,9	42	189
2	25,6	25,4	34	35	0,2	1	42	210
3	25,6	25,4	34,2	35,2	0,2	1	42	210
4	25,6	25,4	34,4	35,4	0,2	1	42	210
5	25,6	25,4	34,5	35,5	0,2	1	42	210
6	25,6	25,4	34,7	35,7	0,2	1	42	210
7	25,6	25,4	34,9	35,8	0,2	0,9	42	189
8	25,6	25,4	35	36	0,2	1	42	210
9	25,6	25,4	35,2	36,2	0,2	1	42	210
10	25,6	25,4	35,4	36,3	0,2	0,9	42	189

Setelah diketahui nilai dan *water block* fluida dingin, dan saluran dan *water block* fluida panas. Kemudian menghitung rata-rata ΔT dingin dan ΔT panas. Jika diketahui temperatur $T_1 = 25,6^\circ\text{C}$ dan $T_2 = 25,4^\circ\text{C}$, maka ΔT dingin yaitu $25,6^\circ\text{C} - 25,4^\circ\text{C} = 0,2^\circ\text{C}$. Di dalam menghitung nilai $Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$, maka kita harus mengetahui terlebih dahulu nilai \dot{m} dan C_p . Pada perhitungan kali ini nilai \dot{m} sudah ditentukan yaitu $0,05\text{kg/s}$ dan $C_p = 4200\text{ J/kg}$.

$$\begin{aligned} \text{Misalkan } Q_c &= 0,05 \times 4200 \times 0,2 \\ &= 42 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_h &= 0,05 \times 4200 \times 0,9 \\ &= 189 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jika semua sudah dihitung, kemudian dilanjutkan menghitung COP, yaitu dari Tabel 7

diambil data no 1 dimasukkan dalam persamaan 5:

$$COP = \frac{42}{189 - 42} = 0,2$$

Tabel 8. Hasil pengambilan data T_{in} dan T_{out} *waterblock* pada *setup* temperatur 25°C .

No	Temperatur <i>Setting /Set Up</i>	ΔT_{max}	Temperatur ΔT_{max} Settling (3600 det)	
			TEC ON	TEC OFF
1	25°C	26.5°C	20.6°C	1.7°C
2	20°C	35.4°C	32.4°C	11.3°C
3	15°C	39.8°C	38.4°C	17.5°C
4	10°C	41°C	40.6°C	22.1°C
5	6°C	45°C	-	-

Dari Tabel di atas, ΔT_{max} hanya mencapai 45°C pada saat *thermostatic bath* bekerja hingga mendapatkan temperatur terendah yaitu 6°C .

4. KESIMPULAN DAN SARAN

- Hasil perancangan pembuatan *thermostatic bath* bersifat *moveble* dan bekerja cukup optimal dengan menggunakan termostat W1209 untuk mendapatkan temperatur yang stabil dengan menggunakan termostat.
- Karakteristik perubahan nilai rata-rata temperatur berdasarkan variasi nilai temperatur termostat, yaitu di temperatur 25°C , 20°C , 15°C , 10°C dan temperatur paling rendah yaitu 6°
- Karakteristik perubahan nilai rata-rata terdapat nilai deviasi yang menunjukkan tinggi rendahnya perbedaan data yang diperoleh dari temperatur rata-rata pada saat TEC kondisi *ON* dan TEC kondisi *OFF*. Deviasi pada temperatur rata-rata hanya 0,1 untuk mencapai nilai *setting/setup* temperatur yang sesuai.
- Hasil pengujian penurunan temperatur berdasarkan variasi nilai *setup* temperatur termostat diperoleh karakteristik ΔT_{max} .

REFERENSI

- Andriyani, H., Juarsa, M., Marzuki, E., Gaos, Y. S., Yulianto, M. (2014, 20 Februari). *Kalibrasi termokopel tipe K dengan head berdasarkan suhu panas ke dingin*. Paper presented at the Seminar Nasional

- Teknik Mesin Universitas Trisakti,
Jakarta.
- Azimi, M., Mirjavadi, S. S., Sedighi, M. (2016).
A Novel Cooling System Design for
Water Block in Liquid Cooling
Garment. *07*, 72-82.
- Royani, D. (2014). *Efisiensi termal system
ORC secara simulasi dengan variasi
fluida kerja berdasarkan temperatur
eksperimen dengan variasi panjang
busur solar kolektor.* (Skripsi),
Universitas Ibnu Khaldun Bogor, Bogor.
- Ruh, E. L., Conklin, G. E., Curran, J. E. (1945).
Thermostatic Bath for Low
Temperatures. *Industrial & Engineering
Chemistry Analytical Edition*, *17*(7),
451-452. doi: 10.1021/i560143a018
- SI. (2015). ISO/IEC 17025 Persyaratan umum
kompetensi laboratorium pengujian dan
laboratorium kalibrasi
- Siregar, M. I. (2009). *Teknik Kalibrasi
ThermocoupeI Type-K Di PT Inalum
Kuala Tanjung.* (Diploma IV Karya
Akhir), Universitas Sumatera Utara,
Medan.
- Sundayani, S., Handayani, I. P., Suhendi, A.
(2017). Rancang bangun dan realisasi
sistem pendingin berbasis tec
(thermoelectric cooler). *eProceedings of
Engineering*, *4*(1).
- Wood, T. A. (1967). A thermostatic bath for
temperatures between 90° and 300°K.
Journal of Chemical Education, *44*(7),
423. doi: 10.1021/ed044p423