

**KAJIAN PROSES PENDINGINAN AIR UNTUK MENGONTROL
TEMPERATUR AIR PADA BUDIDAYA IKAN GABUS PADA KONDISI
SEJUK**

(SKRIPSI)

OLEH:

DIYON HANGGARA

NPM 1815021036



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2022

**KAJIAN PROSES PENDINGINAN AIR UNTUK MENGONTROL
TEMPERATUR AIR PADA BUDIDAYA IKAN GABUS PADA KONDISI
SEJUK**

**OLEH:
DIYON HANGGARA**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2022

ABSTRAK

KAJIAN PROSES PENDINGINAN AIR UNTUK MENGONTROL TEMPERATUR AIR PADA BUDIDAYA IKAN GABUS PADA KONDISI SEJUK

OLEH

DIYON HANGGARA

Ikan gabus merupakan jenis ikan air tawar yang banyak dibudidaya, dikarenakan ikan gabus memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Temperatur air adalah salah satu parameter yang mempengaruhi kelangsungan hidup serta laju pertumbuhan dari ikan gabus. Dalam penelitian ini temperatur capaian yang diinginkan pada budidaya ikan gabus, yaitu pada kisaran 24-25°C. Dan berdasarkan data BMKG temperatur rata-rata udara lingkungan wilayah Indonesia berkisar antara 27-30°C, maka dari itu perlu adanya proses pendinginan air untuk mencapai temperatur yang diinginkan pada penelitian. Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah untuk mengkaji proses pendinginan air dalam mengontrol temperatur air pada kegiatan budidaya ikan gabus pada kondisi sejuk. Kegiatan penelitian diawali dengan perancangan sistem pendingin air, pembuatan dan pengujian. Pengujian dilakukan pada 4 akuarium dengan ukuran p x l x t, yaitu 50 cm x 40 cm x 30 cm. Dari hasil pengujian didapatkan hasil diantaranya adalah waktu yang dibutuhkan agar temperatur air pada setiap akuarium mencapai temperatur kisaran 24-25°C, yaitu 2 jam 14 menit dengan jumlah volume air yang disirkulasikan $\pm 281,61$ liter serta temperatur air mula-mula 28,5°C. Dan untuk mencapai temperatur air yang diinginkan pada setiap akuarium dibutuhkan laju pendinginan awal sebesar 1340 W, untuk laju pendinginan awal pada *box* pendingin dibutuhkan sebesar 84,16 W, serta ketika temperatur air pada setiap akuarium dalam kondisi *steady* dan mengalami kenaikan 0,3°C setelah disirkulasikan, maka dibutuhkan laju pendinginan sebesar 108 W. Selain itu, didapatkan pula nilai rugi kalor yang diambil dari 1 sampel akuarium, yaitu sebesar 18,68 W.

Kata Kunci: ikan gabus, temperatur air, budidaya, laju pendinginan, rugi kalor.

ABSTRACT

STUDY OF WATER COOLING PROCESS TO CONTROL WATER TEMPERATURE ON SNAKEHEAD FISH CULTIVATION IN COOL CONDITIONS

by

DIYON HANGGARA

Snakehead fish is freshwater fish species widely cultivated because snakehead fish has high economic value. Water temperature is one of parameters that affect the survival and growth rate of snakehead fish. In this research, the desired temperature of accession in the cultivation of snakehead fish is around 24-25°C and based on BMKG data the average temperature of the ambient air in the territory of Indonesia is ranged between 27-30°C. So therefore water cooling process is needed to reach the research desired temperature. The aim of this research activity is to study water cooling process in control water temperature on snakehead fish farming activities in cool conditions. The research activity is begin with water cooling system design, manufacture, and test. The test was carried out on 4 aquariums with a size of l x w x h, that is 50 cm x 40 cm x 30 cm. From the test results, the results obtained include the time takes for the water temperature in each aquarium to reach a temperature range of 24-25°C, is 2 hours 14 minutes with the amount of circulating water volume of ± 281.61 liters and the initial water temperature of 28.5°C. And to reach the desired water temperature in each aquarium, an initial cooling rate of 1340 W is required, for the initial cooling rate in the cooler is required 84.16 W, and when the water temperature in each aquarium is in steady condition and increases 0.3°C after being circulated, a cooling rate of 108 W is required. In addition, the heat loss value taken from 1 aquarium sample is 18.68 W.

Keyword: snakehead fish, water temperature, cultivation, cooling rate, heat loss

Judul Skripsi : **KAJIAN PROSES PENDINGINAN AIR UNTUK
MENGONTROL TEMPERATUR AIR PADA
BUDIDAYA IKAN GABUS PADA KONDISI
SEJUK**

Nama Mahasiswa : **Diyon Hanggara**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1815021036**

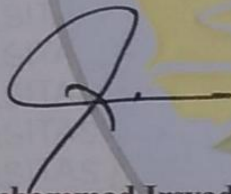
Program Studi : **TEKNIK MESIN**

Fakultas : **TEKNIK**

MENYETUJUI

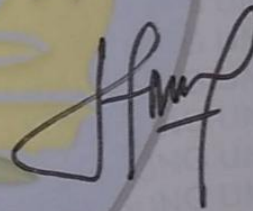
Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2



Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.

NIP. 197112142000121001

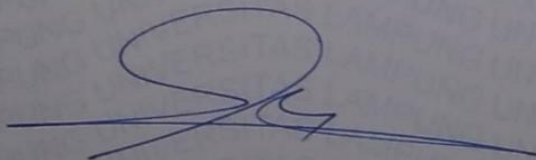


Dr. Harmen, S.T., M.T.

NIP. 196906202000031001

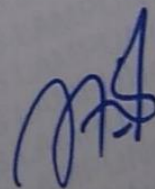
Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1
Teknik Mesin



Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP. 197103311999031003



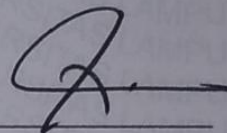
Novri Tanti, S.T., M.T.

NIP. 197011041997032001

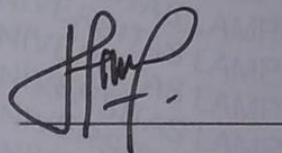
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Dr. Harmen, S.T., M.T.



Penguji Utama : Agus Sugiri, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 2 September 2022

PERNYATAAN PENULIS

Skripsi yang berjudul “KAJIAN PROSES PENDINGINAN AIR UNTUK MENGONTROL TEMPERATUR AIR PADA BUDIDAYA IKAN GABUS PADA KONDISI SEJUK” merupakan hasil karya penulis sendiri dan bukan merupakan hasil plagiat siapa pun sebagaimana yang diatur dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor Nomor 3187/H26/DT/2010

Bandar Lampung, 7 September 2022

Yang membuat pernyataan



Diyon Hanggara

NPM. 1815021036



Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, yang dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 27 Mei 2000. Penulis mengawali pendidikan formal di SDN 1 Sawah Lama dan selesai pada tahun 2012. Dan dilanjutkan dengan mengampu pendidikan di SMPN 12 Bandar Lampung dan selesai pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 4 Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas

Lampung pada tahun 2018 melalui jalur SBMPTN. Selama mengampu pendidikan di Universitas Lampung, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi Anggota Divisi Advokasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung periode 2019/2020.
2. Tergabung sebagai Anggota dalam Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) *English Society* (ESO) Universitas Lampung pada tahun 2019.
3. Menjadi Kepala Divisi Advokasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung periode 2020/2021.
4. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Sawah Brebes, Kecamatan Tanjung Karang Timur, Kota Bandar Lampung, Lampung pada periode 1 tahun 2021.
5. Melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Sebalang pada tahun 2021.

MOTTO

“Tanpa pengetahuan tindakan tidak berguna, dan pengetahuan tanpa tindakan adalah sia-sia”

(Abu Bakar)

“Hiduplah seakan kamu akan mati besok, belajarlh seakan kamu hidup selamanya”

(Mahatma Gandhi)

“Hidup ini seperti mengendarai sepeda, untuk menjaga keseimbangan kita harus tetap mengayuh”

(Albert Einstein)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

(B.J. Habibie)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Ibuku Tercinta

Yang senantiasa mendoakan serta selalu hadir untuk mendukung dan memberikan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang dan banyak pengorbanan yang tidak bisa terbalaskan.

Kakakku Tercinta

Yang selalu memberikan dukungan dalam segala hal sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih yang amat sangat dari penulis, semoga ilmu yang didapat penulis dapat bermanfaat dikemudian hari.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik Mesin

Sebagai tempat bagi penulis untuk mengampu pendidikan serta mendapatkan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.

SANWACANA

Terima kasih kepada Allah SWT atas berkah dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Kajian Proses Pendinginan Air Untuk Mengontrol Temperatur Air Pada Budidaya Ikan Gabus Pada Kondisi Sejuk”**, dengan baik dan lancar. Berkenaan dengan penyelesaian skripsi ini, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dan telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, antara lain.

1. Ibu tercinta yang selalu memotivasi serta mendoakan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Mudah-mudahan setelah ini penulis dapat memberikan sedikit kebahagiaan untukmu. Dan semoga Allah SWT juga selalu memberikan kesehatan serta kebahagiaan untukmu baik itu di dunia maupun kelak nanti di akhirat.
2. Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang telah banyak sekali memberikan arahan serta pandangan terhadap penulis sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar.
3. Bapak Dr. Harmen, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktunya untuk penulis agar dapat membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi ini, terima kasih pak atas segala masukan serta kritik yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng. selaku pembahas yang telah banyak memberikan masukan dan kritik sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
5. Ibu Dr. Eng. Shirley Savet Lana, S.T., M.Met. selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan solusi dalam penyelesaian masalah-masalah penulis dalam proses perkuliahan.

6. Ibu Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.d. selaku dosen budidaya perairan yang telah banyak memberikan waktu bagi penulis untuk berdiskusi serta telah memberikan segala bentuk dukungan agar penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, terima kasih bu atas seluruh bentuk dukungannya.
7. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, terima kasih atas ilmu yang telah kalian berikan. Semoga kelak ilmu yang telah saya dapatkan dapat bermanfaat.
11. Agung Bhakti S, Arif Kurniawan, Ahmad Zikautsar RM, Irdoaaji, M Farrel Gama, M Aditya Radinta, M Thariq Waliyyan S, Noval, Christo yang merupakan teman seperjuangan yang telah banyak memberikan saran baik itu selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian skripsi ini, semoga kita dapat bertemu kembali dalam titik yang tertinggi.
12. Aryanti dan Puput selaku teman yang banyak membantu penulis dalam proses pengambilan data, terima kasih teman sudah mau direpotkan.
13. Alvin Nurhuda, Annisa Fanni T, Firani Fadhilah, Ajeng Gustiara S, Sesha Janata, Rizky Ayu SP selaku teman penulis yang selalu memberikan semangat untuk penulis dalam proses perkuliahan serta menjadi tempat bagi penulis untuk berkeluh kesah soal kehidupan, terima kasih teman-temanku tercinta semoga kita dapat bersama-sama sampai titik teratas dalam kehidupan kita masing-masing.
14. Keluarga besar Teknik Mesin Universitas Lampung 2018 yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, kalian semua luar biasa.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, itu dikarenakan kemampuan penulis yang terbatas. Terakhir penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL	v
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Sistematika Penulisan	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Budidaya Ikan Gabus	7
2.2. Perpindahan Panas	8
2.2.1. Konduksi	9
2.2.2. Konveksi	11
2.2.3. Radiasi.....	13
2.3. Komponen Utama Sistem Pendingin	15
2.3.1. Kompresor.....	16
2.3.2. Kondensor	18
2.3.3. Katup Ekspansi	19
2.3.4. Evaporator.....	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.1.1. Tempat	21
3.1.2. Waktu.....	21

3.2.	Alat dan Bahan.....	22
3.2.1.	Alat.....	22
3.2.2.	Bahan	29
3.3.	Diagram Alir Penelitian	30
3.4.	Desain Pengujian	31
3.5.	Persiapan dan Pengambilan Data.....	34
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1.	Perilaku Pendinginan Air Selama 1 Hari	35
4.1.1.	Perubahan Temperatur Air (ΔT) Pada Akuarium 1	36
4.1.2.	Perubahan Temperatur Air (ΔT) Pada Akuarium 2	38
4.1.3.	Perubahan Temperatur Air (ΔT) Pada Akuarium 3	39
4.1.4.	Perubahan Temperatur Air (ΔT) Pada Akuarium 4	40
4.2.	Laju Pendinginan yang Dibutuhkan.....	41
4.3.	Rugi Kalor pada Akuarium.....	44
BAB V. PENUTUP.....		47
5.1.	Kesimpulan	47
5.2.	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		49

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2. 1 Perpindahan panas konduksi <i>steady</i> satu dimensi.....	9
Gambar 2. 2 Konveksi bebas	12
Gambar 2. 3 Konveksi paksa	12
Gambar 2. 4 Radiasi pada permukaan.....	14
Gambar 2. 5 Siklus Refrigerasi	16
Gambar 2. 6 Kompresor untuk pendingin AC	17
Gambar 2. 7 Kondensor	18
Gambar 3. 1 Kondensor	22
Gambar 3. 2 Modul AC.....	23
Gambar 3. 3 Evaporator	24
Gambar 3. 4 <i>Remote AC</i>	24
Gambar 3. 5 <i>Temperature recorder</i> dan <i>thermocouple</i>	25
Gambar 3. 6 <i>Water flow meter</i>	26
Gambar 3. 7 Pompa air.....	27
Gambar 3. 8 Akuarium.....	28
Gambar 3. 9 Keran air	28
Gambar 3. 10 <i>Box container</i>	29
Gambar 3. 11 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3. 12 Desain pengujian	32
Gambar 3. 13 Skema pengujian rugi kalor pada dinding akuarium.....	33
Gambar 4. 1 Grafik pendinginan selama 1 hari	36
Gambar 4. 2 Grafik perubahan temperatur air pada akuarium 1.....	37

Gambar 4. 3 Grafik perubahan temperatur air pada akuarium 2.....	38
Gambar 4. 4 Grafik perubahan temperatur air pada akuarium 3.....	39
Gambar 4. 5 Grafik perubahan temperatur air pada akuarium 4.....	40

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2. 1. Konduktivitas Termal Bahan	10
Tabel 3. 1. Spesifikasi Kondensor	22
Tabel 3. 2. Spesifikasi <i>Temperature Recorder</i>	25
Tabel 3. 3. Spesifikasi <i>Water Flow Meter</i>	26
Tabel 4. 1. Data Laju Pendinginan.....	42
Tabel 4. 2. Data Pengujian Rugi Kalor	45

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gizi adalah hal yang diperlukan oleh suatu organisme untuk pertumbuhan dan kesehatan tubuh suatu organisme, tak terkecuali pada tubuh manusia. Angka kecukupan gizi (AKG) merupakan suatu tolak ukur untuk menunjukkan rata-rata gizi yang diperlukan oleh tubuh manusia tiap harinya. Adapun kebutuhan gizi yang dibutuhkan untuk setiap manusia adalah berbeda-beda, salah satu bentuk gizi yang diperlukan oleh manusia, yaitu protein.

Protein merupakan sumber nutrisi yang fungsi utamanya adalah untuk memperbaiki jaringan sel tubuh agar optimal dalam bekerja. Disamping itu, masih banyak lagi fungsi dari protein bagi tubuh manusia agar dapat bekerja dengan optimal. Kecukupan protein laki-laki yang dianjurkan pada rentan umur 19-29 tahun adalah 65 g/hari (Kemenkes RI, 2019).

Menurut jenisnya sendiri protein terbagi menjadi dua, yaitu protein nabati dan protein hewani. Dimana protein nabati merupakan protein yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan seperti kacang-kacangan, untuk protein hewani sendiri didapatkan dari daging, ayam, telur, susu, dan ikan. Ikan merupakan sumber protein hewani yang dimana dari segi ekonomi, harganya dapat terjangkau dan jauh lebih murah untuk masyarakat Indonesia dibandingkan dengan jenis daging-dagingan lainnya.

Kandungan gizi yang dimiliki pada ikan membuat ikan banyak dikonsumsi oleh kalangan masyarakat. Adapun manfaat dari mengonsumsi ikan, yaitu melindungi mata dari penurunan fungsi akibat dari penuaan, mengurangi risiko lahir prematur bagi ibu hamil, menurunkan risiko terkena serangan jantung dan stroke, serta mengonsumsi ikan juga baik untuk perkembangan otak dan mata terkhusus pada anak-anak. Tingkat konsumsi ikan nasional terhitung dari tahun 2011-2020 tiap tahunnya mengalami peningkatan, dimana pada tahun 2020 tingkat konsumsi ikan nasional berada diangka 56,39 kg/kapita (KKP, 2021).

Ikan biasanya diperoleh dengan berbagai macam cara, seperti ditangkap langsung di alam ataupun dibudidayakan. Namun, kegiatan penangkapan ikan di alam secara langsung yang dilakukan secara terus menerus dapat mengakibatkan risiko, dimana dapat menurunkan populasi ikan yang ada di alam. Sehingga kegiatan budidaya dianggap paling tepat sebagai cara untuk memperoleh ikan. Budidaya ikan sendiri ada yang berada di laut, perairan payau, serta perairan tawar. Budidaya ikan air tawar dianggap cukup menguntungkan dibandingkan budidaya lainnya, disamping cara perawatannya yang lebih mudah budidaya ikan air tawar juga memiliki pasar yang jelas dan luas terutama untuk di wilayah Indonesia. Jenis ikan yang biasa dibudidayakan pada perairan tawar, contohnya seperti ikan lele, gabus, patin, mas, nila, dan lainnya.

Dari berbagai jenis budidaya ikan air tawar, budidaya ikan gabus merupakan salah satu jenis budidaya yang cukup menjanjikan dikarenakan secara potensi ekonomi ikan gabus cukup bernilai. Kandungan protein yang terdapat pada ikan gabus, yaitu 16,2 g/100 g ikan (Direktorat Jenderal Kesehatan Masyarakat, 2017). Dan salah satu kendala utama dalam pembudidayaan ikan gabus adalah dimana ikan gabus memiliki sifat sebagai predator. Sehingga dalam proses budidaya ikan gabus tidak boleh bersamaan dengan jenis ikan budidaya perairan tawar lainnya, apalagi ikan tersebut berukuran lebih kecil dari ikan gabus.

Selain bernilai dari segi ekonomi, kandungan albumin yang terdapat pada ikan gabus membuatnya bermanfaat juga dalam bidang kesehatan. Kandungan albumin yang terdapat pada ikan gabus dapat disamakan dengan sumber albumin pada jenis makanan lainnya seperti halnya telur (Mustafa et al., 2012). Albumin bermanfaat untuk mempercepat dalam penyembuhan luka tubuh manusia ataupun dalam kondisi pasca operasi. Dalam industri pangan ataupun farmasi ikan gabus memiliki manfaat yang cukup luas (Listyanto, 2009).

Kualitas air merupakan suatu hal yang dapat mempengaruhi kelangsungan serta pertumbuhan dari ikan, tak terkecuali pada ikan gabus. Salah satu parameter dari kualitas air, yaitu temperatur pada air. Laju pertumbuhan pada ikan dapat dipercepat dengan menentukan temperatur air yang sesuai, sehingga kecenderungan ikan untuk makan akan meningkat (Serdiati, 2011). Dan temperatur air yang disukai oleh ikan gabus, yaitu berkisar antara 20-35°C (Qin dan Fast, 1998). Temperatur rata-rata udara lingkungan di wilayah Indonesia berkisaran antara 27-30°C dengan kelembaban udara berkisar antara 70-95% (BMKG, 2020). Pada penelitian kali ini temperatur air capaian yang diinginkan pada budidaya ikan gabus, yaitu pada kisaran 24-25°C. Merujuk berdasarkan data temperatur rata-rata udara lingkungan di wilayah Indonesia serta temperatur air capaian yang diinginkan, maka diperlukan proses pendinginan air untuk mengontrol temperatur air pada penelitian tentang budidaya ikan gabus ini.

Budidaya ikan gabus umumnya dilakukan di kolam ataupun tambak. Pada penelitian yang berjudul **“Kajian Proses Pendinginan Air Untuk Mengontrol Temperatur Air Pada Budidaya Ikan Gabus Pada Kondisi Sejuk”** ini, budidaya ikan gabus dimodelkan pada sebuah akuarium dengan capaian temperatur air yang diinginkan pada penelitian berada dikisaran 24-25°C. Pengkondisian temperatur air ini dilakukan menggunakan AC *split* sebagai pendingin air yang telah dimodifikasi evaporatornya dengan berbentuk melingkar. Yang kemudian rangkaian tersebut dihubungkan

dengan modul AC sebagai pengontrol temperatur air sehingga menjadi kesatuan rangkaian pendingin air yang utuh.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui waktu yang dibutuhkan agar temperatur air pada setiap akuarium mencapai temperatur kisaran 24-25°C.
2. Mengetahui laju pendinginan yang dibutuhkan agar temperatur air pada setiap akuarium tercapai sesuai yang diinginkan.
3. Mengetahui rugi kalor yang terdapat pada akuarium.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat batasan masalah yang tidak dapat hindari, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan gabus tidak diamati.
2. Pendinginan air dimodelkan pada sebuah akuarium.
3. $Q_{\text{Serap evaporator}} = Q_{\text{Lepas air pada box pendingin}}$.
4. Rugi kalor akuarium hanya dihitung pada 1 sampel akuarium.
5. Perbedaan temperatur air untuk tiap akuariumnya memiliki toleransi $\pm 1^\circ\text{C}$.
6. Perpindahan massa air akibat evaporasi diabaikan.

1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan skripsi yang disajikan mulai dari pendahuluan hingga kesimpulan, secara garis besar sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah, serta sistematika penulisan skripsi.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori - teori yang menunjang dalam penulisan skripsi serta pemecahan masalah yang dibahas, yang nantinya digunakan untuk mendukung pengolahan data dan pembahasan. Adapun teori-teori yang digunakan dalam penulisan skripsi ini meliputi budidaya ikan gabus, konsep perpindahan panas, serta sistem pendingin.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang tahapan proses dalam pengkajian proses pendinginan air serta analisa laju pendinginan yang dibutuhkan dan rugi kalor yang terdapat pada akuarium, selain itu terdapat juga tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram alir, desain pengujian, dan tahapan persiapan serta pengambilan data dalam penyelesaian penulisan skripsi.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang data-data hasil penelitian dan pengolahan data berdasarkan data yang didapat yang akan dijadikan bahan pembahasan.

BAB V. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran bagi para pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang sumber-sumber yang menjadi referensi dalam penyusunan skripsi ini.

LAMPIRAN

Berisi tentang beberapa hal yang mendukung materi yang dibahas dan dapat berguna sebagai pelengkap skripsi.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Budidaya Ikan Gabus

Budidaya perairan banyak sekali macam dan bentuknya. Budidaya perairan sendiri merupakan suatu kegiatan penangkaran ataupun pemeliharaan terhadap makhluk hidup baik itu tumbuhan ataupun hewan yang habitatnya berada di perairan. Dilihat dari jenis makhluk hidupnya yang termasuk dalam kegiatan budidaya perairan contohnya seperti budidaya udang, budidaya tiram, budidaya rumput laut, dan budidaya ikan. Salah satu contoh bentuk budidaya yang umum ditemukan dikalangan masyarakat, yaitu budidaya perikanan.

Budidaya perikanan banyak digeluti dikalangan masyarakat dikarenakan memiliki pasar yang cukup besar apalagi di Indonesia yang umumnya masyarakatnya gemar makan ikan. Budidaya perikanan sendiri menurut lingkungan hidupnya terdiri dari 3 jenis, yaitu budidaya perikanan air tawar, payau, dan laut. Budidaya perikanan air tawar yang cukup menjanjikan untuk ditekuni saat ini, ialah budidaya ikan gabus.

Budidaya ikan gabus bisa dibilang cukup menjanjikan karena ikan gabus sendiri dari sisi ekonomi cukup bernilai. Dimana ikan gabus memiliki manfaat yang sangat baik dibidang kesehatan, salah satunya untuk mempercepat proses penyembuhan luka. Ikan gabus umumnya hidup di daerah sungai dan rawa-rawa. Dan untuk di Indonesia, ikan gabus banyak tersebar di perairan Sumatera, Jawa, dan Kalimantan serta memiliki tekstur daging yang tebal dan rasa yang khas (Hidayatullah dkk, 2015).

Budidaya ikan gabus biasanya dilakukan di empang, tambak, ataupun kolam terpal. Namun, pada penelitian kali ini ikan gabus dibudidaya dalam akuarium. Padat tebar adalah contoh parameter yang mempengaruhi kelangsungan hidup dari ikan gabus. Disamping itu, kualitas air juga dapat mempengaruhi keberlangsungan dari hidup ikan gabus serta fisiologi dari ikan gabus. Temperatur air merupakan salah satu bentuk dari parameter kualitas air. Kisaran temperatur air optimum dalam budidaya ikan air tawar, yaitu berada di 25-33°C (Mulyadi dkk, 2016).

2.2. Perpindahan Panas

Transfer energi selalu terjadi dari medium yang memiliki temperatur tinggi menuju medium yang memiliki temperatur rendah. Transfer energi ini akan berhenti apabila kedua medium telah mencapai temperatur yang sama. Energi ada dalam berbagai bentuk, panas merupakan bentuk energi yang ditransfer dari suatu sistem yang disebabkan karena adanya perbedaan temperatur (Cengel dan Ghajar, 2015).

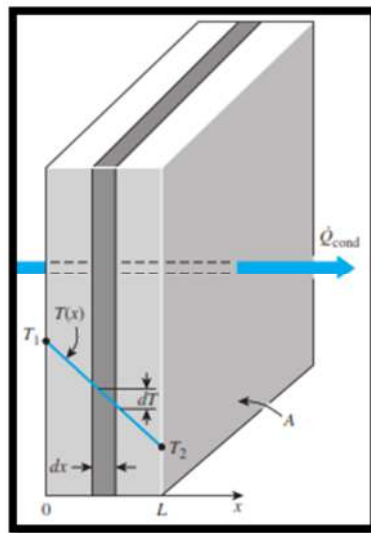
Peristiwa-peristiwa perpindahan panas sering kali ditemui dalam keseharian hidup manusia. Salah satu contoh peristiwa perpindahan panas yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, yaitu ketika sedang memanaskan air menggunakan kompor. Selain pada keseharian hidup manusia peristiwa perpindahan panas juga dapat dijumpai dalam bidang industri, salah satu contohnya dalam industri pembangkit tenaga listrik, dimana perpindahan panas terjadi ketika uap yang telah diekspansikan ke turbin didinginkan pada kondensor yang nantinya setelah didinginkan akan berubah fasanya menjadi cair dan akan dimanfaatkan lagi sebagai air umpan.

Konduksi, konveksi, serta radiasi merupakan bentuk umum dari perpindahan panas berdasarkan cara perpindahan panasnya. Pada perpindahan panas konduksi dan konveksi memerlukan media rambatan dalam transfer panasnya. Sedangkan untuk perpindahan panas secara radiasi

tidak memerlukan media rambatan dalam transfer panasnya (Supu dkk, 2016).

2.2.1. Konduksi

Berdasarkan konsep aktivitas atomik dan molekulnya, konduksi merupakan bentuk perpindahan energi dari partikel yang energik ke partikel yang kurang energik dari suatu zat yang terjadi dikarenakan antar partikel terjadi sebuah interaksi (Incropera et al., 2015). Pada perpindahan panas konduksi, perpindahan energi terjadi dengan adanya kontak langsung dengan molekul tanpa disertai dengan perpindahan molekul yang cukup besar. Gambar 2.1 merupakan gambaran perpindahan panas secara konduksi.



Gambar 2. 1 Perpindahan panas konduksi *steady* satu dimensi
(Sumber: Cengel dan Ghajar, 2015)

Perpindahan panas secara konduksi dapat terjadi juga pada cairan maupun gas, akan tetapi konduktivitas padatan jauh lebih tinggi dibandingkan keduanya. Perpindahan panas konduksi pada molekul gas dan cairan terjadi ketika terdapat perbedaan temperatur, dimana molekul-molekul pada daerah yang memiliki temperatur yaang lebih

besar akan membagikan panasnya terhadap molekul yang bertemperatur jauh lebih rendah ketika terjadi tumbukan. Namun yang membedakan hanya terletak pada kecepatan, dimana pada molekul gas gerak molekulnya lebih cepat dibanding dengan molekul cairan. Akan tetapi, jarak antar molekul pada cairan lebih pendek dibandingkan dengan molekul gas (Buchori, 2009).

Konduktivitas termal merupakan suatu nilai atau besaran dari suatu bahan dalam kemampuannya untuk menghantarkan panas. Dimana semakin besar nilai konduktivitas termal dari suatu bahan maka kemampuan dari bahan tersebut untuk menghantarkan panas akan semakin baik. Berikut ini merupakan beberapa nilai konduktivitas termal beberapa bahan:

Tabel 2. 1. Konduktivitas Termal Bahan

Konduktivitas termal beberapa material pada kondisi ruang	
Material	Konduktivitas Termal (W/m.K)
Intan	2300
Perak	429
Tembaga	401
Emas	317
Aluminium	237
Besi	80,2
Air Raksa (l)	8,54
Kaca	1,4
Bata	0,72
Air (l)	0,613
Kulit Manusia	0,37
Kayu (oak)	0,17
Helium (g)	0,152
Karet	0,13
Serat Kaca	0,043
Udara (g)	0,026
Uretan, Busa	0,026

Untuk menentukan nilai laju perpindahan panas konduksi digunakan sebuah persamaan. Persamaan 2.1 merupakan persamaan dasar laju perpindahan panas konduksi satu dimensi pada keadaan *steady* (Incropera et al., 2015):

$$q_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dX} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

q_{cond} = Laju perpindahan panas konduksi (*Watt*)

k = Konduktivitas termal bahan (W/m.K)

A = Luas perpindahan panas (m^2)

dT = Gradien suhu pada penampang (K)

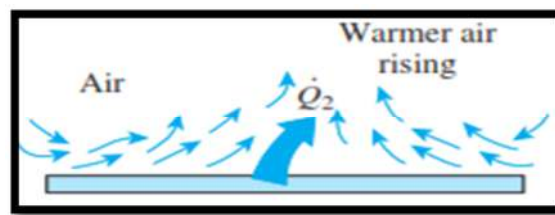
dX = Jarak dalam arah aliran panas (m)

2.2.2. Konveksi

Konveksi merupakan bentuk perpindahan panas yang memerlukan media perantara serta disertai berpindahnya bagian zat perantaranya (Partikelnya). Perpindahan panas secara konveksi terjadi dengan melibatkan pertukaran energi antara permukaan dengan fluida yang berdekatan (Kelbaliyev et al., 2019). Pada perpindahan panas secara konveksi terdapat yang namanya koefisien konveksi. Dimana koefisien konveksi merupakan parameter yang diperoleh berdasarkan hasil eksperimen yang dimana nilainya salah satunya bergantung pada properti dari fluida. Pada penelitian kali ini nilai h konveksi yang digunakan adalah $5 \text{ W/m}^2.\text{K}$. Nilai h tersebut digunakan dikarenakan kecepatan aliran dari fluida pada penelitian kali ini dianggap rendah atau mendekati diam, sehingga digunakanlah nilai h tersebut. Berdasarkan alirannya perpindahan panas secara konveksi dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu:

1. Konveksi bebas, dimana aliran fluida disebabkan dari gerakan cairan karena perubahan kepadatan yang timbul dari proses pemanasan. Gambar 2.2 merupakan sketsa proses konveksi yang

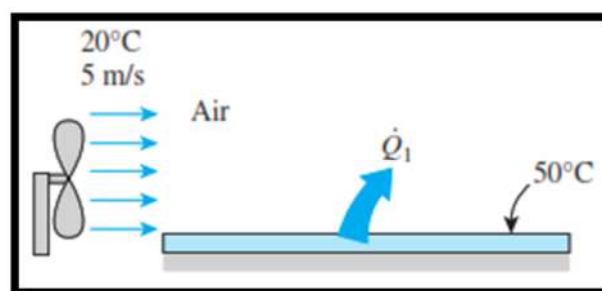
terjadi secara bebas/alami. Radiator panas yang digunakan untuk memanaskan ruangan adalah salah satu contoh perangkat praktis yang mentransfer panas dengan konveksi bebas. Gerakan fluida dalam konveksi bebas, apakah itu gas atau cairan, hasil dari daya apung gaya yang dikenakan pada fluida ketika kepadatannya di dekat permukaan perpindahan panas menurun sebagai akibat dari proses pemanasan.



Gambar 2. 2 Konveksi bebas

(Sumber: Cengel dan Ghajar, 2015)

2. Konveksi paksa, dimana aliran terjadi dikarenakan adanya pengaruh dari luar. Contohnya bisa dari *fan*, pompa, serta hembusan angin. Secara pengertian konveksi paksa merupakan jenis perpindahan panas yang dimana alirannya tersebut berasal dari luar, seperti dari *blower*, keran, dan lainnya (Walujodjati, 2006).



Gambar 2. 3 Konveksi paksa

(Sumber: Cengel dan Ghajar, 2015)

Perpindahan panas secara konveksi paksa dapat kita lihat pada Gambar 2.3. Pengaruh gabungan konduksi serta pergerakan kasar fluida menimbulkan terjadinya perpindahan panas konveksi. Bentuk energi yang dipindahkan, yaitu energi dalam fluida. Konveksi merupakan proses pertukaran panas *latent* yang dihubungkan dengan perubahan fase antara keadaan cairan dengan uap fluida (Walujodjati, 2006).

Untuk menentukan nilai laju perpindahan panas konveksi digunakan sebuah persamaan. Persamaan 2.2 merupakan persamaan laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida (Incropera et al., 2015):

$$q_{\text{conv}} = hA_s(T_s - T_{\infty}) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

q_{conv} = Laju perpindahan panas konveksi (*Watt*)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$)

A_s = Luas penampang (m^2)

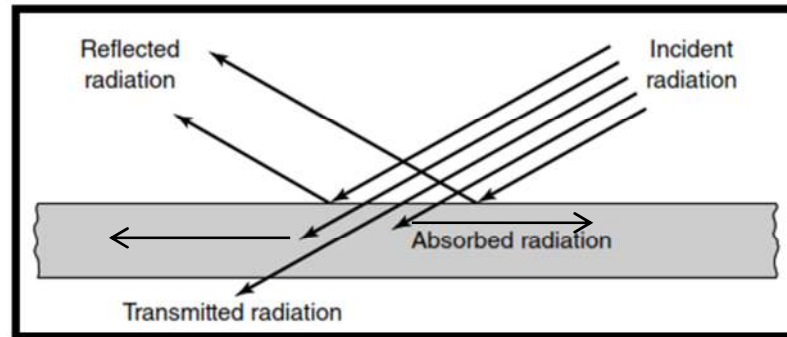
T_s = Temperatur dinding (K)

T_{∞} = Temperatur fluida (K)

2.2.3. Radiasi

Radiasi merupakan bentuk perpindahan panas yang tidak memerlukan media perantara dalam rambatannya, berbeda dengan perpindahan panas konduksi dan konveksi yang memerlukan media rambatan untuk melakukan *transfer* panasnya. Perpindahan panas dari matahari yang sampai ke bumi merupakan bentuk perpindahan panas yang terjadi secara radiasi. Selain itu, perpindahan panas secara radiasi juga dapat ditemukan ketika sedang berada dekat dengan bola lampu yang menyala ataupun ketika menadahkan telapak tangan terhadap bola lampu yang menyala serta dapat terjadi

juga ketika sedang duduk dekat api unggun. Adapun sketsa dari perpindahan panas secara radiasi dapat kita lihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Radiasi pada permukaan

(Sumber: Welty et al., 2014)

Radiasi adalah proses mengalirnya panas dari benda yang bertemperatur tinggi menuju benda yang bertemperatur lebih rendah yang terpisah dalam ruang. Setiap benda akan secara terus-menerus memberikan pancaran panas radiasi, dimana intensitasnya bergantung terhadap temperatur dan sifat dari permukaan. Berdasarkan teori elektromagnetik, panjang gelombang merupakan hal yang membedakan radiasi cahaya dan termal (Supu dkk, 2016).

Untuk menentukan nilai laju perpindahan panas konveksi digunakan sebuah persamaan. Persamaan 2.3 merupakan persamaan laju perpindahan panas secara radiasi (Supu dkk, 2016):

$$q_{\text{rad}} = eA\sigma(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

q_{rad} = Laju perpindahan panas radiasi (*Watt*)

e = Emitansi permukaan kelabu

A = Luas permukaan (m^2)

σ = Konstanta dimensional ($0,174 \cdot 10^{-8} \text{ BTU/h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

T_1 = Temperatur benda kelabu (K)

T_2 = Temperatur benda hitam yang mengelilinginya (K)

Benda hitam (*black body*) didefinisikan sebagai benda yang menyerap semua radiasi yang datang padanya. Dimana ketika radiasi datang menuju benda hitam dan memasuki rongga hitam dengan lubang kecil, maka berkas cahaya akan dipantulkan secara terus-menerus terhadap dinding rongga hitam. Sehingga tidak ada kesempatan untuk berkas cahaya dapat keluar lagi melalui lubang. Berkas cahaya akan selalu diserap oleh dinding rongga hitam apabila terjadi pemantulan. Radiasi benda hitam merupakan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh benda hitam (Sutarno dkk, 2017).

Selain persamaan laju perpindahan panas secara konduksi, konveksi, serta radiasi terdapat juga persamaan panas atau kalor yang diserap atau dilepas oleh suatu benda. Adapun berikut ini merupakan persamaan kalor yang diserap serta dilepaskan oleh suatu benda:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$\dot{Q}$ = Laju perpindahan panas (*Watt*)

$\dot{m}$ = Laju alir massa (*kg/s*)

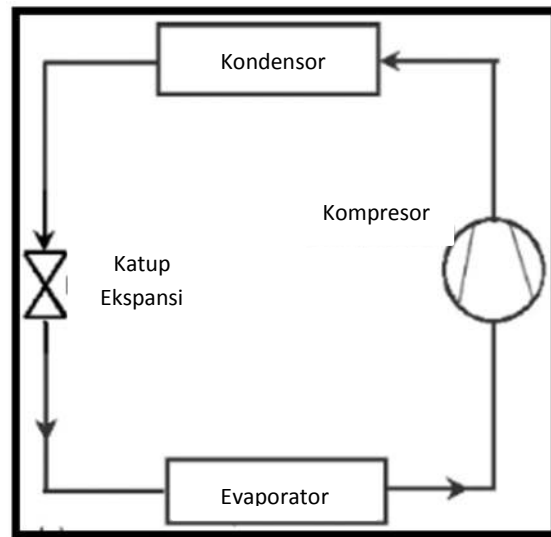
c_p = Panas Spesifik (*kJ/kg.K*)

ΔT = Perubahan temperatur (*K*)

2.3. Komponen Utama Sistem Pendingin

Pengkondisian udara pada ruangan memiliki fungsi agar kelembaban serta temperatur udara yang terdapat dalam suatu ruangan dapat diatur sesuai dengan keinginan yang dikehendaki, dengan tujuan untuk memberi kenyamanan terhadap si pengguna. Salah satu bentuk pengkondisian udara, yaitu proses pendinginan atau refrigerasi. Proses pemindahan energi panas pada suatu ruangan dapat dikatakan sebagai proses pendinginan (refrigerasi). Sesuai dengan hukum kekekalan energi dimana energi tidak

dapat dihilangkan tetapi bisa dirubah dari suatu bentuk substansi ke substansi lainnya (Poernomo et al., 2015).



Gambar 2. 5 Siklus Refrigerasi

(Sumber: Hundy et al., 2016)

Gambar 2.5 menggambarkan bagaimana siklus refrigerasi bekerja. Sistem pendingin (*refrigeration system*) adalah suatu proses untuk menjaga temperatur ruang atau zat/barang tetap rendah dari temperatur udara sekitar (Hasan, 2006). Sistem pendingin atau refrigerasi merupakan proses pengeluaran panas dari suatu ruangan dan kemudian dipertahankan keadaannya sehingga temperaturnya lebih rendah dibanding dengan temperatur lingkungannya (Effendy, 2005). Adapun komponen-komponen utama yang biasanya terdapat pada sistem refrigerasi atau pendinginan, yaitu meliputi kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator:

2.3.1. Kompresor

Kompresor merupakan salah satu unit terpenting pada sistem pendingin (AC). Peran kompresor sama halnya dengan peran jantung pada manusia, yaitu berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh, sedangkan kompresor berguna untuk mengompresi uap ke saluran sistem pendingin. Tujuan dari adanya kompresor pada siklus

kompresi uap adalah untuk mengompresi tekanan rendah uap kering dari evaporator dan menaikkan tekanannya menuju kondensor (Hundy et al., 2016). Gambar 2.6 merupakan gambar dari sebuah kompresor untuk pendingin AC.



Gambar 2. 6 Kompresor untuk pendingin AC

(Sumber: Khurmi et al., 2006)

Adapun berikut ini merupakan fungsi dari kompresor dalam sistem refrigerasi (Poernomo et al., 2015):

1. Menurunkan tekanan yang terdapat pada evaporator, sehingga bahan pendingin cair pada evaporator menguap dalam temperatur yang lebih rendah dan menyerap panas lebih banyak dari ruang di sekitar evaporator.
2. Menghisap bahan pendingin uap dari evaporator dengan temperatur serta tekanan rendah lalu memanfaatkan uap tersebut sehingga menjadi uap dengan temperatur dan tekanan yang tinggi.

2.3.2. Kondensor

Kondensor merupakan bagian utama pada sistem pendingin yang memiliki peran untuk melepaskan kalor ke udara luar (Putri dkk, 2016). Pada bagian kondensor terdapat fan atau kipas yang berfungsi untuk mendinginkan uap panas refrigeran. Kondensor memiliki fungsi untuk melepaskan kalor yang terdapat pada uap panas refrigeran yang sebelumnya dikompresi oleh kompresor. Dimana uap panas atau kalor dari refrigeran yang dilepaskan ke udara luar terkandung dari panas yang diserap oleh evaporator beserta dengan panas kompresi yang dihasilkan dari kerja mekanik dari mesin kompresor (Khurmi et al., 2006). Gambar 2.7 merupakan gambaran dari bentuk kondensor.



Gambar 2. 7 Kondensor

(Sumber: Hundy et al., 2016)

2.3.3. Katup Ekspansi

Katup ekspansi merupakan sebuah perangkat pada sistem pendingin yang berfungsi untuk mengatur tekanan refrigeran cair dari yang bertekanan tinggi menjadi bertekanan rendah sebelum cairan refrigeran tersebut menuju evaporator. Selain itu, berfungsi juga agar perbedaan tekanan antar sisi yang bertekanan tinggi dengan yang bertekanan rendah dari sistem pendingin dapat dipertahankan, sehingga refrigeran cair dapat menguap pada tekanan evaporator. Dan katup ekspansi juga difungsikan untuk mengatur laju aliran refrigeran sesuai dengan beban pada evaporator (Khurmi et al., 2006).

Adapun jenis-jenis alat ekspansi terdiri dari pipa kapiler, katup ekspansi berpengendali superheat, katup ekspansi tekanan konstan, katup apung, dan katup ekspansi termostatik. Dan jenis katup ekspansi yang biasanya dipakai adalah katup ekspansi termostatik dimana dapat mengatur laju aliran refrigeran. Namun, untuk pendingin skala kecil umumnya dipergunakan pipa kapiler sebagai katup ekspansi. Dimensi dari pipa kapiler ditentukan dengan jumlah refrigeran yang bersirkulasi serta besarnya perbedaan tekanan yang diinginkan (Poernomo et al., 2015).

2.3.4. Evaporator

Evaporator adalah komponen pada sistem refrigerasi yang prinsip kerjanya berkebalikan dengan kondensor. Dimana fungsi dari evaporator, yaitu untuk mengambil atau menyerap panas dari udara ataupun fluida lainnya dan kemudian mendinginkannya. Pada saat mesin pendingin bekerja bahan pendingin, yaitu refrigeran akan mengalir sepanjang pipa evaporator dan akan menyerap panas udara yang ada disekitar evaporator (Poernomo et al., 2015).

Dalam penerapannya untuk media pendinginan, evaporator berfungsi untuk mendinginkan udara ataupun cairan. Dan dalam pemanasan, evaporator berfungsi untuk mengekstrak panas. Sebagai contoh pada aplikasi pendinginan, yaitu pada lemari pendingin, dimana udara didinginkan dan disirkulasikan untuk menjaga temperatur agar sesuai dengan temperatur yang diinginkan (Hundy et al., 2016).

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji proses pendinginan air pada akuarium pada budidaya ikan gabus serta juga untuk menganalisa laju pendinginan yang dibutuhkan dan rugi kalor yang terdapat pada akuarium. Penelitian ini juga membutuhkan tempat, waktu, alat, dan bahan penelitian.

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini yang berjudul Kajian Proses Pendinginan Air Untuk Mengontrol Temperatur Air Pada Budidaya Ikan Gabus Pada Kondisi Sejuk dilakukan pada tempat dan waktu sebagai berikut:

3.1.1. Tempat

Pengujian dan pengambilan data pada kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perikanan Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang terletak di Rajabasa.

3.1.2. Waktu

Kegiatan penelitian beserta dengan pembuatan laporan akhir dilakukan dalam rentan waktu dari bulan Februari 2022 hingga bulan Juli 2022.

3.2. Alat dan Bahan

Kegiatan penelitian ini bersifat eksperimental sehingga membutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

3.2.1. Alat

Adapun berikut merupakan alat-alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini:

a) Kondensor

Kondensor yang digunakan merupakan kondensor dengan ukuran $\frac{1}{2}$ PK. Dapat dilihat pada Gambar 3.1 merupakan kondensor yang digunakan.



Gambar 3. 1 Kondensor

Tabel 3.1 merupakan spesifikasi rinci terkait jenis kondensor yang digunakan:

Tabel 3. 1. Spesifikasi Kondensor

Merek	Samsung
Model	AS05TULX
Zat pendingin/Jumlah	R-22/430 g
Kapasitas pendingin	5000 Btu/h

Konsumsi daya pendingin	390 W
Arus kerja pendingin/maks	2.0 A/ 3.1 A
Tegangan/Frekuensi	220 -240 V/50 Hz

b) Modul AC

Modul AC memiliki fungsi untuk mengatur jalannya operasional pendinginan, seperti halnya kerja dari kompresor AC. Dapat dilihat pada Gambar 3.2 merupakan modul AC yang digunakan.



Gambar 3. 2 Modul AC

c) Evaporator

Evaporator yang digunakan dibentuk secara melingkar tidak seperti evaporator AC pada umumnya. Dapat dilihat pada Gambar 3.3 merupakan evaporator yang digunakan. Berikut ini merupakan dimensi rinci dari evaporator yang digunakan:

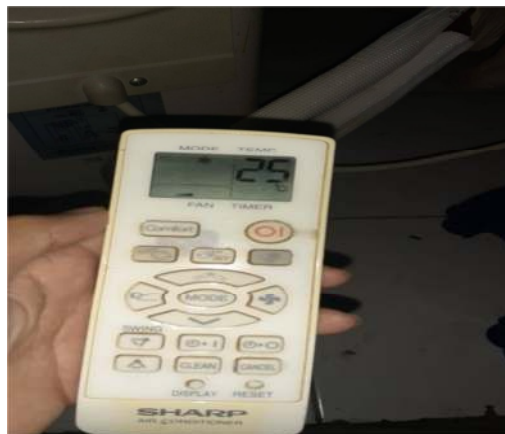
Diameter pipa : 0,9525 cm (3/8 inch)
 Diameter kumparan : 30 cm
 Jumlah lilitan : 13 lilitan



Gambar 3. 3 Evaporator

d) *Remote AC*

Remote AC digunakan untuk mengatur temperatur yang diinginkan. Dapat dilihat pada Gambar 3.4 merupakan *remote AC* yang digunakan.



Gambar 3. 4 *Remote AC*

e) *Temperature Recorder* dan *Thermocouple*

Temperature recorder dan *thermocouple* digunakan untuk mengukur temperatur air pada setiap akuarium. Dan *temperature recorder* juga dapat merekam perubahan data temperatur untuk setiap waktunya dan disimpan dalam SD Card. Dapat dilihat pada Gambar 3.5 merupakan *temperature recorder* dan *thermocouple* yang digunakan.



Gambar 3. 5 *Temperature recorder dan thermocouple*

Tabel 3.2 merupakan spesifikasi rinci dari *temperature recorder* yang digunakan:

Tabel 3. 2. Spesifikasi *Temperature Recorder*

<i>Merk</i>	LU BTM-4208SD
Suhu <i>min/max</i>	-50 s/d 1300°C
Ketelitian	0,1°C
<i>Record external</i>	SD Card
Maks <i>input</i>	12 saluran

f) *Water Flow Meter*

Water flow meter digunakan untuk mengukur debit fluida yang keluar setelah pompa yang telah terhubung dengan *flow* sensor. Dapat dilihat pada Gambar 3.6 merupakan *water flow* meter yang digunakan.



Gambar 3. 6 *Water flow meter*

Tabel 3.3 merupakan spesifikasi rinci dari *water flow meter* yang digunakan:

Tabel 3. 3. Spesifikasi *Water Flow Meter*

<i>Merk</i>	ZJ-LCD-M
Satuan	lpm (Liter per menit)
Rentang tegangan operasi	DC 24 V/1 A
Rentang kuantitatif	1-9999 lpm
Cocok untuk	Minyak, bahan kimia, farmasi, air, dan jenis gas industri

g) Teko Ukur

Teko ukur digunakan untuk mengukur debit aliran fluida pada setiap keran pada masing-masing akuarium. Dimana metode pengukuran debit aliran fluida pada setiap keran menggunakan metode tertampung.

h) Pompa Air

Pompa air digunakan untuk mensirkulasikan air dari kontainer pendingin menuju ke-4 akuarium, lalu ke *filter* air dan kembali

lagi ke kontainer pendingin. Dapat dilihat dari Gambar 3.7 merupakan pompa air yang digunakan.



Gambar 3. 7 Pompa air

i) Pipa Air

Pipa air yang digunakan pada penelitian ini adalah PVC dengan diameter $\frac{1}{2}$ inch dan $\frac{3}{4}$ inch. Dan digunakan juga berbagai jenis sambungan pada pipa seperti *tee*, *cross*, *elbow*, dan *socket*.

j) Akuarium

Akuarium merupakan tempat air disirkulasikan, dimana apabila terisi penuh dengan air volume dari akuarium, yaitu sebesar 50 liter. Dimana jumlah akuarium yang digunakan pada penelitian ini terdapat 5 buah, 4 buah digunakan sebagai tempat membudidaya ikan gabus dan satunya digunakan untuk memfilter air dari kotoran. Dapat dilihat pada Gambar 3.8 merupakan akuarium yang digunakan.



Gambar 3. 8 Akuarium

k) Keran Air

Keran air digunakan untuk mengatur debit aliran fluida pada setiap akuarium. Dapat dilihat pada Gambar 3.9 merupakan keran air yang digunakan.



Gambar 3. 9 Keran air

l) *Box Container*

Box container digunakan sebagai tempat untuk menempatkan evaporator sekaligus pompa air. Dimana ukuran *box container* yang digunakan, yaitu 60 liter. Dapat dilihat pada Gambar 3.10 merupakan *box container* yang digunakan.



Gambar 3. 10 *Box container*

3.2.2. Bahan

Adapun berikut ini merupakan bahan yang digunakan pada kegiatan penelitian ini:

a) Fluida Air

Fluida air disirkulasikan oleh pompa air dari *box container* menuju ke-4 buah akuarium, lalu menuju filter air dan kembali lagi ke *box container*. Berikut ini merupakan keterangan dari debit aliran fluida pada kegiatan penelitian ini:

Debit fluida keluar pompa : $\pm 7,07$ lpm

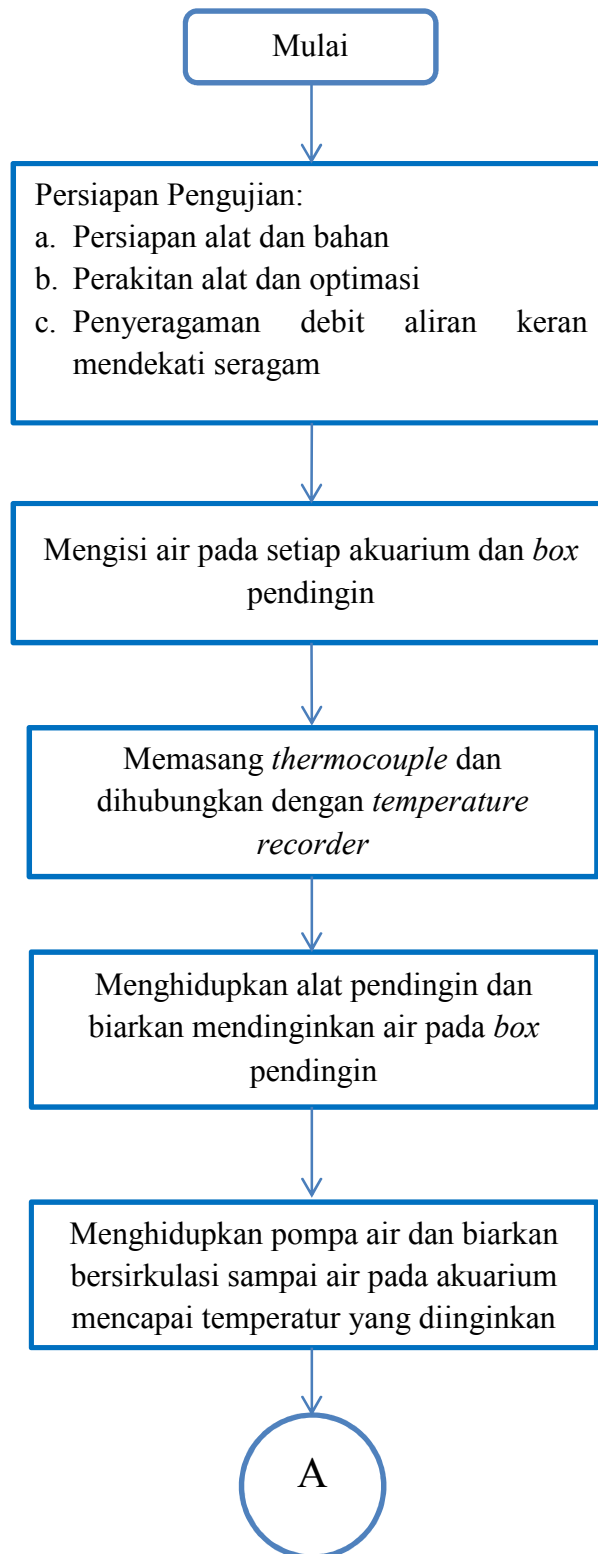
Debit fluida keran 1 : 1,85 lpm

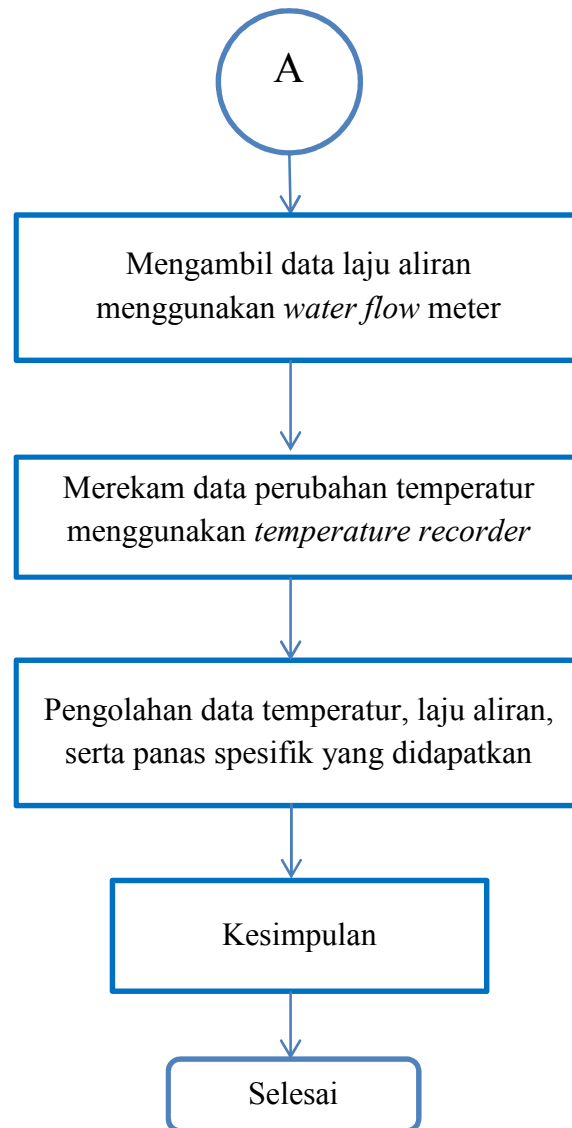
Debit fluida keran 2 : 1,74 lpm

Debit fluida keran 3 : 1,8 lpm

Debit fluida keran 4 : 1,76 lpm

3.3. Diagram Alir Penelitian



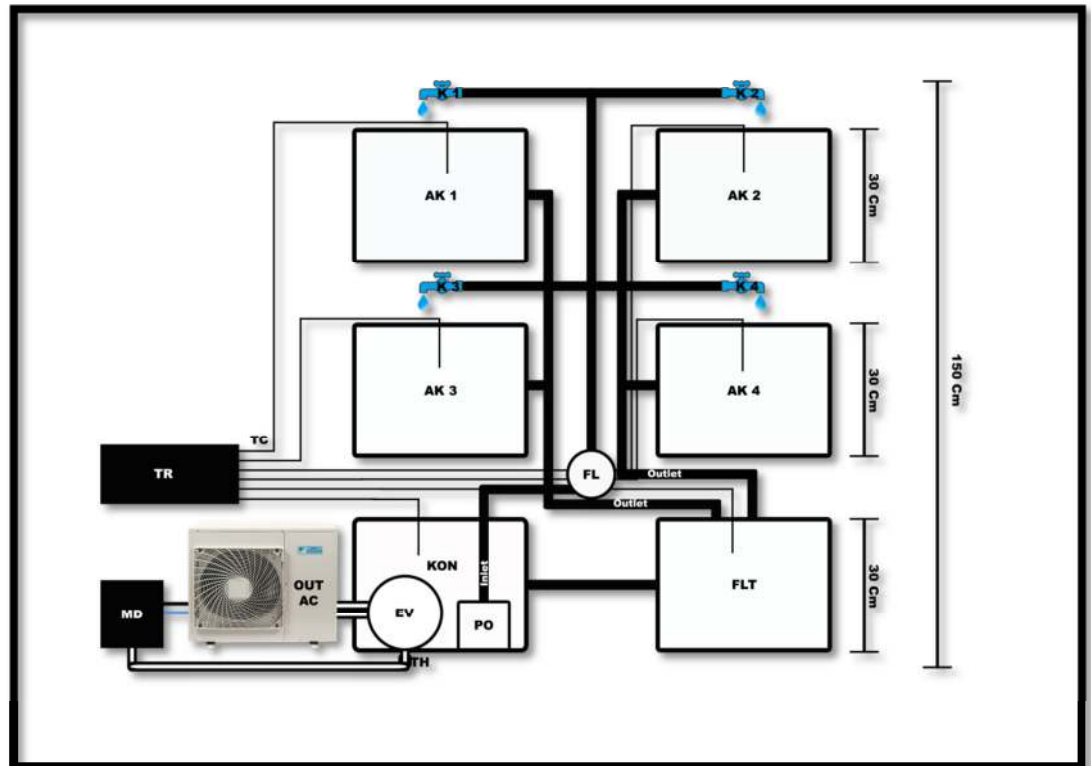


Gambar 3. 11 Diagram alir penelitian

3.4. Desain Pengujian

Sebelum dilakukan kegiatan pengujian terlebih dahulu dilakukan kegiatan optimasi alat sehingga bisa dipastikan alat tersebut dapat bekerja sebagaimana mestinya sesuai yang diinginkan. Dan juga dilakukan penyeragaman debit aliran keran pada setiap akuarium mendekati seragam. Pada saat pengujian pertama-tama menghidupkan alat pendingin dan biarkan mendinginkan *box* pendingin. Lalu, menghidupkan pompa air dan

biarkan bersirkulasi sampai air pada akuarium mencapai temperatur yang diinginkan. Dan dilanjutkan dengan melakukan perekaman data perubahan temperatur dengan menggunakan *temperature recorder* yang telah terhubung dengan *thermocouple*. Instalasi alat pengujian pada kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.12.



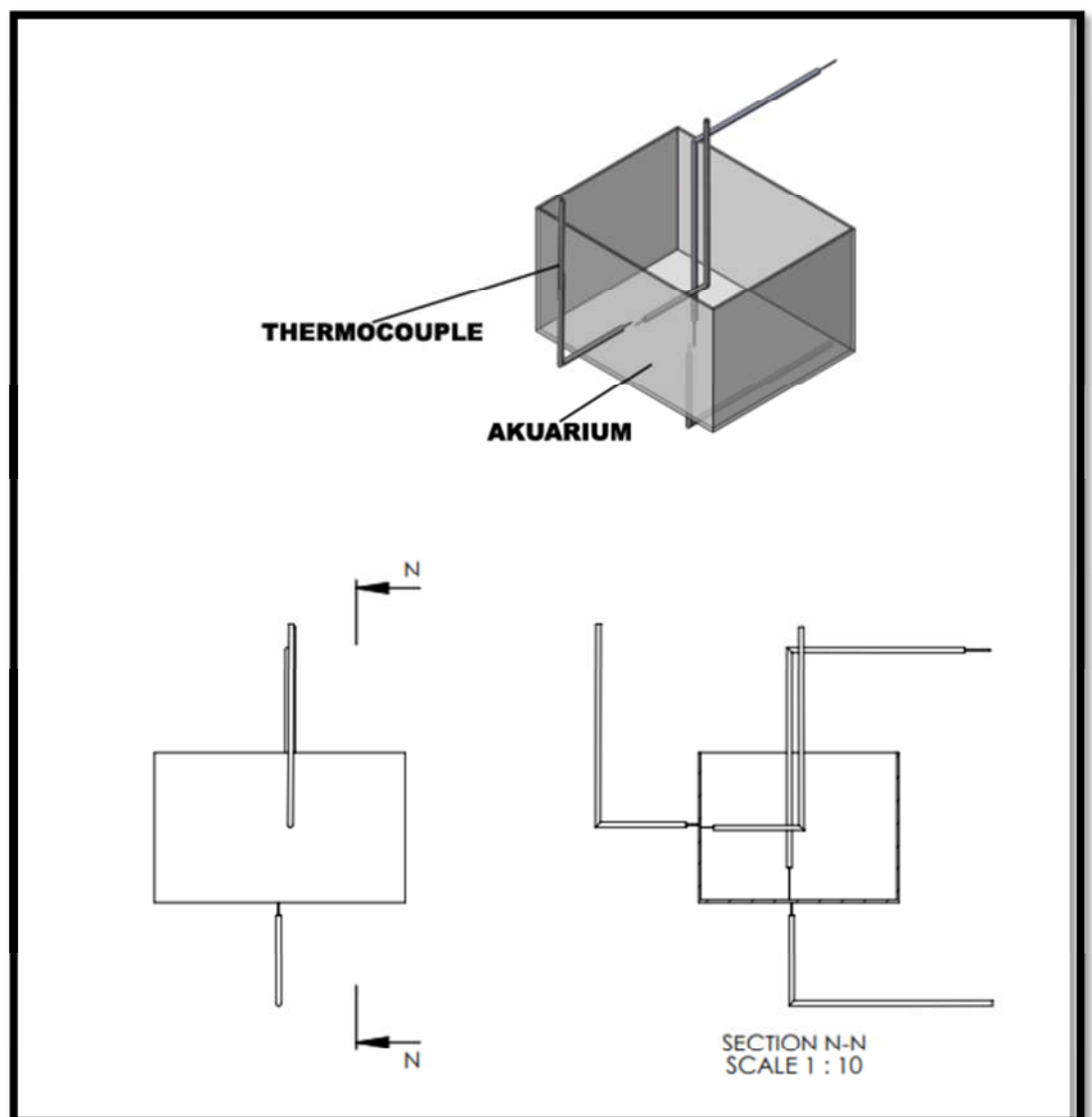
Gambar 3. 12 Desain pengujian

Keterangan:

- AK : Akuarium
- FLT : Filter air
- K : Keran
- FL : *Water flow meter*
- PO : Pompa air
- KON : *Box kontainer (Pendingin)*
- EV : Evaporator
- OUT AC : Kondensor
- TC : *Thermocouple*

TH : *Thermistor*
 TR : *Temperature recorder*
 MD : Modul AC

Adapun Gambar 3.13 berikut ini merupakan gambar skema pengujian rugi kalor pada dinding akuarium:



Gambar 3. 13 Skema pengujian rugi kalor pada dinding akuarium

3.5. Persiapan dan Pengambilan Data

Berikut ini merupakan proses selama tahap persiapan, pengujian, serta penulisan laporan dalam kegiatan penelitian kali ini:

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan seperti kondensor, modul AC, evaporator, pompa air, pipa air PVC, akuarium, keran air, *box container*, *temperature recorder*, *thermocouple*, teko ukur, *water flow meter*, *remote AC*, dan fluida air.
- b. Merangkai alat dan bahan sesuai desain pengujian.
- c. Melakukan optimasi alat pengujian.
- d. Melakukan penyeragaman debit aliran keran air pada setiap akuarium mendekati seragam.
- e. Mengisi air pada setiap akuarium dan *box* pendingin.
- f. Memasang *thermocouple* dan dihubungkan dengan *temperature recorder*, dimana pada akuarium 1 memasangnya pada CH1, akuarium 2 pada CH2, akuarium 3 pada CH3, akuarium 4 pada CH4, filter air pada CH5, dan *box* pendingin pada CH6.
- g. Mencilupkan indikator *thermocouple* ke dalam masing-masing akuarium serta *box* pendingin dan melakban kabelnya pada tutup akuarium agar posisinya letak.
- h. Menghidupkan alat pendingin dan biarkan mendinginkan air pada *box* pendingin.
- i. Menghidupkan pompa air dan membiarkan bersirkulasi sampai air pada akuarium mencapai temperatur yang diinginkan.
- j. Mengambil data laju aliran menggunakan *water flow meter*.
- k. Merekam data perubahan temperatur pada setiap akuarium menggunakan *temperature recorder*.
- l. Memasukkan data hasil rekaman *temperature recorder* ke dalam *MS. Excell*.
- m. Melakukan kajian terhadap data yang telah didapatkan.
- n. Membuat kesimpulan dari kegiatan hasil penelitian ini.
- o. Selesai.

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data pengujian yang diperoleh serta pengolahan data yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu yang dibutuhkan agar temperatur air pada setiap akuarium mencapai temperatur kisaran 24-25°C, yaitu berkisar 2 jam 14 menit dengan jumlah volume air yang disirkulasikan berkisar $\pm 281,61$ liter. Dimana temperatur mula-mula air pada awal proses pendinginan air adalah 28,5°C.
2. Untuk mencapai temperatur air kisaran 24-25°C pada setiap akuarium dibutuhkan laju pendinginan awal sebesar 1340 W. Dan untuk laju pendinginan awal pada *box* pendingin dibutuhkan sebesar 84,16 W. Serta setelah temperatur air pada setiap akuarium dalam keadaan *steady* dan mengalami kenaikan 0,3°C, maka dibutuhkan laju pendinginan sebesar 108 W.
3. Ketika temperatur air pada setiap akuarium mencapai temperatur kisaran 24-25°C didapatkan nilai rugi kalor total yang terdapat pada akuarium sebesar 18,68 W dengan menggunakan rumus perhitungan perpindahan panas secara konveksi alamiah.

5.2. Saran

Berikut ini merupakan saran yang diperlukan agar kegiatan penelitian dapat berjalan dengan optimal:

1. Dalam pengujian pastikan tidak menggunakan cahaya yang berlebih karena dapat mempengaruhi temperatur lingkungan.
2. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperhatikan nilai kelembaban.

DAFTAR PUSTAKA

- Buchori, L. (2009). *Buku Ajar Perpindahan Panas Bagian 1*. UPT PUSTAKA UNDIP. Semarang. 1-70.
- Cengel, YA., Boles, MA. (2015). *Thermodynamics*. McGraw Hill. New York. 1-996.
- Cengel, YA., Ghajar, AJ. (2015). *Heat and Mass Transfer*. McGraw Hill. New York. 1-1207.
- DirjenKesmas RI. (2017). *Tabel Komposisi Pangan Indonesia 2017*. Kemenkes RI. Jakarta. 1-134.
- Effendy, M. (2005). *Pengaruh Kecepatan Putar Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC*. Media Mesin. Surakarta. 6 (2). 55-62. <http://dx.doi.org/10.23917/mesin.v6i2.2898>.
- Hasan, S. (2006). *Analisis Perakitan Trainer Unit Berdasarkan Aplikasi Konsep Refrigerasi Pada Mata Kuliah Sistem Pendingin*. Bandung. 1-20.
- Hidayatullah, S., Muslim., Taqwa, FH. (2015). *Pendederan Larva Ikan Gabus (Channa Striata) Di Kolam Terpal Dengan Padat Tebar Berbeda*. Jurnal Perikanan dan Kelautan. Palembang. 20 (1). 61-70. <http://dx.doi.org/10.31258/jpk.20.1.62-71>.
- Holman, JP. (2010). *Heat Transfer*. McGraw Hill. New York. 1-757.
- Hundy, GF., Trott, AR., Welch, TC. (2015). *Refrigeration, Air Conditioning, and Heat Pumps*. McGraw Hill. New York. 1-481
- Incropera, FP., Dewitt, DP., Bergman, TL., Lavine, AS. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. John Wiley and Sons. Hoboken. 1-1069
- Kemenkes RI. (2019). *Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Untuk Masyarakat Indonesia*. Jakarta. 1-33.
- Khurmi, RS., Gupta, JK. (2006). *Refrigeration and Air Conditioning*. Euarasia Publishing House. New Delhi. 1-765.

- KKP. (2021). *Konsumsi Ikan Nasional*. Jakarta.
- Listyanto, N., Andriyanto, S. (2009). *Ikan Gabus (Channa Striata) Manfaat Pengembangan dan Alternatif Teknik Budidayanya*. Media Akuakultur. Jakarta Selatan. 4 (1). 18-25. <http://dx.doi.org/10.15578/ma.4.1.2009.18-25>.
- Mulyadi, G., Sasanti, AD., Yulisman. (2016). *Pemeliharaan Ikan Gabus (Channa Striata) Dengan Padat Tebar Berbeda Dalam Media Bioflok*. Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia. Palembang. 4 (2). 159-174. <https://doi.org/10.36706/jari.v4i2.4433>.
- Mustafa, A., Widodo, MA., Kristianto, Y. (2012). *Albumin And Zinc Content Of Snakehead Fish (Channa striata) Extract And Its Role In Health*. International Journal of Science and Technology (IJSTE). Malang. 1 (2). 1-8.
- Poernomo, H. (2015). *Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor*. KAPAL. Surabaya. 12 (1). 1-8. <https://doi.org/10.14710/kpl.v12i1.8175>.
- Putri, SWK., Yushardi., Supriadi, B. (2018). *Analisis Variasi Tipe Kondensor Air Conditioning (AC) Terhadap Besar Peningkatan Suhu Yang Dihasilkan*. Jurnal Pembelajaran Fisika. Jember. 7 (3). 293-298. <https://doi.org/10.19184/jpf.v7i3.8603>.
- Qin, JG., Fast, AW. (1998). *Effects of Temperature, Size and Density on Culture Performance of Snakehead, Channa Striatus (Bloch), Fed Formulated Feed*. Aquaculture Research. Hawaii. 29. 299-303. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2109.1998.00202.x>
- Serdiati, N. Yoel. (2011). *Pemberian Pakan Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Lele Dumbo (Clarias Gariepinus)*. Media Litbang Sulteng IV. Palu. 4 (2). 83-87.
- Supu, I. Usman, B. Basri, S. Sunarmi. (2016). *Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda*. Jurnal Dinamika. Palopo. 7 (1). 62-73.
- Sutarno. Erwin. Hayat, MS. (2017). *Radiasi Benda Hitam Dan Efek Fotolistrik Sebagai Konsep Kunci Revolusi Saintifik Dalam Perkembangan Teori Kuantum Cahaya*. Jurnal Ilmiah Multi Sciences. Oku Timur. 9 (2). 51-58. <https://doi.org/10.30599/jti.v9i2.92>.
- Walujodjati, A. (2006). *Perpindahan Panas Konveksi Paksa*. Momentum. Semarang. 2 (2). 21-24. <http://dx.doi.org/10.36499/jim.v2i2.665>.
- Welty, JR. Rorrer, GL. Foster, DG. (2014). *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*. Don Fowley. Hoboken. 1-769.
- Yunus, AD. (2009). *Perpindahan Panas dan Massa*. Jakarta. 1-15.