

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN UDARA TERHADAP
KARAKTERISTIK *AIR COOLER* DENGAN *COOLING PAD* DARI**

RAYON

SKRIPSI

**Dibuat sebagai syarat untuk mencapai
derajat Sarjana Teknik di bidang Teknik Mesin**



Disusun oleh:

ADRIANUS ADJIE CHRISTYANTAKA

165214098

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA**

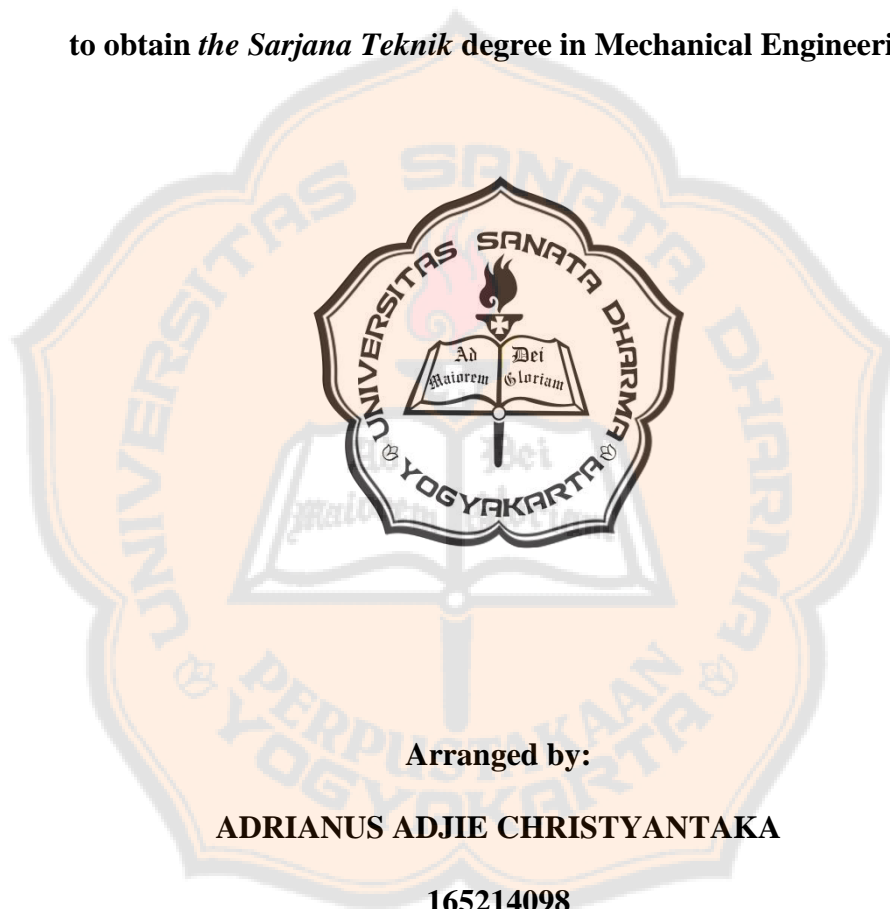
2022

**THE EFFECT OF SPEED AIR FLOW ON THE CHARACTERISTICS OF
AIR COOLER WITH RAYON COOLING PAD**

FINAL PROJECT

As partial fulfillment of requirement

to obtain *the Sarjana Teknik* degree in Mechanical Engineering



Arranged by:

ADRIANUS ADJIE CHRISTYANTAKA

165214098

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT

SCIENCE AND TECHNOLOGY FACULTY

SANATA DHARMA UNIVERSITY

YOGYAKARTA

2022

ii

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN UDARA TERHADAP
KARAKTERISTIK AIR COOLER DENGAN COOLING PAD DARI
RAYON**



Disusun oleh :

ADRIANUS ADJIE CHRISTYANTAKA

NIM : 165214098

Telah disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Wibowo Kusbandono, S.T, M.T.

Ir. PK Purwadi, M.T

**PENGARUH KECEPATAN ALIRAN UDARA TERHADAP
KARAKTERISTIK *AIR COOLER* DENGAN *COOLING PAD* DARI
RAYON**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

NAMA : Adrianus Adjie Christyantaka

NIM : 165214098

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 20 september 2022

Susunan Dewan Penguji

Nama Lengkap

Tanda Tangan

Ketua : A. Prasetyadi Ph. D.



Sekretaris : Dr. Ir. YB. Lukiyanto



Anggota 1 : Ir. Wibowo Kusbandono, S.T, M.T.



Anggota 2 : Ir. PK Purwadi, M.T



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Yogyakarta, 20 september 2022

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma



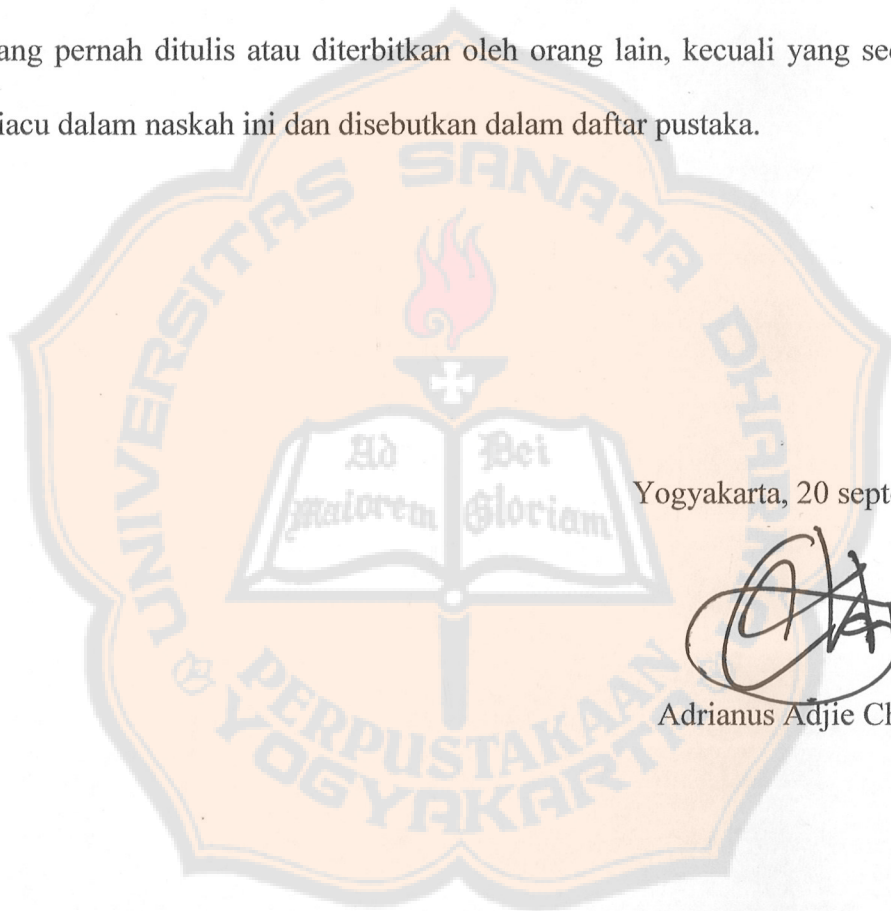
Dekan



Drs. Haris Sriwindono, M.Kom, Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 20 september 2022

Adrianus Adjie Christyantaka

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma:

Nama : Adrianus Adjie Christyantaka

Nomor Mahasiswa : 165214098

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah yang berjudul:

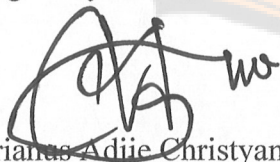
**Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap karakteristik *air cooler*
dengan *cooling pad* dari rayon**

Dengan demikian saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikannya secara terbatas, dan mempublikasikannya di internet ataupun media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya maupun memberi royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 20 september 2022

Yang menyatakan,



Adrianus Adjie Christyantaka

ABSTRAK

Air cooler berfungsi untuk menurunkan suhu udara lingkungan sehingga dapat dijadikan sebagai pengganti *air conditioner*. Udara panas yang masuk ke dalam *air cooler* akan mengalami penguapan saat melewati *cooling pad* sehingga menurunkan suhu udara. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui (a) penambahan kandungan uap air di udara dari saat udara masuk sampai saat udara keluar (b) laju aliran volume udara saat melewati *cooling pad* (c) laju aliran massa udara saat melewati *cooling pad* (d) energi kalor sensibel yang dilepas oleh udara saat melewati *cooling pad* (e) jumlah air yang menguap per menit saat melewati *cooling pad* (f) suhu udara bola kering yang keluar di *air cooler* (g) efektivitas pendinginan saat melewati *cooling pad*.

Penelitian dilakukan secara eksperimen di laboratorium Perpindahan Kalor Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. dengan menggunakan variasi kecepatan aliran udara sebagai : 1,6 m/s, 2,34 m/s, dan 2,94 m/s. Dengan *cooling pad* berbahan rayon. Pompa air yang dipergunakan model celup ukuran 70 watt menggunakan 2 buah pompa air celup. Kipas dengan diameter 60 cm, daya 80 watt, Ukuran *air cooler* adalah panjang 150 cm, tinggi 120 cm, lebar 80 cm. *Cooling pad* berukuran panjang 81 cm, lebar 78 cm diameter rayon 1 cm jumlah rayon 6.318 buah. Tampungan air atas dan bawah memiliki ukuran panjang 98 cm, lebar 86 cm, tinggi 12 cm.

Setelah melakukan penelitian dapat diketahui hasilnya sebagai berikut. (a) penambahan kandungan uap air di udara dari saat udara masuk sampai saat udara keluar paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 1,6 m/s dengan pengering udara sebesar $0,0027 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$ (b) laju aliran volume udara saat melewati *cooling pad* paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s sebesar $2,646 \text{ m}^3/\text{s}$ (c) laju aliran massa udara saat melewati *cooling pad* paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s sebesar $3,0137 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s}$ (d) energi kalor sensibel yang dilepas oleh udara saat melewati *cooling pad* paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s dengan pengering udara sebesar $30,137 \text{ kJ/s}$ (e) jumlah air yang menguap per menit saat melewati *cooling pad* paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s sebesar 0,875 (f) suhu udara bola kering yang keluar di *air cooler* paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 1,6 m/s dengan tambahan alat pengering udara sebesar $22,8^\circ\text{C}$ (g) efektivitas pendinginan saat melewati *cooling pad* paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s dengan pengering udara sebesar $0,4160 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{menit}$.

Kata kunci : *air cooler*, pendingin, *cooling pad*, rayon

ABSTRACT

Air cooler serves to lower the ambient air temperature so that it can be used as a substitute for air conditioner. The hot air that enters the air cooler will evaporate as it passes through the cooling pad, thereby lowering the air temperature. The research objectives are (a) The increase in water vapor content in the air from the time the air enters to the time the air leaves (b) flow rate of air volume as it passes through the cooling pad (c) mass flow rate of air as it passes through the cooling pad (d) the sensible heat energy released is released by the air as it passes through the cooling pad (e) the amount of water that evaporates per minute as it passes through the cooling pad (f) the dry bulb air temperature coming out of the air cooler (g) cooling effectiveness as it passes through the cooling pad.

This research was conducted experimentally in the Mechanical Engineering Heat Transfer Laboratory, University of Sanata Dharma Yogyakarta. by varying the air flow velocity as: 1.6 m/s, 2.34 m/s, and 2.94 m/s. With a cooling pad made of rayon. The water pump used is a 70 watt submersible model using 2 submersible water pumps. Fan with a diameter of 60 cm, 80 watts of power, the size of the air cooler is 150 cm long, 120 cm high, 80 cm wide. Cooling pad measuring 81 cm long, 78 cm wide, 1 cm diameter rayon, 6,318 pieces of rayon. The top and bottom water reservoirs measure 98 cm long, 86 cm wide, and 12 cm high.

After conducting the research, the results can be seen as follows. (a) The increase in the water vapor content in the air from the time the air enters until the air exits is highest at an air flow speed of 1.6 m/s with an air dryer of 0.0027 $\text{kg}_{\text{water}}/\text{kg}_{\text{air}}$ (b) The highest air volume flow rate when passing through the cooling pad occurs at an air flow velocity of 2.94 m/s at 2.646 m^3/s (c) The highest mass flow rate of air as it passes through the cooling pad occurs at an air flow velocity of 2.94 m/s at 3.0137 $\text{kg}_{\text{air}}/\text{s}$ (d) The highest sensible heat energy released by the air as it passes through the cooling pad occurs at an air flow velocity of 2.94 m/s with an air dryer of 30.137 kJ/s (e) the highest amount of water that evaporates per minute as it passes through the cooling pad occurs at an air flow velocity of 2.94 m/s of 0.875 (f) The highest dry bulb air temperature that comes out of the air cooler occurs at an air flow velocity of 1.6 m/s with the addition of an air dryer of 22.8°C (g) The highest cooling effectiveness when passing through the cooling pad occurs at an air flow speed of 2.94 m/s with an air dryer of 0.4160 $\text{kg}_{\text{water}}/\text{minute}$.

Keywords : air cooler, cooling pad, rayon

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat wajib bagi setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di bidang Teknik Mesin.

Berkat bimbingan, nasehat, dan doa yang diberikan oleh berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan ketulusan penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. Haris Sriwindono, M.Kom, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
2. Budi Setyahandana, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharm, Yogyakarta.
3. Wibowo Kusbandono, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi I.
4. Ir. PK Purwadi, M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi II dan sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
5. Henricus Hasta Sumarno dan Yustina Sulistyaningsih sebagai orang tua yang selalu memberikan uang saku dan sebagai sponsor utama.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta atas semua ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama perkuliahan.
7. Seluruh Tenaga Kependidikan Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, yang telah membantu penulis selama perkuliahan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
8. Untuk teman-teman semuanya yang telah membantu pengerjaan dan pengoperasian alat penguji.

9. Semua teman-teman Teknik Mesin dan pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan moril maupun materi sehingga proses penyelesaian skripsi ini berjalan dengan baik.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidaklah sempurna, karena tidak ada gading yang retak sehingga kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini dikemudian hari. Akhirnya, besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 20 september 2022



Penulis



DAFTAR ISI

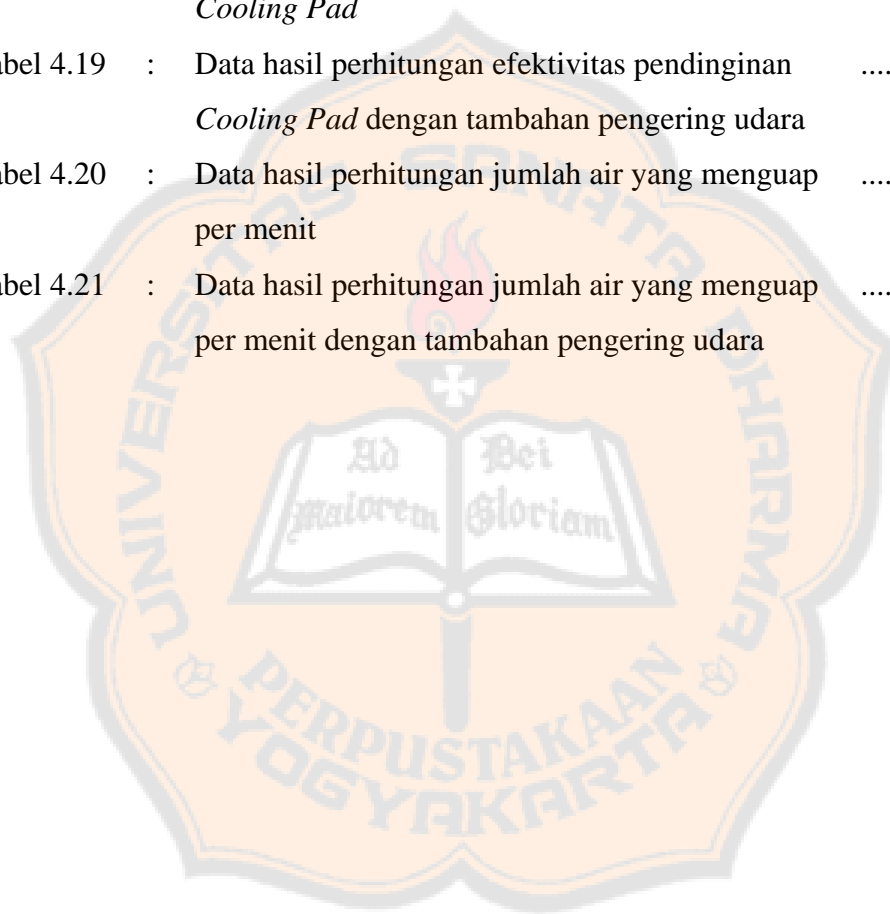
| | | |
|--|-------|------|
| HALAMAN JUDUL | ..... | i |
| <i>TITLE PAGE</i> | ..... | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING | ..... | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | ..... | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA | ..... | v |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN | ..... | vi |
| PUBLIKASI | | |
| ABSTRAK | ..... | vii |
| <i>ABSTRACT</i> | ..... | viii |
| KATA PENGANTAR | ..... | ix |
| DAFTAR ISI | ..... | xi |
| DAFTAR TABEL | ..... | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | ..... | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | ..... | xix |
| BAB I PENDAHULUAN | ..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | ..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | ..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | ..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | ..... | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | ..... | 3 |
| BAB II. DASAR TEORI DAN TINJAUAN | ..... | 4 |
| PUSTAKA | | |
| 2.1 Dasar Teori | ..... | 4 |
| 2.1.1 <i>Air Cooler</i> | ..... | 4 |
| 2.1.2 Tipe Desain <i>Air Cooler (Evaporative Cooler)</i> | ..... | 5 |
| 2.1.3 Bagian-Bagian <i>Air Cooler</i> | ..... | 7 |
| 2.1.4 Pendinginan <i>Evaporative</i> | ..... | 10 |
| 2.1.5 Kondisi Udara | ..... | 13 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.1.6 | <i>Psychrometric Chart</i> | 15 |
| 2.1.7 | Perhitungan pada <i>Psychrometric Chart</i> | 19 |
| 2.1.8 | Faktor Pertimbangan Dalam Pemilihan Sistem Penyejukan Udara | 21 |
| 2.2 | Tinjauan Pustaka | 22 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 25 |
| 3.1 | Persiapan Pembuatan Alat | 25 |
| 3.2 | Variasi Penelitian | 26 |
| 3.3 | Alur Penelitian | 26 |
| 3.4 | Bahan Dan Alat Yang Digunakan | 27 |
| 3.5 | Alat ukur yang digunakan | 36 |
| 3.6 | Proses Pengerjaan <i>Air Cooler</i> | 38 |
| 3.7 | Metodologi Penelitian | 39 |
| 3.7.1 | Objek Penelitian | 39 |
| 3.7.2 | Beban Pendinginan | 39 |
| 3.7.3 | Cara Pengambilan Data | 39 |
| 3.7.4 | Cara pengolahan Data | 39 |
| 3.7.5 | Cara Mendapatkan Kesimpulan | 39 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN, PENGOLAHAN DATA, DAN PEMBAHASAN | | 40 |
| 4.1 | Hasil Penelitian | 40 |
| 4.2 | Pengolahan Data | 44 |
| 4.3 | Pembahasan | 60 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 68 |
| 5.1 | Kesimpulan | 68 |
| 5.2 | Saran | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 71 |
| LAMPIRAN | | 72 |

DAFTAR TABEL

| | | | |
|------------|--|-------|----|
| Tabel 4.1 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s tanpa pengering udara | ..... | 41 |
| Tabel 4.2 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s tanpa pengering udara | ..... | 41 |
| Tabel 4.3 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s tanpa pengering udara | ..... | 42 |
| Tabel 4.4 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s dengan pengering udara | ..... | 42 |
| Tabel 4.5 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,34 m/s dengan pengering udara | ..... | 43 |
| Tabel 4.6 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s dengan pengering udara | ..... | 43 |
| Tabel 4.7 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s tanpa pengering udara | ..... | 45 |
| Tabel 4.8 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,34 m/s tanpa pengering udara | ..... | 45 |
| Tabel 4.9 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s tanpa pengering udara | ..... | 46 |
| Tabel 4.10 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s dengan pengering udara | ..... | 46 |
| Tabel 4.11 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,34 m/s dengan pengering udara | ..... | 47 |
| Tabel 4.12 | : Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s dengan pengering udara | ..... | 47 |
| Tabel 4.13 | : Data hasil perhitungan pertambahan kandungan air | ..... | 58 |
| Tabel 4.14 | : Data hasil perhitungan pertambahan kandungan air dengan tambahan alat pengering udara | ..... | 58 |
| Tabel 4.15 | : Data hasil perhitungan laju aliran massa dan laju | ..... | 58 |

| | | |
|------------|---|----|
| | aliran volume udara | |
| Tabel 4.16 | : Data hasil perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara | 58 |
| Tabel 4.17 | : Data hasil perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara dengan tambahan pengering udara | 59 |
| Tabel 4.18 | : Data hasil perhitungan efektivitas pendinginan <i>Cooling Pad</i> | 59 |
| Tabel 4.19 | : Data hasil perhitungan efektivitas pendinginan <i>Cooling Pad</i> dengan tambahan pengering udara | 59 |
| Tabel 4.20 | : Data hasil perhitungan jumlah air yang menguap per menit | 59 |
| Tabel 4.21 | : Data hasil perhitungan jumlah air yang menguap per menit dengan tambahan pengering udara | 59 |



DAFTAR GAMBAR

| | | | |
|-------------|--|-------|----|
| Gambar 2.1 | : Unit <i>Air Cooler</i> | ..... | 5 |
| Gambar 2.2 | : Skema <i>Air Cooler</i> | ..... | 5 |
| Gambar 2.2 | : <i>Direct Evaporative Cooling</i> | ..... | 6 |
| Gambar 2.3 | : <i>Indirect Evaporative Cooling</i> | ..... | 7 |
| Gambar 2.4 | : Bagian Bagian <i>Air Cooler</i> | ..... | 7 |
| Gambar 2.5 | : <i>Casing</i> | ..... | 8 |
| Gambar 2.6 | : <i>Fan</i> atau Kipas | ..... | 8 |
| Gambar 2.7 | : <i>Water Distribution Line</i> tampungan bawah | ..... | 9 |
| Gambar 2.8 | : <i>Water Distribution Line</i> tampungan atas | ..... | 9 |
| Gambar 2.9 | : Tampungan Air Atas | ..... | 9 |
| Gambar 2.10 | : Tangki Penampung | ..... | 10 |
| Gambar 2.11 | : Pompa Air | ..... | 10 |
| Gambar 2.12 | : Grafik proses <i>Evaporative Cooling</i> | ..... | 13 |
| Gambar 2.13 | : Pengukur Temperature Bola Kering | ..... | 14 |
| Gambar 2.14 | : Rangka Diagram <i>Psychrometric Chart</i> | ..... | 17 |
| Gambar 2.15 | : Delapan proses termodinamika dasar | ..... | 17 |
| Gambar 3.1 | : Skematik <i>Air Cooler</i> | ..... | 25 |
| Gambar 3.2 | : Alur Penelitian <i>Air Cooler</i> | ..... | 26 |
| Gambar 3.3 | : Kipas | ..... | 27 |
| Gambar 3.4 | : Tali Pramuka Bahan Rayon | ..... | 28 |
| Gambar 3.5 | : Pipa Air 3/4 | ..... | 28 |
| Gambar 3.6 | : Pompa Air | ..... | 29 |
| Gambar 3.7 | : <i>Cooling Pad</i> Tampak Atas | ..... | 30 |
| Gambar 3.8 | : <i>Cooling Pad</i> Tampak Samping | ..... | 30 |
| Gambar 3.9 | : <i>Cooling Pad</i> | ..... | 31 |
| Gambar 3.10 | : Tampungan Air Atas | ..... | 31 |
| Gambar 3.11 | : Gunting | ..... | 32 |
| Gambar 3.12 | : Bor Listrik | ..... | 32 |
| Gambar 3.13 | : Gerinda Tangan | ..... | 33 |

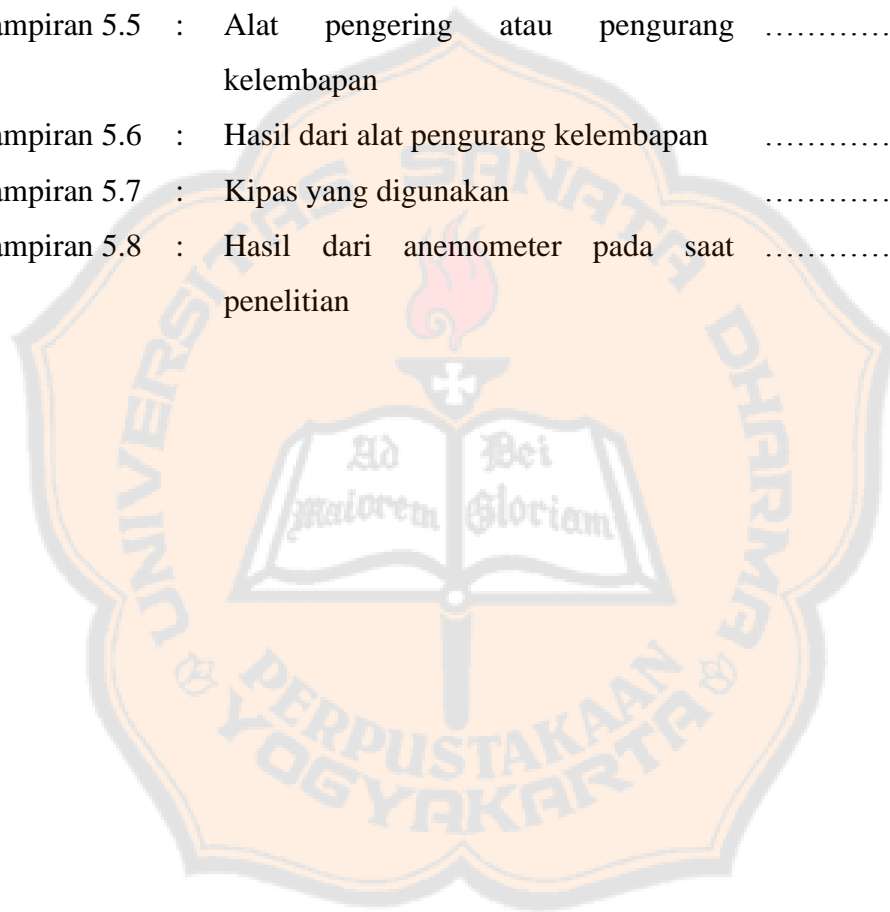
| | | | |
|-------------|--|-------|----|
| Gambar 3.14 | : Las Listrik | ..... | 33 |
| Gambar 3.15 | : Besi Hollow 44 | ..... | 34 |
| Gambar 3.16 | : Triplek 0,4mm | ..... | 34 |
| Gambar 3.17 | : Baut Fisher | ..... | 35 |
| Gambar 3.18 | : Box Mesin <i>Air Cooler</i> | ..... | 35 |
| Gambar 3.19 | : <i>Repeat</i> | ..... | 35 |
| Gambar 3.20 | : Lakban | ..... | 36 |
| Gambar 3.21 | : Terpal | ..... | 36 |
| Gambar 3.22 | : <i>Thermocouple</i> Digital | ..... | 37 |
| Gambar 3.23 | : <i>Stopwatch</i> | ..... | 37 |
| Gambar 3.24 | : <i>Anemometer</i> | ..... | 37 |
| Gambar 4.1 | : Proses <i>evaporative cooling</i> dengan kecepatan kipas 1,6m/s | ..... | 48 |
| Gambar 4.2 | : Proses <i>evaporative cooling</i> dengan kecepatan kipas 1,6m/s dengan tambahan pengering udara | ..... | 48 |
| Gambar 4.3 | : Proses <i>evaporative cooling</i> dengan kecepatan kipas 2,34m/s | ..... | 49 |
| Gambar 4.4 | : Proses <i>evaporative cooling</i> dengan kecepatan kipas 2,34 m/s dengan tambahan pengering udara | ..... | 49 |
| Gambar 4.5 | : Proses <i>evaporative cooling</i> dengan kecepatan kipas 2,94 m/s | ..... | 50 |
| Gambar 4.6 | : Proses <i>evaporative cooling</i> dengan kecepatan kipas 2,94 m/s dengan tambahan pengering udara | ..... | 50 |
| Gambar 4.7 | : Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kandungan uap air di <i>cooling pad</i> (ΔW) tanpa pengering dan dengan pengering | ..... | 61 |
| Gambar 4.8 | : Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap | ..... | 62 |

laju aliran volume udara (Q_{udara}) dan laju aliran massa (Q_{massa}) aliran udara tanpa pengering dan dengan pengering

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.9 | : Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) di kecepatan aliran udara tanpa pengering dan dengan pengering | 63 |
| Gambar 4.10 | : Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap efektivitas pendingin <i>cooling pad</i> kecepatan aliran udara tanpa pengering dan dengan pengering | 64 |
| Gambar 4.11 | : Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap jumlah air yang menguap per menit di <i>cooling pad</i> tanpa pengering dan dengan pengering | 65 |
| Gambar 4.12 | : Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap suhu udara bola kering yang keluar (T_{dbB}) di <i>air cooler</i> tanpa pengering dan dengan pengering | 66 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | | |
|--------------|--|-------|----|
| Lampiran 5.1 | : Unit <i>Air Cooler</i> | ..... | 72 |
| Lampiran 5.2 | : <i>Water distribution line</i> dan tampungan air bawah | ..... | 72 |
| Lampiran 5.3 | : Tampungan air atas | ..... | 73 |
| Lampiran 5.4 | : <i>Cooling Pad</i> | ..... | 73 |
| Lampiran 5.5 | : Alat pengering atau pengurang kelembapan | ..... | 74 |
| Lampiran 5.6 | : Hasil dari alat pengurang kelembapan | ..... | 74 |
| Lampiran 5.7 | : Kipas yang digunakan | ..... | 75 |
| Lampiran 5.8 | : Hasil dari anemometer pada saat penelitian | ..... | 75 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang mempunyai iklim tropis. Kondisi daerah tropis ini dikenal memiliki temperatur dan kelembapan tinggi (lebih dari 24°C dan 50%). Pada zaman sekarang ini kenyamanan dalam beraktivitas merupakan salah satu tuntutan kebutuhan hidup hampir semua manusia. Tidak hanya orang-orang yang berkecukupan yang memerlukan, tetapi juga para pelajar agar dapat belajar dengan baik, dan para karyawan agar dapat memaksimalkan hasil kerja. Setiap rumah hunian juga memerlukan kenyamanan untuk beraktivitas. Kenyamanan di dalam beraktivitas dapat dicapai dengan tersedianya udara yang sejuk dan segar.

Seiring dengan tuntutan kemajuan teknologi yang semakin pesat saat ini membutuhkan bantuan dari berbagai mesin contohnya saja *air cooler* yang mampu bekerja sebagai pendingin dengan optimal dalam berbagai kondisi. Kinerja sebuah *air cooler* sangat ditentukan oleh kipas yang mendorong udara yang masuk atau yang dihisap masuk ke dalam *air cooler*, udara ini disebut sebagai kunci utama proses terjadinya pendinginan. Kinerja dari sebuah *air cooler* sangat dipengaruhi oleh temperatur yang dihasilkan selama alat tersebut beroperasi. Temperatur juga sangat dipengaruhi oleh udara yang didorong dari kipas.

Air cooler adalah alat yang dapat dijadikan pengganti *air conditioner* (AC). *Air cooler* mungkin memang serupa dengan AC namun tidak sama. Perbedaan mendasar pada keduanya ada pada cara kerja dan fungsinya. Dimana AC mendinginkan sebuah ruangan, *air cooler* tidak mendinginkan, namun menyejukkan ruangan. Pada *air cooler*, udara panas dihisap masuk melalui bagian belakang *air cooler* dengan menggunakan kipas. Lalu udara panas ini bersentuhan langsung dengan air yang berada pada media pendingin pada *air cooler*. Alhasil, udara panas menyerap partikel-partikel air. Banyaknya air yang diserap

tergantung tingkat kelembapan udara atau kandungan partikel air pada udara. Di sinilah terjadi proses pendinginan udara melalui penguapan atau biasa disebut pendinginan *evaporatif cooling*. Di mana molekul air berubah wujud menjadi molekul gas, dan terjadi pertukaran energi. Yaitu energi panas pada udara digunakan oleh partikel air berubah menjadi partikel dingin. Sehingga temperatur udara yang panas menurun, dan temperatur udara yang dihasilkan air cooler menjadi lebih sejuk. Di sini kita dapat memahami bagaimana udara yang dihasilkan oleh kipas dapat mempengaruhi output *air cooler* semakin kencang udara yang didorong oleh kipas dapat meningkatkan hasil dari *air cooler* tersebut. Berdasarkan latar belakang ini, sebagai penulis saya ingin melakukan penelitian bagaimana memvariasikan kecepatan udara yang didorong oleh kipas untuk mempengaruhi hasil akhir *air cooler*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dinyatakan sebagai berikut: bagaimanakah pengaruh kecepatan aliran udara karakteristik *air cooler* dengan *cooling pad* dari rayon ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh kecepatan aliran udara terhadap karakteristik *air cooler* dengan *cooling pad* dari rayon. Karakteristik *air cooler* yang dicari adalah :

- a. Pertambahan kandungan uap air di udara dari saat udara masuk sampai saat udara keluar.
- b. Laju aliran volume udara saat melewati *cooling pad* dan Laju aliran massa udara saat melewati *cooling pad*
- c. Energi kalor sensibel yang dilepas oleh udara saat melewati *cooling pad*
- d. Jumlah air yang menguap per menit saat melewati *cooling pad*
- e. Suhu udara bola kering yang keluar di *air cooler*
- f. Efektivitas pendinginan saat melewati *cooling pad*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam pembuatan air cooler sebagai berikut:

- a. *Cooling pad* dibuat dari rayon
- b. Pompa air yang dipergunakan model celup ukuran 70 watt menggunakan 2 buah pompa air celup.
- c. Kipas dengan diameter 60 cm, daya 80 watt, dan menggunakan 4 sudu.
- d. Ukuran *air cooler* adalah panjang 150 cm, tinggi 120 cm, lebar 80 cm.
- e. *Cooling pad* berukuran panjang 81 cm, lebar 78 cm diameter rayon 1 cm jumlah rayon 6.318 buah
- f. Tampung air atas memiliki ukuran panjang 98 cm, lebar 86 cm, tinggi 12 cm.
- g. Tampung air bawah memiliki ukuran panjang 98 cm, lebar 86 cm, tinggi 12 cm.
- h. Penelitian dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

1.5 Manfaat

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Hasil penelitian dapat dipergunakan sebagai referensi bagi peneliti lain yang melakukan penelitian terkait dengan *air cooler*.
- b. Hasil penelitian dapat ditempatkan di perpustakaan untuk menambah kasanah ilmu pengetahuan.
- c. Menghasilkan teknologi tepat guna berupa *air cooler* dengan *cooling pad* dari rayon.

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

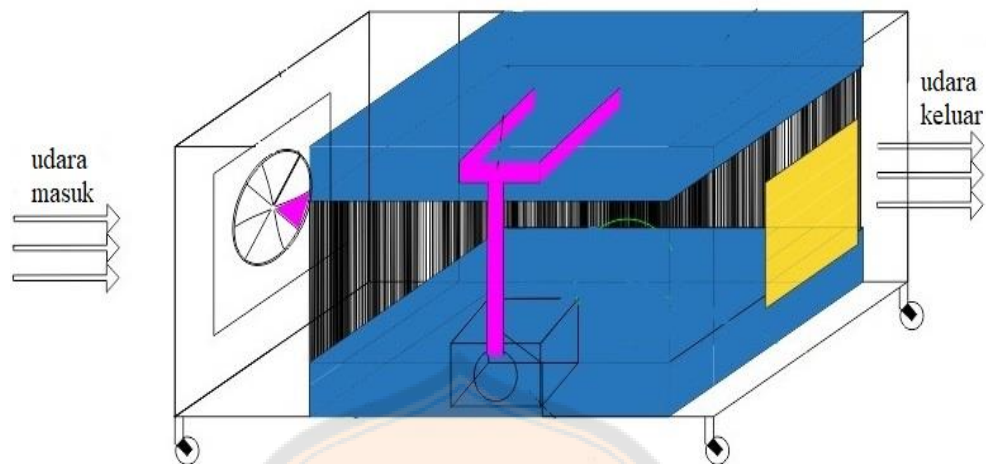
2.1.1 *Air Cooler*

Air cooler merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling*. *Air cooler* adalah sebuah alat yang digunakan untuk menyejukkan udara ruangan, dengan proses melembabkan udara melalui proses penguapan air. *Air cooler* lebih tepatnya untuk menyejukkan udara dengan melembabkan lingkungan, berbeda dengan kipas yang hanya menghasilkan angin. *Air cooler* dapat menurunkan suhu kira-kira sebesar 6°C-7,1°C. Maka bisa dikatakan udara yang dihasilkan oleh *air cooler* lebih sejuk dari pada kipas, dan *air cooler* dapat dikatakan sebagai alternatif dari AC (*air conditioner*).

Langkah kerja *air cooler* secara garis besar adalah proses penguapan air yang didorong oleh kipas. Jadi prosesnya adalah air yang berada di tampungan bawah dipompa menuju tampungan atas menggunakan pompa air yang mempunyai watt kecil dan melalui pipa. Kemudian air menyebar atau mengalir menuju *cooling pad* yang berbahan rayon. Kemudian kipas yang berfungsi untuk menghembuskan udara akan mendorong udara melewati *cooling* yang sudah basah terkena air. *Air cooler* mempunyai watt yang lebih kecil sehingga lebih hemat dalam penggunaan listrik daripada AC, lebih efektif dalam penggunaannya. Standar kelembapan yang baik bagi kesehatan manusia pada kisaran 45% - 65% sebagai tingkat ideal.



Gambar 2.1 Unit *air cooler*

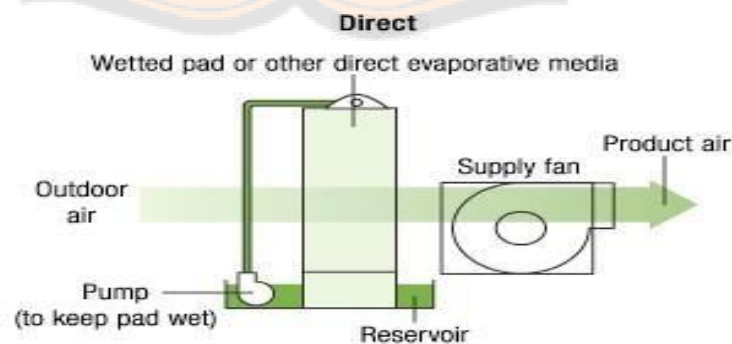


Gambar 2.2 Skema air cooler

2.1.2 Tipe Desain Air Cooler (Evaporative Cooler)

a. Direct Evaporative Cooling

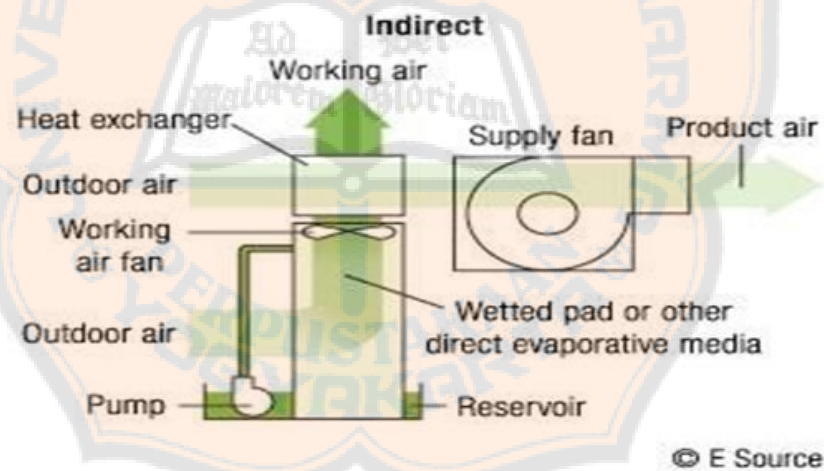
Direct evaporative cooling merupakan suatu cara yang digunakan untuk mendinginkan udara dengan sangat sederhana. Sistem ini menambahkan uap air yang sudah ada di udara sehingga meningkatkan kelembapan spesifik udara (w). Prinsip kerja *evaporative cooling* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dimana udara dari luar (*outdoor air*) dialirkan secara paksa menggunakan kipas atau *fan* melalui *cooling pad* yang dijaga tetap lembab dengan mengalirkan air dari bagian atas *cooling pad* sehingga sebagian panas sensibel dari udara dipergunakan untuk menguapkan sebagian air yang ada di udara sehingga suhu udara menjadi dingin. (Karpiscak, 1994, p.3).

Gambar 2.3 *Direct evaporative cooling*

(Sumber: <https://ouc.bizenergyadvisor.com/article/evaporative-cooling>)

b. *Indirect Evaporative Cooling*

Indirect evaporative cooling merupakan proses mendinginkan udara tanpa meningkatkan kelembapan spesifik udara (RH). Menggunakan sistem *indirect*, lebih mahal dan mengkonsumsi energi yang lebih banyak jika dibandingkan dengan menggunakan sistem *direct evaporative cooler*. Prinsip kerja dari sistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.4. *Supply fan* mengalirkan udara luar (*outdoor air*) hingga bersentuhan dengan satu sisi permukaan *heat exchanger* yang dingin, yang di dalamnya mengalir udara (*secondary air*) yang suhunya relatif rendah. Setelah terjadi perpindahan panas antara udara yang mengalir di luar *heat exchanger* dengan udara yang berada di dalam melalui *heat exchanger*, udara yang di dalam suhunya menjadi naik dan pada saat bersamaan pada sisi lain *heat exchanger* bersentuhan dengan *cooling pad* sehingga terjadi proses *direct evaporative cooling*. (Karpiscak, 1994, p.3).

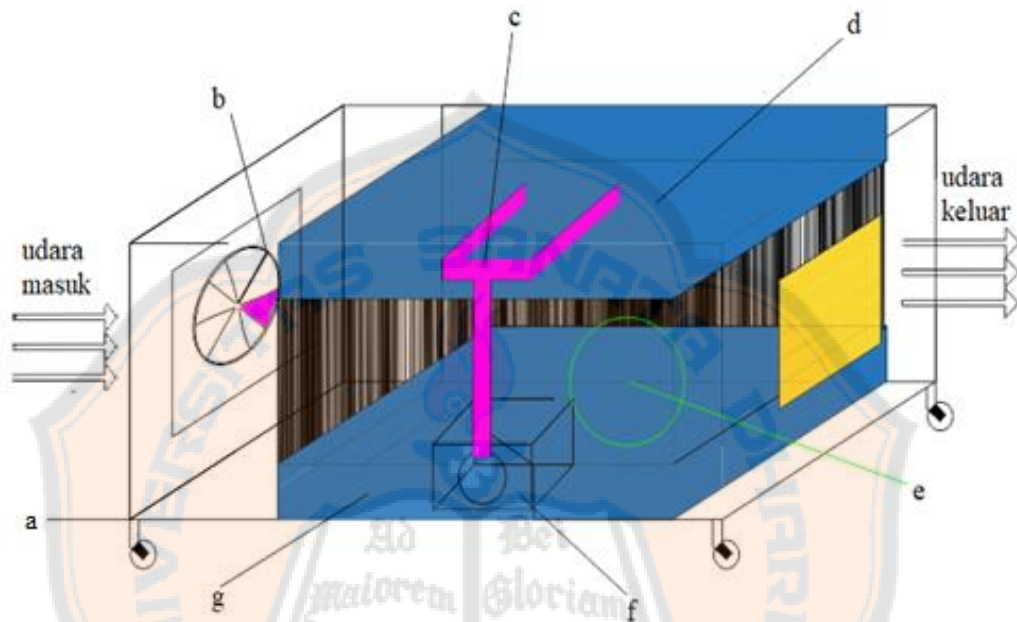


Gambar 2.4 *Indirect evaporative cooling*

(Sumber: <https://ouc.bizenergyadvisor.com/article/evaporative-cooling>)

2.1.3 Bagian-Bagian *Air Cooler*

Air cooler terdiri dari beberapa bagian untuk mendukung pengoperasiannya, yaitu: rumah atau *casing*, *fan* atau kipas, *water distribution line*, tampungan air atas, tampungan air bawah, pompa.



Gambar 2.5 Bagian-bagian *air cooler*

a. Rumah atau *casing*

Rumah atau *casing* yang merupakan *frame* atau rangka dari sebuah *air cooler* dan berfungsi sebagai tempat meletakkannya *cooling pad*, pompa, dan instalasi *water distribution*.



Gambar 2.6 *Casing*

b. *Fan* atau kipas

Kipas atau *fan* merupakan peralatan yang berfungsi mengalirkan udara luar menuju ke dalam *air cooler*, mendorong udara yang melewati *cooling pad* sehingga udara menjadi sejuk.



Gambar 2.7 *Fan* atau Kipas

c. *Water Distribution Line* atau Perpipaan

Water distribution line merupakan peralatan yang tepat terletak di bagian dalam *air cooler*. Peralatan ini berfungsi mendistribusikan air agar seluruh permukaan dari *cooling pad* berbahan rayon dapat menerima aliran air sehingga seluruh permukaan dapat dijaga tetap lembap (E-source, 1999).



Gambar 2.8 *Water distribution line* tampungan bawah



Gambar 2.9 *Water distribution line* tampungan atas

d. Tampungan Air Atas

Tampungan air atas berfungsi sebagai tempat menyebarnya air dan tempat pemasangan *cooling pad*. Air naik melalui sistem perpipaan menuju tampungan atas. Kemudian air turun menuju tampungan bawah melalui *cooling pad* berbahan rayon.

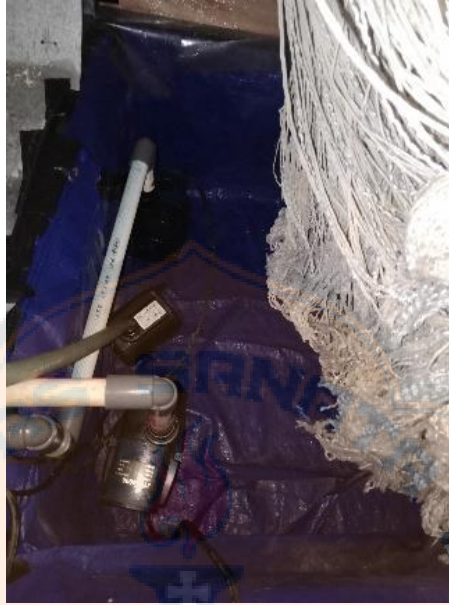


Gambar 2.10 Tampungan air atas

e. Tampungan Air Bawah

Tampungan air bawah berfungsi untuk menampung air yang akan disirkulasikan dalam sistem proses pendinginan. Air yang telah dipompa naik ke

tampungan atas akan turun melalui *cooling pad* berbahan rayon menuju tampungan bawah.



Gambar 2.11 Tangki penampung

f. Pompa

Pompa berfungsi mensirkulasi air dari *water tank* (tempat penampungan air). Pompa bekerja ketika udara dialirkan oleh *fan* melewati *cooling pad* dimana pompa mengalirkan air dari tampungan bawah ke bagian tampungan atas.



Gambar 2.12 Pompa air

2.1.4 Pendinginan *Evaporative*

Proses pendinginan *evaporative* atau secara teknik disebut dengan proses pendinginan adiabatik adalah suatu proses pendinginan yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air, sehingga terjadi perpindahan panas dan perpindahan massa antara keduanya. Temperatur bola kering udara akan menurun dalam proses ini, dan panas yang dilepaskan digunakan untuk menguapkan sebagian butiran air. Apabila selang waktu kontak air dan udara mencukupi, maka udara akan mencapai kondisi saturasi. Ketika kondisi *equilibrium* tercapai, temperatur air menurun hingga sama dengan temperatur bola basah udara. Secara umum akan diperoleh bahwa temperatur bola basah udara sebelum dan sesudah proses adalah sama karena proses semacam ini terjadi di sepanjang garis olah basah (wB) yang konstan.

Berikut ini adalah fakta yang terjadi dalam proses pendinginan udara dengan cara saturasi adiabatik:

- a. Hanya terjadi perpindahan panas *internal*, jumlah panas sensibel yang dilepaskan adalah sama dengan jumlah panas laten yang diterima, dan jumlah panas total dari udara yang melalui pendinginan adalah konstan.
- b. Temperatur bola basah adalah konstan, temperatur bola kering turun, dan temperatur *dew point* naik. Titik-titik air pada *pad* basah pada *air cooler* akan dengan sendirinya menyesuaikan pada temperatur bola basah. Apabila titik-titik air yang masuk pada pendinginan memiliki temperatur lebih rendah daripada temperatur bola basah, maka mula-mula temperatur titik-titik air tersebut akan naik hingga mencapai temperatur bola basah kemudian baru menguap.
- c. Pada pendingin memiliki temperatur lebih tinggi daripada temperatur bola basah, maka temperatur titik-titik air itu akan turun hingga mencapai temperatur bola basah karena terjadinya penguapan. Temperatur air yang akan masuk ke pendingin hanya memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap efisiensi pendinginan karena panas untuk pendingin 1 kg air hingga mencapai

temperatur bola basah biasanya kurang dari 23,29 kJ, sedangkan panas yang akan diserapnya ketika menguap adalah sebesar 1118,3 kJ.

- d. Kuantitas pendinginan udara yang dihasilkan adalah berbanding lurus terhadap jumlah air yang menguap.
- e. Apabila kondisi udara jenuh tercapai, maka temperatur bola kering dari udara yang keluar dari pendingin adalah sama dengan temperatur bola basah dan sama dengan temperatur *dew-point*. Namun bagaimanapun juga, kondisi udara 100% jenuh jarang sekali dapat dicapai, dan udara yang meninggalkan pendingin walaupun memiliki batas temperatur bola basah sebagai batas paling rendah, namun sesungguhnya tidak benar-benar mampu mencapai temperatur tersebut.

Dari pengertian di atas, dapat diturunkan persamaan untuk menyatakan proses saturasi adiabatik dari campuran udara – uap air, yaitu jumlah panas sensibel yang dilepas adalah sama dengan jumlah panas laten yang diserap, atau secara matematis untuk satu satuan massa udara, dapat dinyatakan dengan Persamaan (2.1).

$$(C_a + C_w)(T_{dA} - T_{dB}) = L_v(w_s - w) \tag{2.1}$$

Pada Persamaan (2.1)

C_a : panas jenis udara kering, kJ/kg.K

C_w : panas jenis uap air, kJ/kg.K

T_{dA} : temperatur bola kering yang masuk, K

T_{dB} : temperatur bola basah lingkungan, K

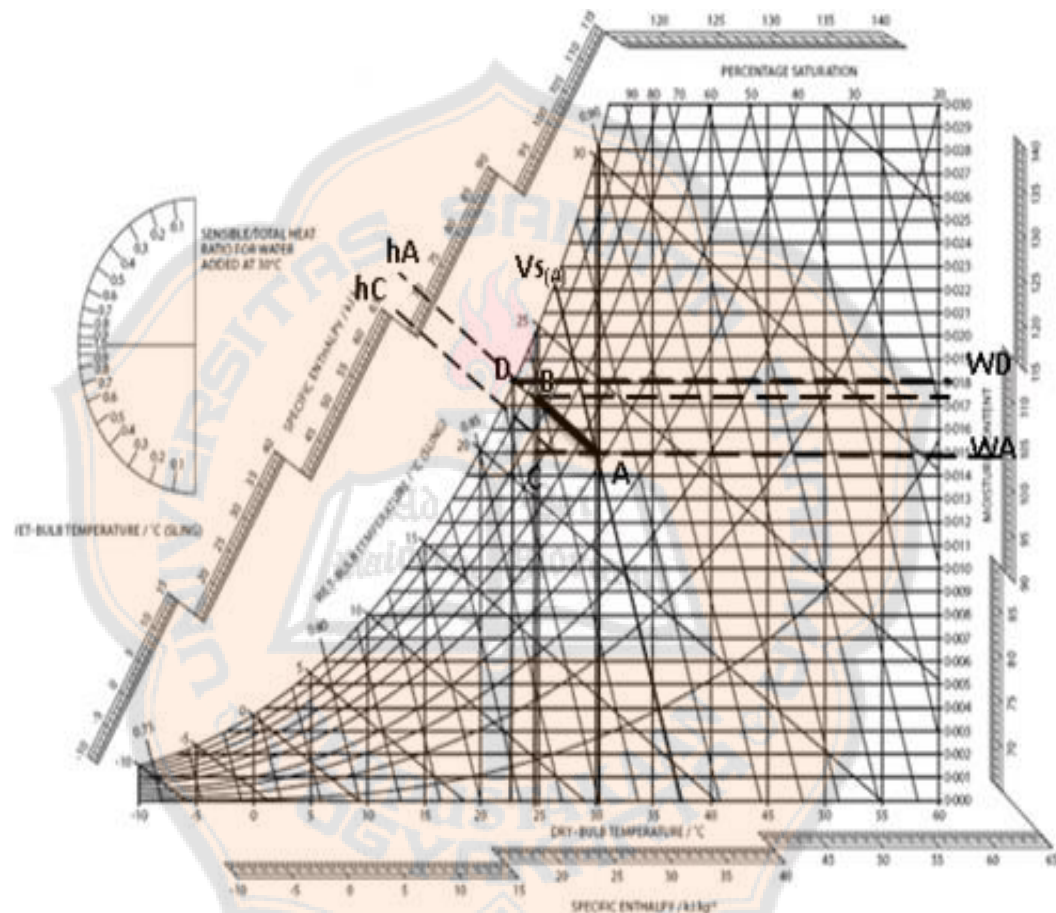
L_v : kalor laten penguapan air , kJ/kg

w_s : kelembapan spesifik udara setelah proses, kg/kg

w : kelembapan spesifik udara sebelum proses, kg_{air}/kg_{udara}

Syarat agar proses pendinginan *evaporative* dapat berlangsung dengan baik adalah kondisi udara lingkungan yang panas dan kering, yaitu lingkungan yang memiliki suhu tinggi dan temperatur bola basah yang relatif rendah. Dibandingkan dengan pendinginan sistem *refrigerasi*, pendinginan *evaporative*

jauh lebih murah. Biaya awal yang dikeluarkan untuk membuat sebuah sistem pendinginan *refrigerasi* untuk ukuran yang sama, dan energi listrik yang dibutuhkan untuk pengoprasian alat pendingin *evaporative* pada umumnya kurang dari satu per lima kali dari energi yang dibutuhkan untuk alat pendingin *refrigerasi*.



Gambar 2.13 Grafik proses *evaporative cooling*
(Sumber : <https://www.engineeringtoolbox.com/>)

2.1.5 Kondisi Udara

a. Temperatur Bola Kering (*dry bulb temperature*) (T_{dB})

Temperatur bola kering adalah temperatur udara yang ditunjukkan oleh termometer biasa. Informasi ini cukup sederhana, namun tidak mampu memberikan keterangan yang lengkap karena temperatur bola kering hanya menyatakan derajat kandungan panas sensibel dari suatu substansi, tidak menyatakan kandungan panas laten di dalam udara.



Gambar 2.14 Pengukur temperatur bola kering

b. Temperatur Bola Basah (*wet bulb temperature*) (T_{wB})

Penjelasan sederhana mengenai temperatur bola basah adalah temperatur paling rendah yang mampu ditunjukkan oleh termometer yang 'bola'nya dililit dengan kain atau sumbu basah ketika termometer diletakkan di tempat yang dilalui aliran udara. Panas laten penguapan ditentukan oleh temperatur bola basah, bukan temperatur bola kering karena penguapan aktual terjadi pada pembacaan temperatur bola basah. Ketika udara yang tidak jenuh berhembus melalui termometer bola basah, air dari permukaan yang dibasahi akan menguap, dan panas laten yang diserap oleh proses penguapan air menyebabkan turunnya temperatur yang ditunjukkan oleh termometer. Pada kondisi kesetimbangan, temperatur yang ditunjukkan oleh termometer akan konstan. Temperatur inilah yang disebut dengan temperatur bola basah (lihat Gambar 2.13).

c. Kelembapan Spesifik (*spesifik humidity*) (w)

Kelembapan spesifik (w) didefinisikan sebagai massa uap air tiap satuan massa udara kering dalam campuran tertentu pada temperatur bola kering (t_B) tertentu saat menyatakan kandungan uap air sebenarnya dalam udara. Untuk mengetahui besar kelembapan spesifik (w) dapat ditentukan dengan melihat *psychrometric chart* dinyatakan dengan skala vertikal yang terletak pada batas kanan dari diagram.

d. Kelembapan Relatif (*relative humidity*) (RH)

Udara bebas akan selalu mengandung uap air, dan apabila udara tersebut mengandung seluruh uap air yang mampu dibawanya, maka dikatakan bahwa udara tersebut mengalami kondisi jenuh. Pada temperatur yang rendah, sangat sedikit uap air yang dibutuhkan untuk membuat udara menjadi jenuh, dan pada temperatur yang tinggi diperlukan banyak uap air untuk membuat udara menjadi jenuh. Dengan demikian, apabila tiba-tiba temperatur udara turun maka sebagian uap air tersebut akan mengembun. Akan tetapi udara tidak selalu berada pada kondisi jenuh, udara pada umumnya berada pada keadaan dibawah titik jenuh. Kelembapan relatif merupakan ukuran derajat kejenuhan udara pada temperatur bola kering (dB) tertentu. Besaran ini menyatakan prosentase kejenuhan udara. $RH = 100\%$ berarti udara dalam keadaan jenuh dan $RH = 0\%$ berarti udara dalam keadaan kering sempurna. RH didefinisikan sebagai rasio antara tekanan parsial aktual uap air dengan tekanan parsial saturasi uap air pada temperatur bola kering tertentu.

e. Temperatur *Dew-point* (T_{dp})

Jika udara didinginkan, maka kemampuan udara untuk mempertahankan uap air yang dikandungnya akan menurun. Pada penurunan temperatur yang lebih lanjut akan menyebabkan kondensasi atau terjadinya embun. Temperatur *dew-point* didefinisikan sebagai temperatur dimana uap air dalam udara yang didinginkan mulai mengembun. Hal ini berarti udara harus didinginkan mencapai temperatur *dew-point* untuk mengurangi kandungan uap air yang ada didalamnya.

f. Volume Spesifik (v)

Untuk menghitung volume spesifik campuran udara-uap air, digunakan persamaan gas ideal. Volume spesifik adalah volume udara campuran dengan satuan meter-kubik per kilogram udara kering. Dapat juga dikatakan sebagai meter-kubik udara kering atau meter kubik campuran per kilogram udara kering, karena volume yang diisi oleh masing-masing substansi sama. Dari persamaan gas ideal, volume spesifik v dapat dinyatakan dengan melihat *psychrometric chart*.

g. Entalpi Udara (h)

Entalpi campuran udara kering dan uap air adalah jumlah dari entalpi udara kering dan entalpi uap air. Harga entalpi selalu didasarkan pada bidang data

(*datum plane*), dan harga entalpi nol untuk udara kering dipilih pada 0°C . Harga entalpi nol untuk uap air berada pada air jenuh bersuhu 0°C , yang bidang datanya sama dengan yang digunakan untuk tabel-tabel uap (*steam*). Suatu persamaan untuk entalpi dapat dinyatakan dengan melihat *psychrometric chart*.

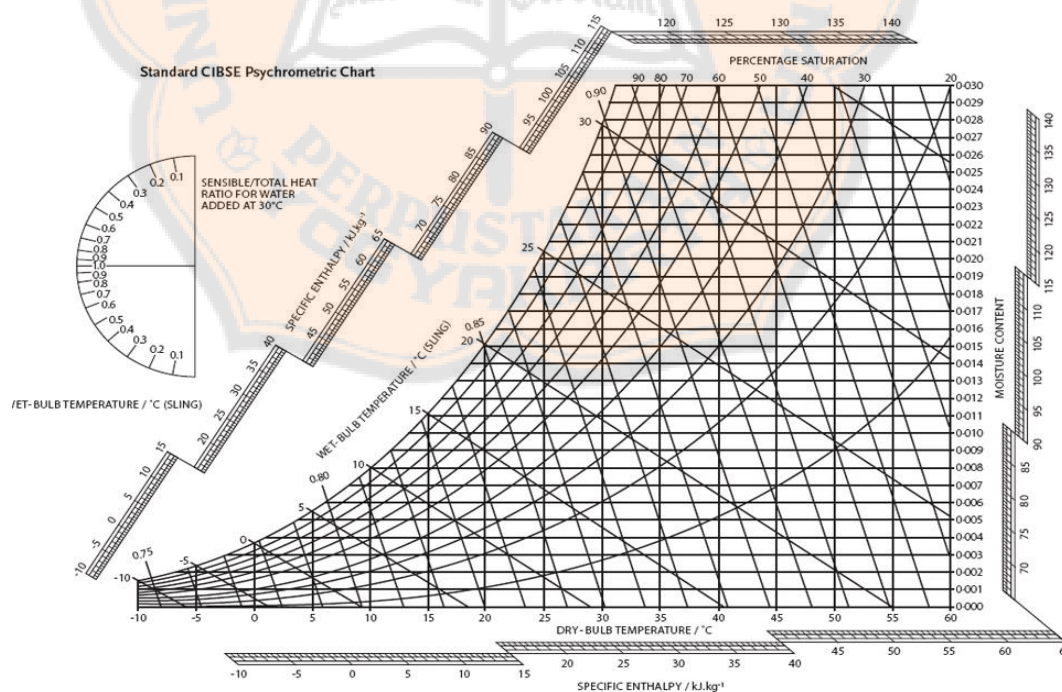
2.1.6 *Psychrometric Chart*

Psikometrik adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat termodinamika dari udara basah. Secara umum digunakan untuk mengilustrasikan dan menganalisis perubahan sifat termal dan karakteristik dari proses dan siklus sistem penyejukan udara (*air conditioning*). Diagram psikometrik adalah gambaran dari sifat-sifat termodinamika dari udara basah dan variasi proses sistem penyejukan udara dan siklus sistem penyejukan udara. Adapun sifat-sifat tersebut antara lain: *dry bulb temperature*, *wet bulb temperature*, *dew point*, *relative humidity*, *humidity ratio*, *enthalpy*, *volume specific*. Dari diagram psikometrik akan membantu dalam perhitungan dan menganalisis kerja dan perpindahan energi dari proses dan siklus sistem penyejukan udara. Gambar 2.15. *psychrometric chart* dapat dilihat pada gambar berikut.

Temperatur bola kering (dB) ditunjukkan oleh garis-garis vertikal yang ditarik dari sumbu horisontal diagram. Temperatur bola kering adalah ukuran dari panas sensibel, dan perubahan dari temperatur bola kering menyatakan perubahan dari panas sensibel. Temperatur bola basah (wB) ditunjukkan oleh garis-garis yang ditarik dari garis saturasi kemudian menurun ke arah kanan bawah sehingga membentuk gradien negatif. Temperatur bola basah merupakan indikator dari panas total (jumlahan dari panas sensibel dan panas laten). Temperatur *dew-point* (DP) ditunjukkan dengan titik-titik yang ada di sepanjang garis saturasi.

Temperatur bola basah (T_{wb}) ditunjukkan oleh garis-garis yang ditarik dari garis saturasi kemudian menurun ke arah kanan bawah sehingga membentuk gradien negatif. Temperatur bola basah adalah merupakan indikator dari kalor total (jumlahan dari kalor sensibel dan kalor laten). *Temperature dew-point* (T_{dp}) ditunjukkan dengan titik-titik yang ada di sepanjang garis saturasi. Pada saat kondisi jenuh (saturasi), *temperature dew-point* (T_{dp}) = temperatur bola basah

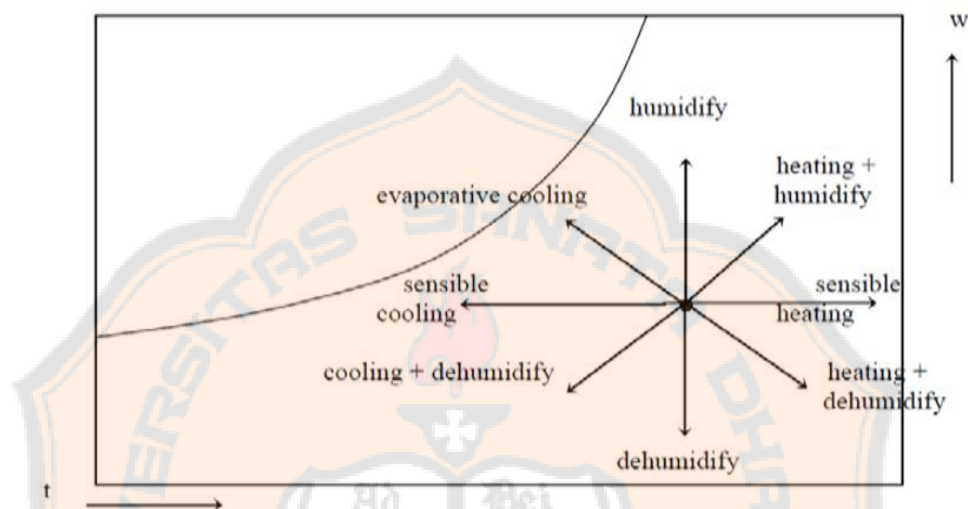
(T_{wb}) = temperatur bola kering (T_{db}). *Temperature dew-point* adalah ukuran kalor laten, dan perubahan dari *temperature dew-point* menyatakan perubahan kalor laten. Kelembapan spesifik (W) dinyatakan dengan skala vertikal yang terletak pada batas kanan dari diagram. Kelembapan relatif (RH) dinyatakan dengan garis yang ditarik dari sebelah kiri bawah diagram yang kemudian membelok ke arah kanan atas dengan kelengkungan yang menyerupai garis saturasi (100% RH). Volume spesifik (v) adalah kebalikan dari massa jenis dan dinyatakan dalam volume campuran udara-uap air dalam setiap satu satuan udara kering. Volume spesifik dinyatakan dengan garis yang ditarik mulai dari sumbu dB kemudian miring tajam ke arah kiri atas, membentuk gradien negatif. Entalpi atau kandungan panas total (h) dinyatakan dalam jumlah panas yang dikandung oleh setiap satuan massa udara kering. Nilai dari entalpi dapat dilihat di sepanjang skala yang terdapat di garis saturasi pada sisi sebelah kiri diagram. Oleh karena itu, Dari psychrometric chart ini akan membantu dalam perhitungan dan menganalisis kerja dan perpindahan energi dari proses dan siklus sistem penyejukan udara.



Gambar 2.15 Rangka diagram *Psychrometric Chart*

(Sumber: <https://lehigcheme.wordpress.com/2013/11/23/psychrometric-chart-2/>)

Proses yang biasa dilakukan untuk mengkondisikan udara meliputi: pemanasan sensibel, pendinginan sensibel, *humidifying* dan *dehumidifying*, namun seringkali dua proses di atas digabung untuk memperoleh temperatur dan kelembapan yang diharapkan. Gambar 2.16 menyajikan delapan proses *thermodinamika* dasar yang digambarkan dalam *psychrometric chart*.



Gambar 2.16 Delapan proses *thermodinamika* dasar

Keterangan dari delapan proses *thermodinamika* tersebut adalah :

a. Proses pendinginan dan penurunan kelembapan (*cooling and dehumidifying*)

Proses pendinginan dan penurunan kelembapan adalah proses penurunan kalor sensibel dan penurunan kalor laten ke udara. Pada proses ini, terjadi penurunan temperatur bola kering, temperatur bola basah, entalpi, volume spesifik, temperatur titik embun, dan kelembapan spesifik. Sedangkan kelembapan relatif dapat mengalami peningkatan dan dapat mengalami penurunan, tergantung dari prosesnya.

b. Proses pemanasan sensibel (*sensible heating*)

Proses pemanasan sensibel (*heating*) adalah proses penambahan kalor sensibel ke udara. Pada proses pemanasan, terjadi peningkatan temperatur bola kering, temperatur bola basah, entalpi, dan volume spesifik. Sedangkan temperatur titik

embun dan kelembapan spesifik tetap konstan. Namun kelembapan relatif mengalami penurunan.

c. Proses pendinginan dan menaikkan kelembapan (*evaporative cooling*)

Proses *evaporative cooling* berfungsi menurunkan temperatur dan menaikkan kandungan uap air di udara. Proses ini menyebabkan perubahan temperatur bola kering, dan kelembapan spesifik. Pada proses ini, terjadi penurunan temperatur kering dan volume spesifik. Selain itu, terjadi peningkatan temperatur bola basah, titik embun, kelembapan relatif dan kelembapan spesifik.

d. Proses pendinginan sensibel (*sensible cooling*)

Proses pendinginan sensibel adalah proses pengambilan kalor sensibel dari udara sehingga temperatur udara mengalami penurunan. Pada proses pendinginan, terjadi penurunan pada temperatur bola kering, temperatur bola basah dan volume spesifik, namun terjadi peningkatan kelembapan relatif. Pada kelembapan spesifik dan temperatur titik embun tidak terjadi perubahan atau konstan.

e. Proses menaikkan kelembapan (*humidifying*)

Proses *humidifying* merupakan proses penambahan kandungan uap air ke udara tanpa merubah temperatur bola kering sehingga terjadi kenaikan entalpi, temperatur bola basah, titik embun dan kelembapan spesifik.

f. Proses penurunan kelembapan (*dehumidifying*)

Proses *dehumidifying* merupakan proses pengurangan kandungan uap air pada udara tanpa merubah temperatur bola kering sehingga terjadi penurunan entalpi, temperatur bola basah, titik embun dan kelembapan spesifik kering, temperatur bola basah, entalpi, dan volume spesifik. Sedangkan temperatur titik embun dan kelembapan spesifik tetap konstan. Namun kelembapan relatif mengalami penurunan.

g. Proses pendinginan dan menaikkan kelembapan (*evaporative cooling*)

Proses *evaporative cooling* berfungsi menurunkan temperatur dan menaikkan kandungan uap air di udara. Proses ini menyebabkan perubahan temperatur bola

kering, dan kelembapan spesifik. Pada proses ini, terjadi penurunan temperatur kering dan volume spesifik. Selain itu, terjadi peningkatan temperatur bola basah, titik embun, kelembapan relatif dan kelembapan spesifik.

h. Proses pendinginan sensibel (*sensible cooling*)

Proses pendinginan sensibel adalah proses pengambilan kalor sensibel dari udara sehingga temperatur udara mengalami penurunan. Pada proses pendinginan, terjadi penurunan pada temperatur bola kering, temperatur bola basah dan volume spesifik, namun terjadi peningkatan kelembapan relatif. Pada kelembapan spesifik dan temperatur titik embun tidak terjadi perubahan atau konstan.

2.1.7 Perhitungan pada *Pyschrometric chart*

a. Pertambahan kandungan uap air

Pertambahan kandungan uap air pada proses *evaporative cooling* dapat dihitung dengan Persamaan (2.2):

$$\Delta w = w_B - w_A \quad (2.2)$$

w_B : kelembapan spesifik udara keluar dari *cooling pad* ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$).

w_A : kelembapan spesifik udara masuk ke *cooling pad* ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$).

Δw : pertambahan kandungan uap air ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$).

b. Laju aliran volume udara (Q_{udara})

Laju aliran volume udara dapat dihitung dengan Persamaan (2.3):

$$Q_{\text{udara}} = V_A \times A_A \quad (2.3)$$

Q_{udara} : debit aliran udara (m^3/s)

V_A : kecepatan aliran udara di titik A (m/s)

A_A : luas penampang di titik A (m^2)

c. Laju aliran massa udara (Q_{massa})

Laju aliran massa udara di titik A dapat dihitung dengan Persamaan (2.4):

$$Q_{\text{massa}} = \frac{V_A \times A_A}{(VS)_A} \quad (2.4)$$

- Q_{massa} : laju aliran massa udara ($\text{kg}_{\text{udara}}/\text{s}$)
 $(VS)_A$: volume spesifik di titik A (m^3/kg)
 V_A : kecepatan aliran udara di titik A (m/s)
 A_A : luas penampang di titik A (m^2)

d. Energi yang dilepas udara (Q_{out})

Besarnya energi sensibel yang di lepas udara yang terjadi pada proses *evaporative cooling* dapat dihitung dengan Persamaan (2.5).

$$Q_{\text{out}} = Q_{\text{massa}} \times (h_A - h_C) \quad (2.5)$$

- Q_{out} : energi kalor sensibel yang dilepas udara (kJ/s)
 Q_{massa} : laju aliran massa udara ($\text{kg}_{\text{udara}}/\text{s}$)
 h_A : entalpi di titik A ($\text{kJ}/\text{kg}_{\text{udara}}$)
 h_C : entalpi di titik C ($\text{kJ}/\text{kg}_{\text{udara}}$)ⁿ

e. Efektivitas *Cooling Pad*

Efektivitas *cooling pad* dinyatakan dengan perbandingan antara besarnya penurunan suhu udara kering yang dicapai dengan besar maksimal penurunan suhu udara yang mungkin di capai dinyatakan dengan Persamaan (2.6).

$$\epsilon = \frac{\Delta T_{\text{aktual}}}{\Delta T_{\text{maksimum}}} = \frac{T_{dbA} - T_{dbB}}{T_{dbA} - T_{wbA}} \quad (2.6)$$

- T_{dbB} : suhu udara bola kering di titik B ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{dbA} : suhu udara bola kering di titik A ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{wbA} : suhu udara basah di titik A ($^{\circ}\text{C}$)

f. Jumlah air yang menguap permenit

Jumlah air yang menguap per menit dapat dihitung dengan Persamaan (2.7):

$$\dot{m} = \Delta w \times Q_{\text{massa}} \quad (2.7)$$

\dot{m} : jumlah air yang menguap per menit ($\text{kg}_{\text{udara}}/\text{menit}$)

Δw : penambahan kandungan uap air ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$)

Q_{massa} : laju aliran massa udara ($\text{kg}_{\text{udara}}/\text{s}$)

2.1.8 Faktor Pertimbangan Dalam Pemilihan Sistem Penyejukan Udara

Sistem penyejukan udara untuk kenyamanan manusia dirancang agar temperatur, kelembapan, kebersihan dan pendistribusian udara dapat dipertahankan pada keadaan yang diinginkan. Oleh sebab itu, perancangan harus mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan sistem penyejukan udara. Adapun faktor-faktor pemilihan sistem penyejukan udara meliputi:

a. Faktor kenyamanan

Kenyamanan pada sistem penyejukan udara yang dirancang ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain: aliran udara, kebersihan udara, bau, kualitas ventilasi, tingkat kebisingan dan interior ruangan. Tingkat keadaan pada sistem penyejukan udara dirancang dapat diatur dengan sistem pengaturan yang ada pada mesin penyejuk udara.

b. Faktor ekonomi

Dalam proses pemasangan, operasi dan perawatan, serta sistem pengaturan yang digunakan harus diperhitungkan pula segi-segi ekonominya. Oleh sebab itu, dalam perancangan sistem penyejukan udara harus mempertimbangkan biaya awal, operasional dan biaya perawatan yaitu sistem tersebut dapat beroperasi maksimal dengan biaya total yang serendah-rendahnya

c. Faktor operasi dan perawatan

Pemilihan sistem penyejukan udara yang paling disukai adalah sistem yang mudah dipahami konstruksi, susunan dan cara menjalankannya. Beberapa faktor pertimbangan operasi dan perawatan meliputi:

1. Konstruksi sederhana
2. Tahan lama
3. Mudah direparasi jika terjadi kerusakan
4. Mudah perawatannya
5. Dapat fleksibel melayani perubahan kondisi operasi
6. Efisiensi tinggi

2.2 Tinjauan Pustaka

Dalam proses pengerjaan dan pengambilan data ini saya menggunakan beberapa acuan atau sumber dari berbagai pihak. Sebab sumber yang lainnya mendukung saya untuk memecahkan masalah yang akan saya hadapi dan menjadi acuan dalam penulisan skripsi ini.

Jerry Gustaaf Talarima (2016) telah meneliti *air cooler* dengan mempergunakan air yang telah didinginkan. Pada penelitian ini akan mencoba menaikkan nilai efisiensi atau mencoba menurunkan suhu yang dihasilkan oleh proses *air cooler*, dan mencoba mengefisiensi mesin *air cooler* dalam berbagai kondisi kecepatan. Dalam percobaan ini juga mencoba membandingkan proses dengan air yang didinginkan maupun dengan air biasa jadi dapat diketahui hasilnya selisih dapat diketahui bahwa penggunaan air yang didinginkan lebih dingin. Dan juga menyajikan hubungan antara kecepatan aliran udara dengan suhu udara kering keluar (T_{dBout}), semakin singkat waktu kontak antara air dan udara. Maka nilai suhu udara keluar (T_{dBout}) semakin besar. Hasil efisiensi terburuk adalah *air cooler* menggunakan mesin pengering dengan air yang didinginkan mesin pendingin sebesar 61,89% pada kecepatan medium. Hasil terbaik dan terburuk dengan kondisi udara yang sama yaitu kondisi udara kering masuk $T_{dB in} = 29,50^{\circ}\text{C}$, kondisi udara basah masuk $T_{WB in} = 24,50^{\circ}\text{C}$ dan $\text{RH} = 62,00\%$.

Yohanes Ragil Purnomo (2016) mencoba melakukan penelitian peningkatan efisiensi *air cooler* dengan serabut kelapa. Adapun yang ingin diuji adalah menguji *air cooler* biasa dan setelah ditambahkan dengan serabut kelapa atau setelah dimodifikasi, juga melakukan penambahan es batu sebanyak 2L. Mencoba melakukan penelitian dalam suhu 45°C - 55°C . Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut : Penambahan *cooling pad* serabut kelapa mampu menurunkan suhu hingga $7,50^{\circ}\text{C}$, jika tidak menggunakan *cooling pad* serabut kelapa $3,50^{\circ}\text{C}$. Dan efisiensi terbaik dari *air cooler* menyala menggunakan air ditambah dengan serabut kelapa dan ditambah dengan 2 liter balok es dengan kondisi udara di kisaran suhu 45°C - 55°C adalah $T_{dB in} = 47,50^{\circ}\text{C}$, $T_{WB in} = 28,50^{\circ}\text{C}$, $T_{dB out} = 31,50^{\circ}\text{C}$, $T_{WB out} = 28,50^{\circ}\text{C}$, $\eta = 84,21\%$ (High). Dari penelitian ini juga

dianjurkan pengujian atau pengambilan data lebih baik dilakukan dalam ruangan tertutup supaya udara lebih stabil.

Hendra Listiono, Azridjal Aziz, Rahmat Iman Mainil (2015) pada jurnal yang berjudul *Analisis evaporative air cooler* dengan temperature media pendinginan yang berbeda. Proses pendinginan *evaporative* terjadi ketika uap air ditambahkan ke udara yang memiliki kelembapan relatif di bawah 100%. Kelembapan relatif adalah nilai yang terkandung dalam suhu bola kering dan suhu bola basah udara. Semakin rendah kelembapan relatif, semakin besar potensi pendinginan penguapan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji *eksperimental evaporative air cooler honeymell CS12AE variabel* yang digunakan adalah media pendinginan suhu (air) yaitu 10°C, 20°C, 30°C, dan 50°C dan kecepatan angin (4,57 m/s), (3,9 m/s), dan (2,93m/s). Data yang digunakan adalah suhu bohlam basah dan suhu bohlam kering di bagian belakang kipas, suhu bohlam basah dan suhu bohlam kering di depan kipas dan kemudian suhu bohlam basah dan bohlam kering di dalam ruangan. Data diambil setiap 10 menit selama 180 menit. Hasil pengujian adalah suhu pendinginan (air) berpengaruh terhadap kelembapan relatif. Kelembapan tertinggi dicapai pada suhu media pendinginan (air) 500C±30C dengan kecepatan kipas sedang tinggi dengan kelembapan relatif 92,83%. Dan kelembapan terendah adalah 85,87% pada suhu 100C±30C dengan kecepatan kipas sedang tinggi. Suhu pendinginan berpengaruh pada hasil efisiensi dan laju penguapan massa air. Efisiensi tertinggi pada suhu medium pendinginan 100C±30C dengan efisiensi 5,42% dengan kecepatan kipas tinggi. Laju penguapan massa air tertinggi terjadi pada suhu 500C±30C media pendingin yaitu 0,00039821 kg/s.

Anastasia Puji Astuti (2016) skripsi yang ditulis beliau dengan judul perubahan efisiensi kerja *air cooler* dengan *sponge* skripsi. Dalam skripsi ini dilakukan penelitian untuk mengetahui besarnya penurunan suhu dan besarnya penurunan efisiensi *air cooler* dalam berbagai variasi. Disini dalam pengujian mencoba melakukan modifikasi menggunakan *sponge* yang diletakkan pada *cooling pad* dan menambah pompa air untuk menambah debit air. Dalam pengujian ini peneliti juga menambahkan balok es untuk memperbandingkan

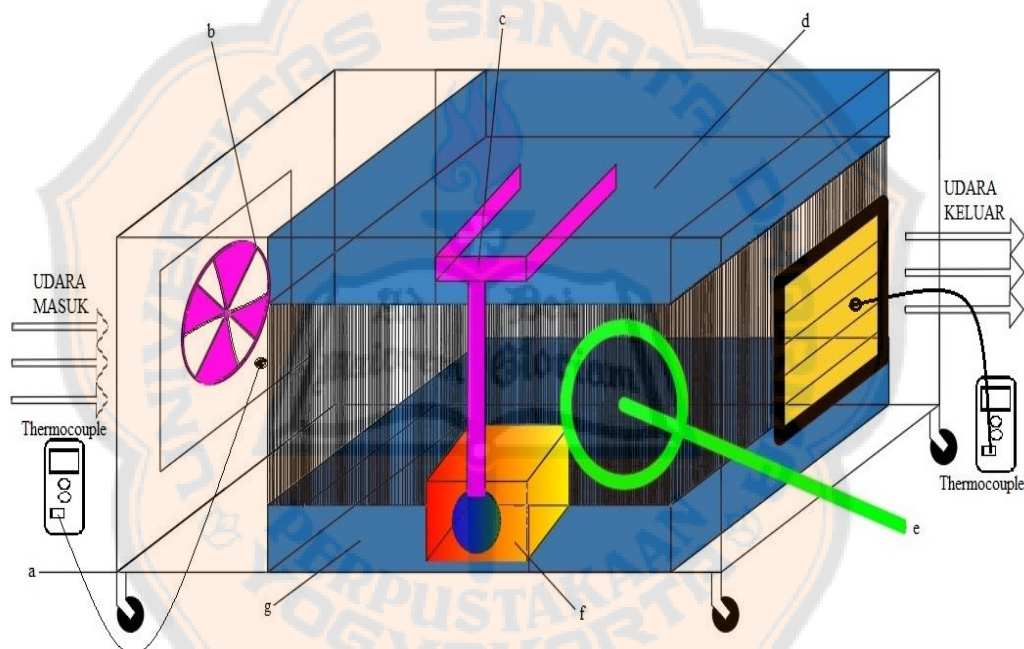
hasil. Efisiensi *air cooler* terbaik terdapat pada kecepatan 1 yaitu sebesar 77,63% dengan menggunakan variasi *cooling pad sponge* dan 66% tanpa menggunakan variasi *cooling pad sponge*. Kemudian berikut pengujian menggunakan tambahan balok es sebesar 97,37% sedangkan efisiensi *air cooler* hanya dengan balok es sebesar 76,19%. Mesin Pengering digunakan dalam penelitian ini sebagai pengkondisian udara dengan maksud untuk mengetahui bagaimana efisiensi kerja *air cooler* jika berada dalam suhu yang sangat tinggi. Dari perbandingan tersebut dapat kita ketahui bahwa efisiensi kinerja *air cooler* meningkat ketika menggunakan *sponge* dan tambahan balok es dibandingkan dengan *air cooler* yang belum termodifikasi.

Dwi Swantika (2016) dengan skripsi berjudul *studi eksperimental performansi cooling pad* berbahan sumbu kompor tanpa *ducting* dan dengan *ducting*. Disini *ducting* digunakan sebagai media penyalur udara, perpindahan panas, dan untuk mengurangi kelembapan pada proses penguapan air yang terjadi kontak dengan udara. Dalam penelitian ini menggunakan variasi tanpa *ducting* dan dengan *ducting*. Volume *ducting* yaitu 0,54 m³, dengan penambahan lubang pada bagian bawah dengan diameter 5cm berjumlah 65 lubang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa pendinginan *evaporative cooling* yang meliputi penurunan bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, FER dan kelembapan relatif. Variabel yang diukur pada saat pengujian adalah putaran rpm kipas yaitu putaran 1 (1440 rpm), putaran 2 (1470 rpm) dan putaran 3 (1500 rpm). Dari penelitian dengan *ducting* pada putaran 2 menghasilkan kelembapan relatif lebih baik dibandingkan dengan tanpa *ducting* 60-70%. Semakin besar kontak udara yang mengandung uap air dengan sistem proses pendinginan, maka akan mempengaruhi kelembapan yang terjadi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Pada penelitian ini, objek yang diteliti adalah mesin penyejuk udara (*air cooler*) dengan daya listrik rendah. *Air cooler* menggunakan 1 kipas dengan daya 80 watt dan 2 pompa air celup dengan daya masing 70 watt total daya yang digunakan *air cooler* adalah 220 watt. *Air cooler* mempunyai *cooling pad* yang terbuat dari rayon. Ukuran *air cooler* memiliki panjang 150 cm, lebar 90 cm, tinggi 100 cm, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Skematik *Air Cooler*

Keterangan Gambar 3.1

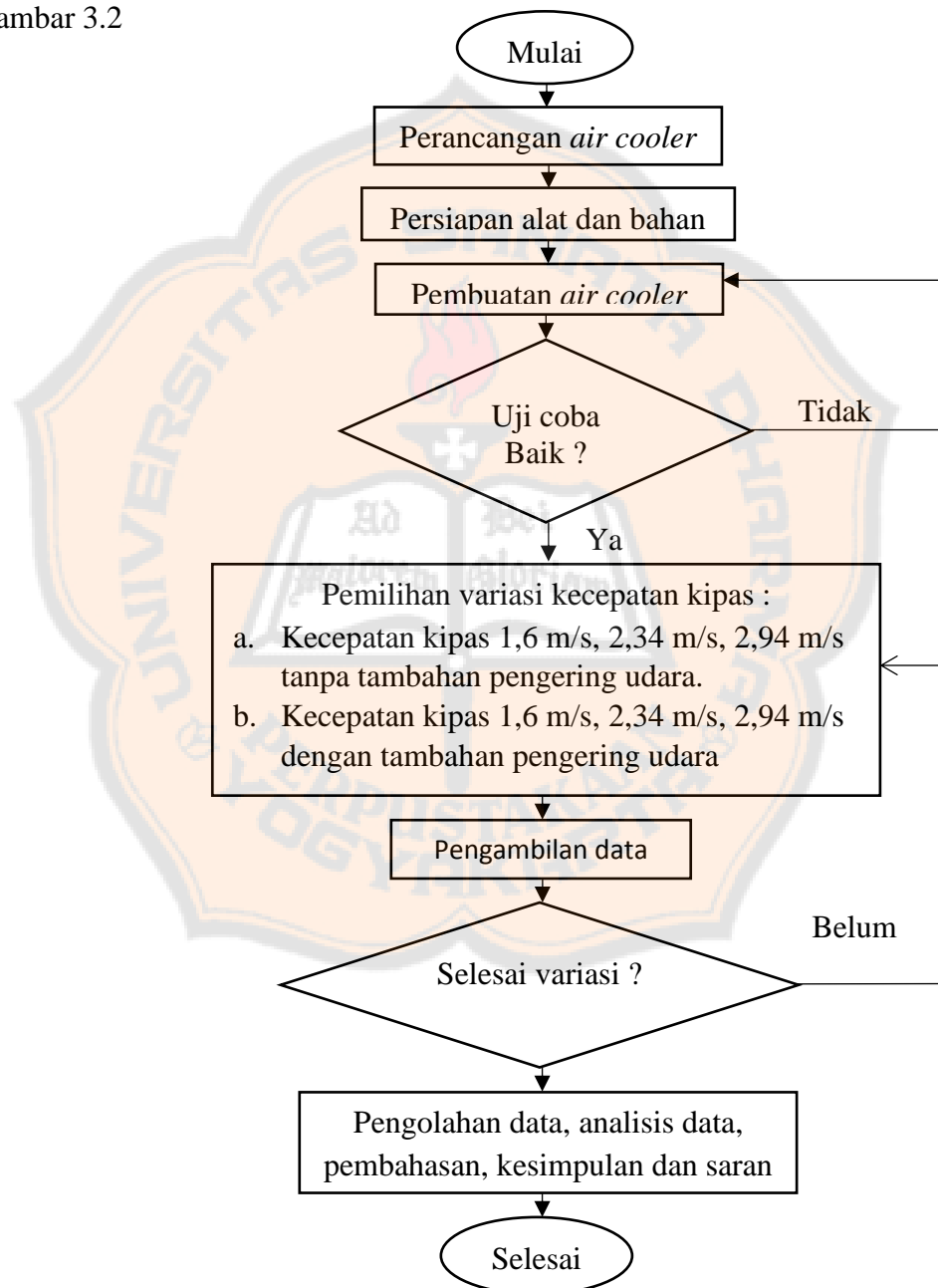
- a. Rumah atau *casing*
- b. *Fan* atau kipas
- c. *Water distribution line* atau perpipaan
- d. Tampung air atas
- e. *Cooling pad* bahan rayon
- f. Pompa air
- g. Tampung air bawah

3.2 Variasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan aliran udara yang mengalir melewati *cooling pad* kecepatan (a) 1,6 m/s (b) 2,34 m/s dan (c) 2,94 m/s.

3.3 Alur Penelitian

Alur penelitian *air cooler* dengan *cooling pad* berbahan rayon disajikan dalam Gambar 3.2



Gambar 3.2 Alur Penelitian *Air Cooler*

3.4 Bahan dan Alat yang digunakan

a. Kipas

Gambar 3.3 menyajikan gambar kipas yang digunakan untuk mendorong udara dan menghasilkan aliran udara. Penggerak kipas diambil dari mesin dinamo pengering mesin cuci yang dirangkai sendiri untuk menghemat biaya.

- Diameter kipas : 60 cm
- Tegangan kipas : 220 v
- Daya kipas : 80 w
- Ampere : 0,75 a
- Diameter sudu kipas : 20 cm
- Jumlah sudu : 4 sudu



Gambar 3.3 Kipas

b. Tali berbahan Rayon

Cooling pad terbuat dari tali berbahan rayon. Total panjang tali rayon 26 m, dengan diameter rayon 3 mm, jumlah sumbu vertikal 6.318. Gambar 3.4 menyajikan tali berbahan rayon



Gambar 3.4 Tali Berbahan Rayon

https://www.static-src.com/wcsstore/Indraprastha/images/catalog/full/best-safe_best-safe-tali-pramuka---5-meter_full02.jpg

c. Pipa dan Sambungan

Gambar 3.5 menyajikan gambar pipa, sambungan, dan L yang digunakan pada saluran air dari pompa tampungan air bawah menuju tampungan air atas. Pipa yang digunakan berukuran $\frac{3}{4}$ inci. Untuk mengalirkan air diperlukan pompa celup.



Gambar 3.5 Pipa Air $\frac{3}{4}$

- Total panjang pipa : 4 m
- Diameter pipa : $\frac{3}{4}$ inci
- Jumlah L pipa : 11 buah
- Jumlah T pipa : 3 buah

d. Pompa Air Celup

Pompa air celup digunakan untuk mengalirkan air dari tampungan air bawah menuju tampungan air atas. Pompa air celup yang digunakan tersebut adalah pompa air yang biasanya digunakan dalam kolam ikan. Pemilihan pompa tersebut

didasarkan pada daya pompa yang rendah namun mempunyai L/h tinggi.

Spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Tegangan, Frekuensi : 220-240 v 50 hz
- Daya : 70 watt
- Debit : 9000 L/h
- H'max : 5,2 m
- Jumlah pompa : 2



Gambar 3.6 Pompa Air Celup

e. *Cooling Pad*

Cooling pad merupakan bagian utama dalam proses pendinginan *air cooler* sebagai media pendinginan *evaporative cooling*. *Cooling pad* ini juga sebagai media turunnya air dari tampungan air atas menuju tampungan air bawah yang kemudian terjadi kontak antara udara dan air. *Cooling pad* ini berbahan tali rayon. Disini *cooling pad* dibuat rapat supaya air yang turun semakin banyak kemudian kontak antara udara dan air menjadi lebih banyak.

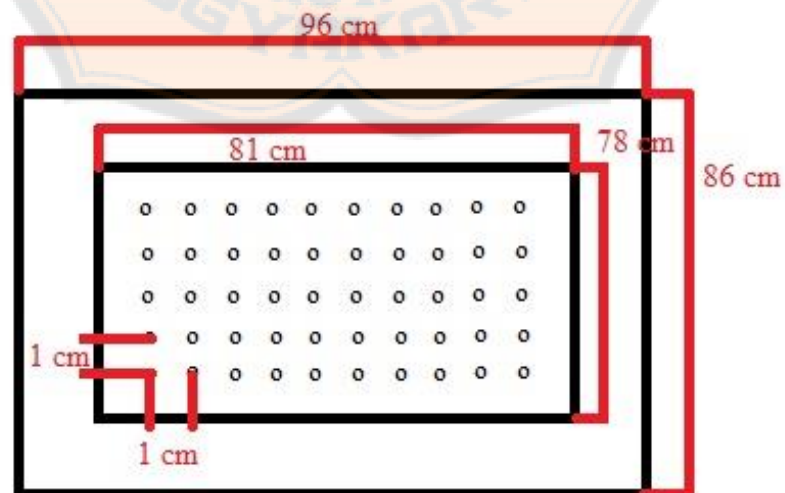
- Ukuran : 81 cm x 78 cm
- Bahan : tali rayon
- Δx : 1 cm
- Δy : 1 cm
- Jumlah baris benang vertikal : 6.318 buah



Gambar 3.7 *Cooling Pad* Tampak Atas



Gambar 3.8 *Cooling Pad* Tampak Samping



Gambar 3.9 Jarak Antar Sumbu *Cooling Pad* (pandangan atas)

f. Bak Tampungan Air Atas

Bak tampungan air atas digunakan untuk menampung air dan sebagai tempat menggantungnya *cooling pad*.



Gambar 3.10 Tampungan Air Atas

- Ukuran 98 cm x 86 cm x 12 cm
- Bahan : Plat besi dengan tebal 0,2 cm

g. Bak tampungan Air Bawah

Digunakan untuk menampung air yang akan dipompa menuju tampungan air atas dan sebagai tempat turunnya air dari *cooling pad*. Gambar 3.11 menyajikan gambar bak tampungan air bawah.



Gambar 3.11 Tampungan Air Bawah

- Ukuran : 98 cm x 86 cm x 15 cm

- Bahan : Terpal plastik

h. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong benda seperti terpal, rayon, dan lain sebagainya. Gambar 3.12 menyajikan gambar gunting.



Gambar 3.12 Gunting

<https://www.jakartanotebook.com/images/products/72/63/16342/2/hairedressing-beuty-scissors-or-gunting-kain-black-80.JPG>

i. Bor Listrik

Bor listrik digunakan untuk membuat lubang pada *cooling pad* sebagai tempat rayon digantungkan dan memasang triplek pada rangka besi. Gambar 3.13 menyajikan gambar bor listrik.



Gambar 3.13 Bor listrik

<http://www.klikglodok.com/perkakas/img/cms/Harga%20Jual%20Hitachi%20DV13VSS%201%202%20Inch%20Mesin%20Bor%20Listrik.jpg>

j. Gerinda Tangan

Gerinda tangan digunakan untuk memotong triplek, besi rangka, dan membentuk *cooling pad*. Gambar 3.14 menyajikan gambar gerinda tangan.



Gambar 3.14 Gerinda Tangan

<http://www.klikglodok.com/perkakas/img/cms/Mesin%20Tangan/Mesin%20Gerinda/Harga%20Jual%20Makita%20GA5020%20Mesin%20Gerinda%20Tangan%205%20Inch%20Pegangan.jpg>

k. Las Listrik

Digunakan untuk menyambungkan kerangka besi dengan cara di las. Gambar 3.15 menyajikan gambar las listrik.



Gambar 3.15 Las Listrik

https://tse2.mm.bing.net/th?id=OIP.A8swqLKug4v_1-EFs3EMFwHaGQ&pid=Api&P=0&w=244&h=207

l. Besi Hollow ukuran 4 cm

Besi Hollow ukuran 4 cm sebagai kerangka *air cooler*. Gambar 3.16 menyajikan besi hollow ukuran 4 cm.



Gambar 3.16 Besi hollow ukuran 4 cm

<https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.HI1LTA2pXZr0HnHHk1GU0QHaHq&pid=Api&P=0&w=300&h=300>

m. Triplek

Triplek ini digunakan sebagai cover atau tutup *air cooler* dengan ketebalan 0,4 mm.



Gambar 3.17 Triplek 0,4 mm

n. Baut *Fisher*

Baut *Fisher* digunakan untuk memasang triplek dirangka besi dan juga memasang *cooling pad* di rangka besi.



Gambar 3.18 Baut *Fisher*

o. Box mesin *Air Cooler*

Disini box dibuat menggunakan rangka besi dan mempunyai tutup berbahan triplek. Tampungannya air bawah menggunakan bahan terpal untuk menghemat biaya sedangkan untuk tampungan air atas menggunakan bahan galvanis. Bahan rangka : besi galvanis ukuran 4 cm, panjang rangka 150 cm, tinggi 120 cm, lebar 80 cm, Bahan dinding : Triplek yang dilapisi plastik supaya tidak bocor dan air tidak meresap yang mengakibatkan triplek cepat rusak.



Gambar 3.19 Box mesin *Air Cooler*

p. Rivet

Rivet digunakan untuk mengunci atau memasang tampungan air atau *cooling pad* pada rangka besi hollow ukuran 4 cm. Berikut gambar 3.20 gambar rivet.



Gambar 3.20 Rivet

q. Lakban Hitam

Lakban hitam digunakan untuk menambal udara yang bocor atau tidak keluar melalui *output* melainkan melalui celah-celah kecil. Dan digunakan untuk

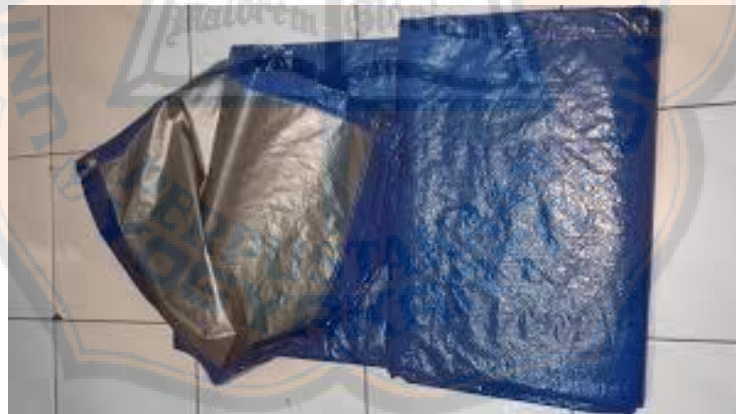
memasang terpal maupun plastic bening pada rangka. Berikut gambar 3.21 menyajikan gambar lakban hitam.



Gambar 3.21 Lakban Hitam

r. Terpal

Terpal ini dipasang pada tampungan air bawah. Digunakan untuk menampung air bagian bawah. Gambar 3.22 adalah terpal.



Gambar. 3.22 Terpal

3.5 Alat Ukur yang digunakan

Dalam pengambilan data ini, diperlukan alat ukur. Alat ukur yang digunakan sebagai berikut:

a. *Thermocouple Digital*

Thermocouple adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu pada kondisi atau tempat yang sudah ditetapkan. Prinsip kerjanya ujung kabel ditempelkan pada

bagian yang akan diukur kemudian sensor akan secara otomatis bekerja dan hasilnya ditampilkan pada layar digital.



Gambar 3.23 *Thermocouple Digital*

b. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mengukur durasi dalam pengambilan data.



Gambar 3.24 *Stopwatch*

c. *Anemometer*

Anemometer berfungsi sebagai alat ukur kecepatan aliran udara yang masuk ke *air cooler*. Gambar 3.25. Merupakan *anemometer* yang digunakan dalam pengambilan data.



Gambar 3.25 *Anemometer*

3.6 Proses Pengerjaan *Air Cooler*.

Proses pengerjaan variasi *air cooler* terdapat tahap-tahap pembuatan sebagai berikut:

- a. Menyiapkan bahan dan alat pembuatan variasi kecepatan aliran udara dengan *cooling pad* berbahan rayon. Pembuatan desain dilakukan dengan proses manual dan sederhana. Hal-hal yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:
 1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
 2. Menentukan skema rancangan box mesin.
 3. Membentuk rangka dan membuat tutup berbahan dari triplek yang dilapisi plastik.
 4. Melubangi tampungan air atas sebagai tempat menaruh tali rayon menggunakan mesin bor dengan diameter 4 mm.
 5. Membuat tampungan bawah yang terbuat dari terpal.
 6. Membuat kipas angin yang terbuat dari dinamo mesin pengering mesin cuci.
 7. Membuat baling-baling yang terbuat pipa diameter 4 inci yang dipotong menjadi 4 bagian.
 8. Memasang baling-baling dengan dinamo sekaligus memasang kipas dirangka box mesin.

b. Menyiapkan *Thermometer*

Setelah pembuatan *cooling pad* tali berbahan rayon dan perakitan *air cooler* yang telah divariasi aliran udara yang dihisap selesai dilaksanakan maka, perlu menyiapkan alat ukur suhu (*thermometer*) juga *thermocouple* pada proses selanjutnya untuk proses pengambilan data.

c. Menyiapkan Keperluan Lainnya.

Setelah menyiapkan *thermometer*, *thermocouple* dan *stopwatch* lalu mengisi air diantara *level max* dan *min* pada tangki penampungan air.

d. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan kecepatan aliran udara 1,6 m/s, 2,34 m/s dan 2,94 m/s.

3.7 Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Perpindahan Kalor, Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

3.8 Cara Pengambilan Data

Langkah-langkah yang diperlukan dalam pengambilan data:

- a. Menempatkan *hygrometer* (*thermometer* bola basah dan *thermometer* bola kering) pada posisi (1) *output air cooler*, (2) *input* udara masuk *air cooler*.
- b. Pengambilan data suhu *air cooler* dilakukan setiap selang waktu tertentu menggunakan *stopwatch*.

3.9 Cara Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara. Data yang diperoleh dari penelitian dipergunakan untuk mendapatkan nilai-nilai yang dipakai dalam perhitungan yang diperoleh dari *psychrometric chart*. Data-data yang diperoleh meliputi : W_A , W_B , A_A , V_A , $(VS)_A$, h_A , h_C , T_{dbB} , T_{dbA} , T_{wbA}

3.10 Cara Mendapatkan Kesimpulan

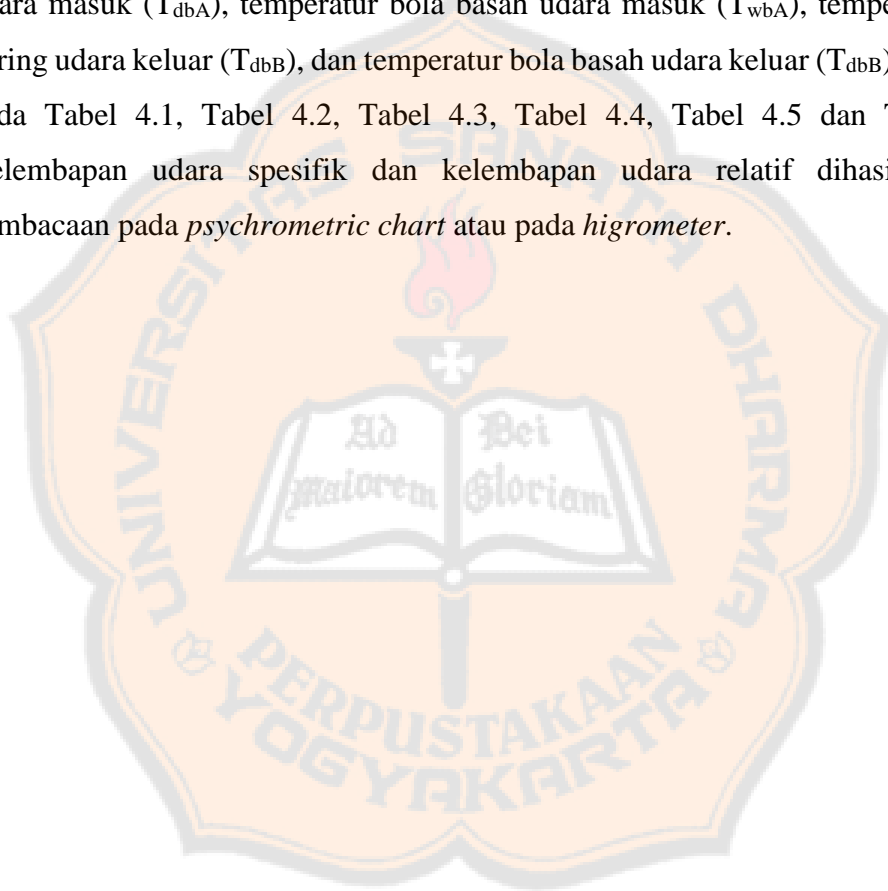
Kesimpulan didapatkan berdasarkan dari pembahasan hasil pengujian alat. Kesimpulan merupakan intisari dari hasil penelitian yang sudah dilakukan dan kesimpulan harus menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan

BAB IV

HASIL PENELITIAN, PENGOLAHAN DATA, DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian data pada saat pengujian mesin penyejuk udara dengan daya listrik rendah (*air cooler*) yang meliputi: selang waktu, temperatur bola kering udara masuk (T_{dbA}), temperatur bola basah udara masuk (T_{wbA}), temperatur bola kering udara keluar (T_{dbB}), dan temperatur bola basah udara keluar (T_{wbB}), disajikan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6. Kelembapan udara spesifik dan kelembapan udara relatif dihasilkan dari pembacaan pada *psychrometric chart* atau pada *higrometer*.



Tabel 4.1 Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s tanpa pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,0163 | 22 | 22 | 0,017 | 1,6 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,0163 | 22 | 22 | 0,017 | 1,6 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,8 | 22 | 0,0161 | 22 | 22 | 0,017 | 1,6 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,5 | 22 | 0,0158 | 22 | 22 | 0,017 | 1,6 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,5 | 22 | 0,0158 | 22 | 22 | 0,017 | 1,6 |

Tabel 4.2 Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,34 m/s tanpa pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,0161 | 22 | 22 | 0,017 | 2,34 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,8 | 22 | 0,0159 | 22 | 22 | 0,017 | 2,34 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,9 | 22 | 0,016 | 22 | 22 | 0,017 | 2,34 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,8 | 22 | 0,0158 | 22 | 22 | 0,017 | 2,34 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,5 | 22 | 0,0155 | 22 | 22 | 0,017 | 2,34 |

Tabel 4.3 Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s tanpa pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,016 | 22 | 22 | 0,017 | 2,94 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,016 | 22 | 22 | 0,017 | 2,94 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,5 | 22 | 0,0155 | 22 | 22 | 0,017 | 2,94 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,3 | 22 | 0,0153 | 22 | 22 | 0,017 | 2,94 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23 | 22 | 0,015 | 22 | 22 | 0,017 | 2,94 |

Tabel 4.4 Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s dengan pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0152 | 21 | 21 | 0.016 | 1,6 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0152 | 21 | 21 | 0.016 | 1,6 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.6 | 21 | 0.0148 | 21 | 21 | 0.016 | 1,6 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.4 | 21 | 0.0146 | 21 | 21 | 0.016 | 1,6 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 22.8 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 1,6 |

Tabel 4.5 Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,34 m/s dengan pengering udara

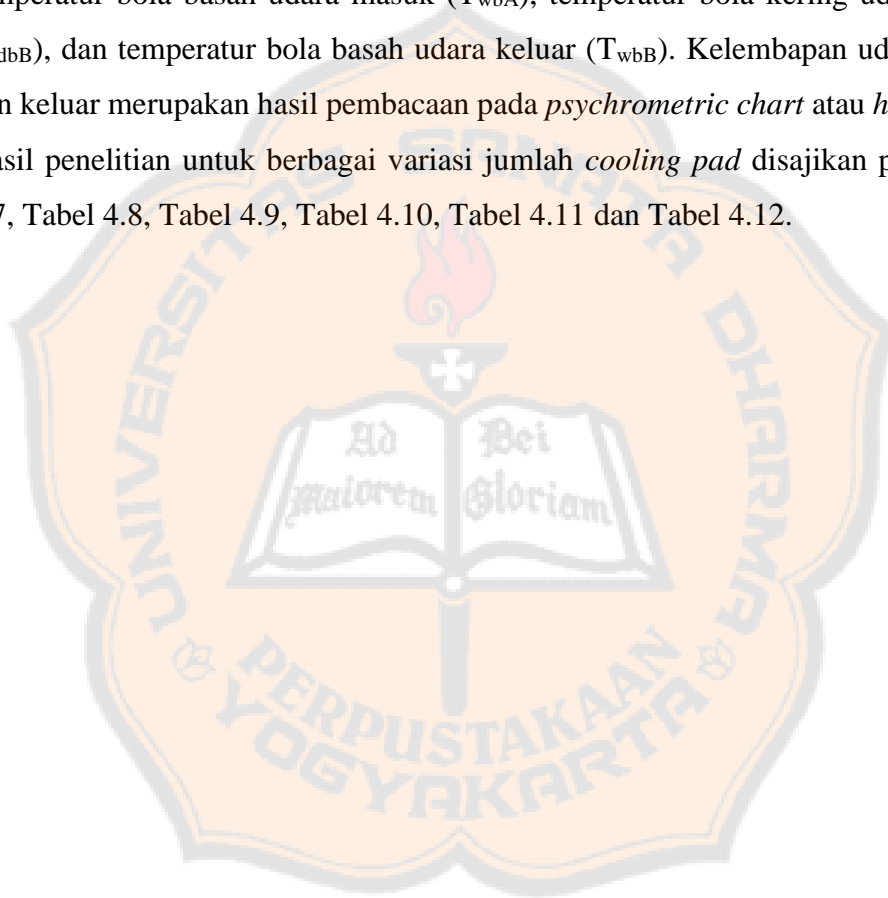
| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0146 | 21 | 21 | 0.016 | 2,34 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0146 | 21 | 21 | 0.016 | 2,34 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.8 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 2,34 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.5 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 2,34 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.5 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 2,34 |

Tabel 4.6 Hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s dengan pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 2,94 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 2,94 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.8 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 2,94 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.8 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 2,94 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.6 | 21 | 0.0138 | 21 | 21 | 0.016 | 2,94 |

4.2 Pengolahan Data

Psychrometric chart dapat dipergunakan untuk mengetahui sifat-sifat udara pada tekanan udara luar. *Psychrometric chart* dapat memberikan data-data yang diperlukan dalam perhitungan dan pengolahan data. *Psychrometric chart* dapat digunakan untuk melihat pengaruh jumlah *cooling pad* terhadap karakteristik *air cooler*. Dalam menggambarkan hasil penelitian pada *psychrometric chart*, ada beberapa data yang diperlukan yaitu temperatur bola kering udara masuk (T_{dbA}), temperatur bola basah udara masuk (T_{wbA}), temperatur bola kering udara keluar (T_{dbB}), dan temperatur bola basah udara keluar (T_{wbB}). Kelembapan udara masuk dan keluar merupakan hasil pembacaan pada *psychrometric chart* atau *higrometer*. Hasil penelitian untuk berbagai variasi jumlah *cooling pad* disajikan pada Tabel 4.7, Tabel 4.8, Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.



Tabel 4.7 hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s tanpa pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | Vs | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | (Vs) _A m ³ /Kg | (Vs) _B m ³ /Kg | (Vs) _C m ³ /Kg | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0,0137 | 30,2 | 22 | 0,0133 | 24 | 22 | 0,0163 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.864 | 0.853 | 1,6 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0,0137 | 30,2 | 22 | 0,0133 | 24 | 22 | 0,0163 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.864 | 0.853 | 1,6 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0,0137 | 30,2 | 22 | 0,0133 | 23,8 | 22 | 0,0161 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.862 | 0.853 | 1,6 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0,0137 | 30,2 | 22 | 0,0133 | 23,5 | 22 | 0,0158 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.859 | 0.853 | 1,6 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0,0137 | 30,2 | 22 | 0,0133 | 23,5 | 22 | 0,0158 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.859 | 0.853 | 1,6 |

Tabel 4.8 hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,34 m/s tanpa pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | Vs | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | (Vs) _A m ³ /Kg | (Vs) _B m ³ /Kg | (Vs) _C m ³ /Kg | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,0161 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.864 | 0.854 | 2,34 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,8 | 22 | 0,0159 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.862 | 0.854 | 2,34 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,9 | 22 | 0,016 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.863 | 0.854 | 2,34 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,8 | 22 | 0,0158 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.862 | 0.854 | 2,34 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,5 | 22 | 0,0155 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.859 | 0.854 | 2,34 |

Tabel 4.9 hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s tanpa pengering udara

| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | Vs | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | (Vs) _A m ³ /Kg | (Vs) _B m ³ /Kg | (Vs) _C m ³ /Kg | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,016 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.864 | 0.853 | 2,94 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 24 | 22 | 0,016 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.864 | 0.853 | 2,94 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,5 | 22 | 0,0155 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.859 | 0.853 | 2,94 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23,3 | 22 | 0,0153 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.857 | 0.853 | 2,94 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0,0137 | 30 | 22 | 0,0137 | 23 | 22 | 0,015 | 22 | 22 | 0,017 | 0.878 | 0.854 | 0.853 | 2,94 |

Tabel 4.10 hasil penelitian dengan kecepatan kipas 1,6 m/s dengan pengering udara

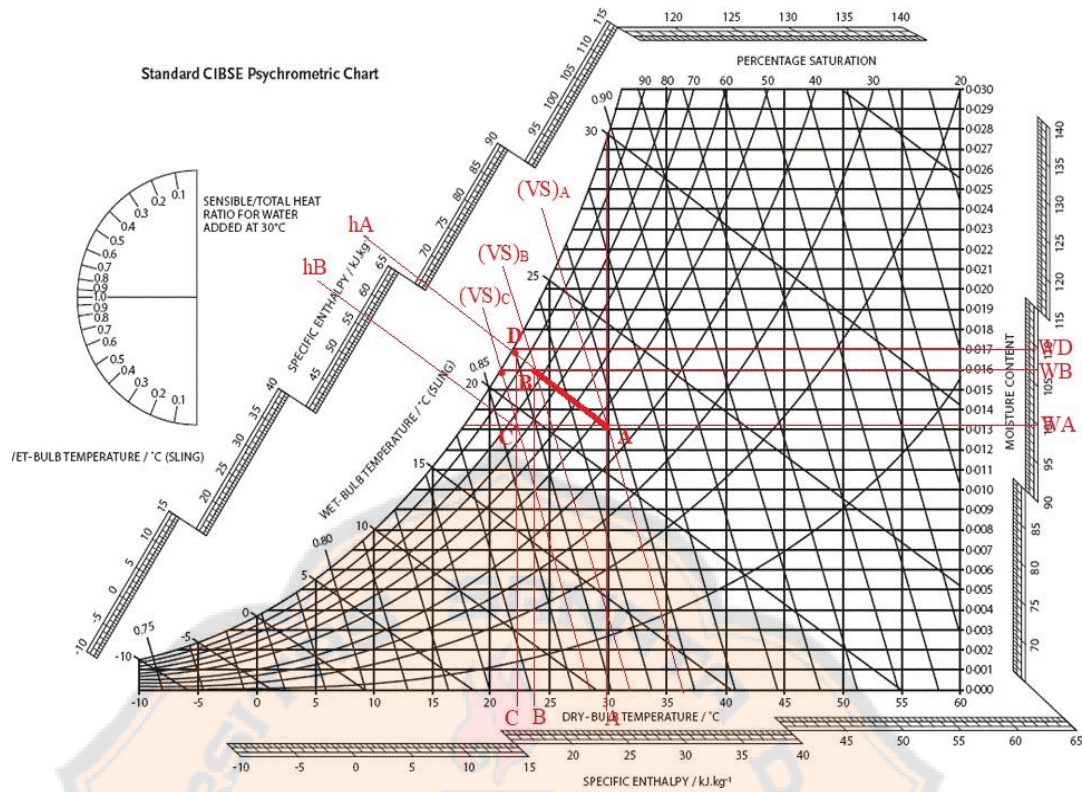
| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | Vs | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | (Vs) _A m ³ /Kg | (Vs) _B m ³ /Kg | (Vs) _C m ³ /Kg | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0152 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.860 | 0.849 | 1,6 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0152 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.860 | 0.849 | 1,6 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.6 | 21 | 0.0148 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.856 | 0.849 | 1,6 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.4 | 21 | 0.0146 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.854 | 0.849 | 1,6 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 22.8 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.848 | 0.849 | 1,6 |

Tabel 4.11 hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,34 m/s dengan pengering udara

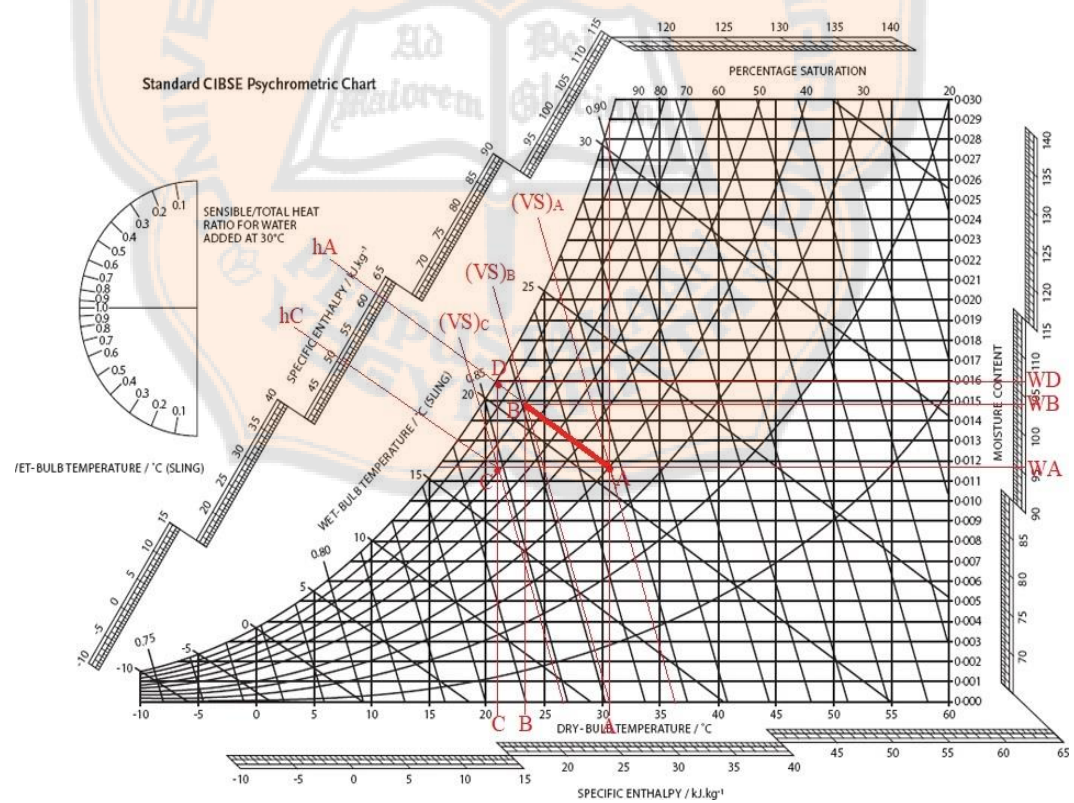
| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | Vs | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | $(Vs)_A$ m ³ /Kg | $(Vs)_B$ m ³ /Kg | $(Vs)_C$ m ³ /Kg | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0146 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.863 | 0.849 | 2,34 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0146 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.863 | 0.849 | 2,34 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.8 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.861 | 0.849 | 2,34 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.5 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.858 | 0.849 | 2,34 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.5 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.858 | 0.849 | 2,34 |

Tabel 4.12 hasil penelitian dengan kecepatan kipas 2,94 m/s dengan pengering udara

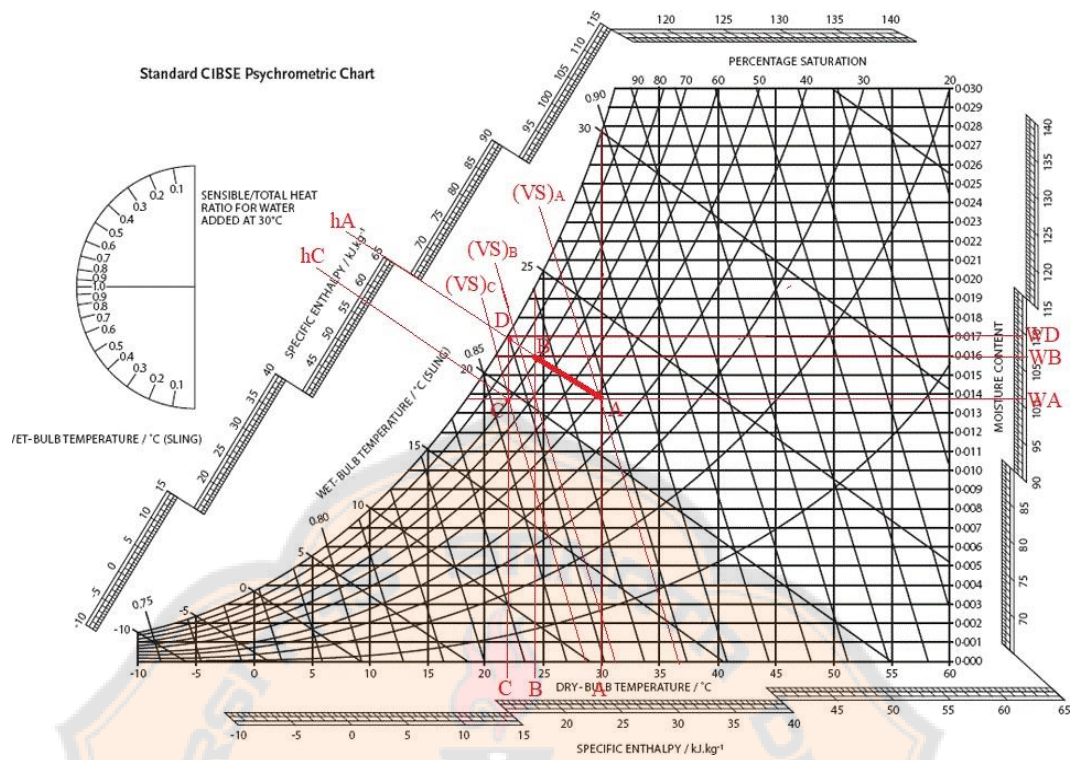
| No | Menit (t) | Kondisi Udara Lingkungan | | | Kondisi Udara Masuk (A) | | | Kondisi Udara Keluar (B) | | | (D) | | | Vs | | | V Udara (m/s) |
|----|-----------|--------------------------|---------------|--|-------------------------|---------------|--|--------------------------|---------------|--|---------------|---------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| | | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_A Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_B Kg _{air} /Kg _{udara} | T_{db} (°C) | T_{wb} (°C) | W_D Kg _{air} /Kg _{udara} | $(Vs)_A$ m ³ /Kg | $(Vs)_B$ m ³ /Kg | $(Vs)_C$ m ³ /Kg | |
| 1 | 10 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.855 | 0.849 | 2,94 |
| 2 | 20 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 24 | 21 | 0.0142 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.855 | 0.849 | 2,94 |
| 3 | 30 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.8 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.853 | 0.849 | 2,94 |
| 4 | 40 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.8 | 21 | 0.0140 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.853 | 0.849 | 2,94 |
| 5 | 50 | 30 | 22 | 0.0137 | 31 | 21 | 0.0115 | 23.6 | 21 | 0.0138 | 21 | 21 | 0.016 | 0.878 | 0.851 | 0.849 | 2,94 |



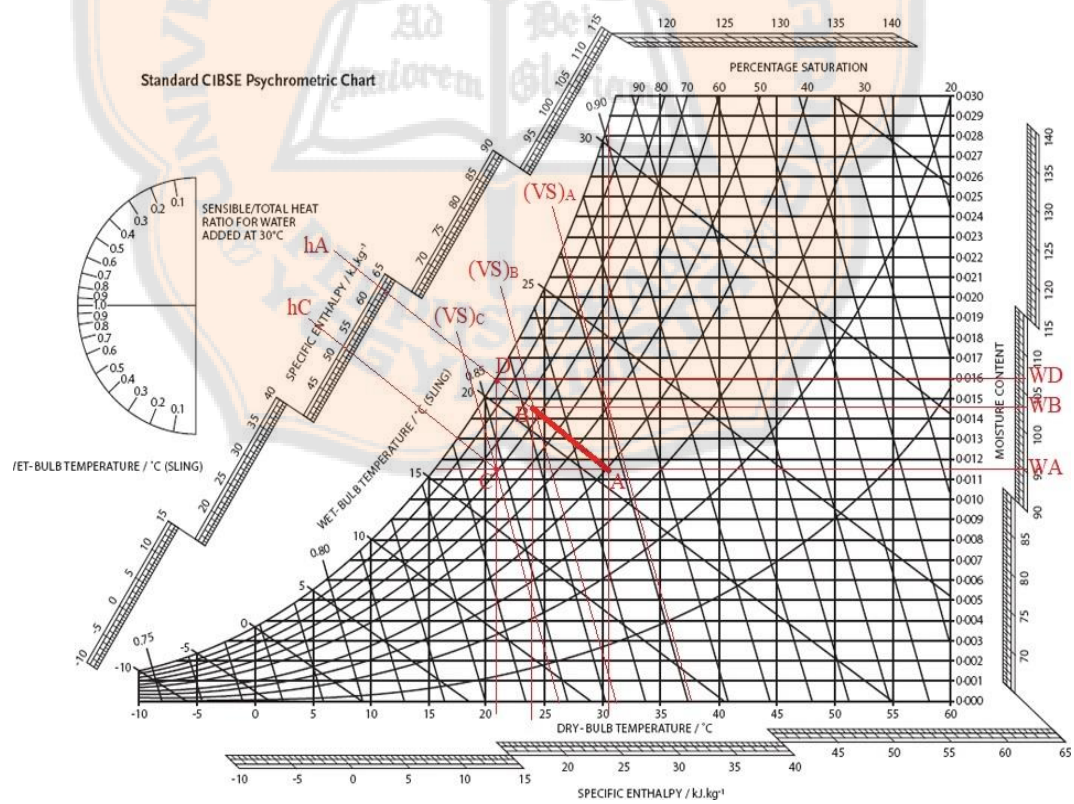
Gambar 4.1 Proses *evaporative cooling* dengan kecepatan kipas 1,6 m/s



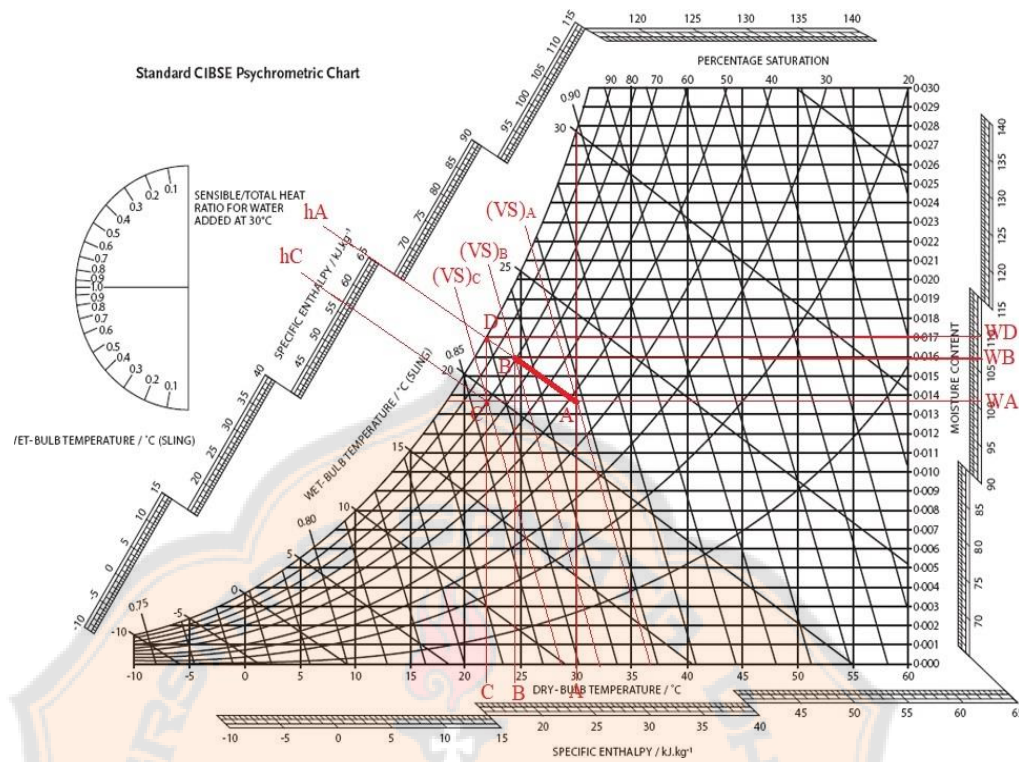
Gambar 4.2 Proses *evaporative cooling* dengan kecepatan kipas 1,6 m/s dengan tambahan pengering udara



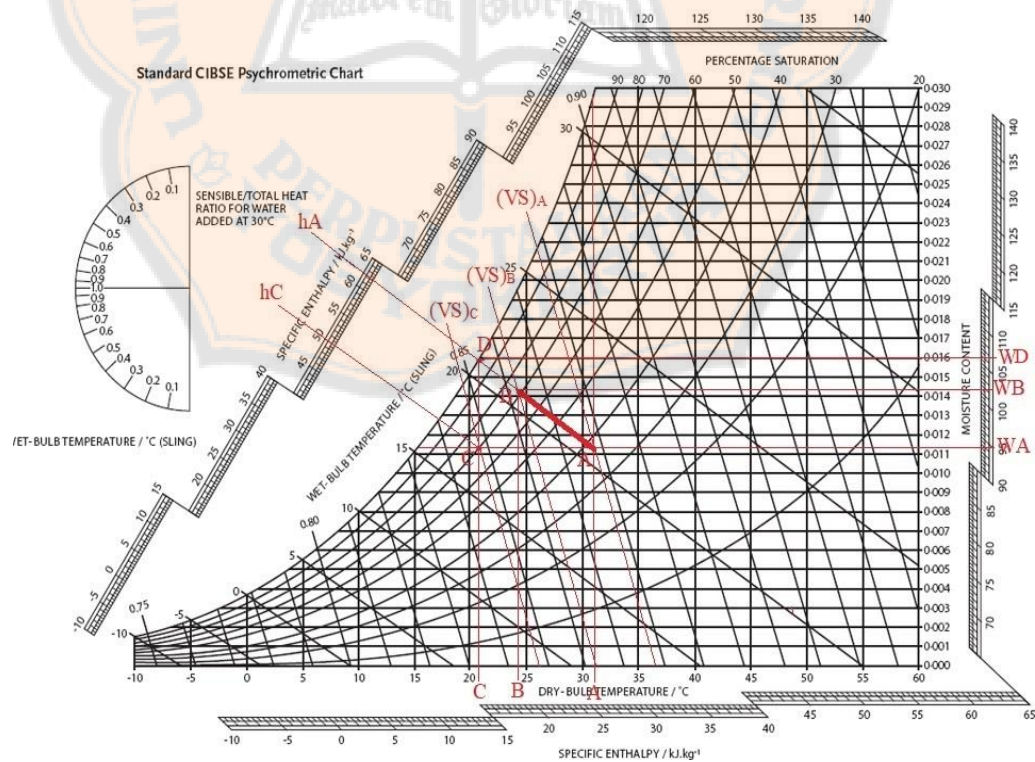
Gambar 4.3 Proses *evaporative cooling* dengan kecepatan kipas 2,34 m/s



Gambar 4.4 Proses *evaporative cooling* dengan kecepatan kipas 2,34 m/s dengan tambahan pengering udara



Gambar 4.5 Proses *evaporative cooling* dengan kecepatan kipas 2,94 m/s



Gambar 4.6 Proses *evaporative cooling* dengan kecepatan kipas 2,94 m/s dengan tambahan pengering udara

Perhitungan-perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik *air cooler*: (a) penambahan kandungan uap air (Δw), (b) laju aliran volume udara (Q_{udara}), (c) laju aliran massa udara (Q_{massa}), (d) energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}), (e) efektivitas pendinginan *cooling pad* (ϵ), perhitungan jumlah air yang menguap per menit (\dot{m}). Perhitungan data diambil pada menit ke 50.

a. Pertambahan kandungan uap air (Δw)

Pertambahan kandungan uap air pada proses *evaporative cooling* dapat dihitung dengan cara menghitung (Δw). Nilai (Δw) dihitung dari nilai kelembapan spesifik udara keluar dari *cooling pad* (w_A) dikurangi kelembapan spesifik udara masuk ke *cooling pad* (w_B). Perhitungan pertambahan kandungan uap air (Δw) untuk kecepatan kipas 1,6 m/s tanpa pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta w &= w_B - w_A \\ &= (0,0158 - 0,0137) \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara} \\ &= 0,0021 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}\end{aligned}$$

Perhitungan pertambahan kandungan uap air (Δw) kecepatan kipas 2,34 m/s tanpa pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta w &= w_B - w_A \\ &= (0,0155 - 0,0137) \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara} \\ &= 0,0018 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}\end{aligned}$$

Perhitungan pertambahan kandungan uap air (Δw) kecepatan kipas 2,94 m/s tanpa pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta w &= w_B - w_A \\ &= (0,0150 - 0,0137) \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara} \\ &= 0,0013 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk proses penambahan pengering udara atau untuk mengurangi kelembapan udara yang masuk kedalam *cooling pad*. Perhitungan pertambahan kandungan uap air (Δw) untuk kecepatan kipas 1,6 m/s dengan pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta w &= w_B - w_A \\ &= (0,0142 - 0,0115) \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara} \\ &= 0,0027 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}\end{aligned}$$

Perhitungan pertambahan kandungan uap air (Δw) kecepatan kipas 2,34 m/s dengan pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta w &= w_B - w_A \\ &= (0,0140 - 0,0115) \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}} \\ &= 0,0025 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}\end{aligned}$$

Perhitungan pertambahan kandungan uap air (Δw) kecepatan kipas 2,94 m/s tanpa pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta w &= w_B - w_A \\ &= (0,0138 - 0,0115) \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}} \\ &= 0,0023 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}\end{aligned}$$

b. Perhitungan laju aliran volume udara (Q_{udara})

Laju aliran volume udara yang didinginkan (Q_{udara}). Perhitungan laju aliran volume udara (Q_{udara}) untuk kecepatan 1,6 m/s, 2,34 m/s dan 2,94 m/s adalah sebagai berikut :

Diketahui : Ukuran *box air cooler* 1,5 m x 1 m x 1 m

$$\text{Diameter Kipas } 0,6 \text{ m} \quad A_A : \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$$

Perhitungan Laju aliran volume udara yang didinginkan (Q_{udara}) pada kecepatan kipas 1,6 m/s adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Q_{\text{udara}} &= V_A \times A_A \\ &= 1,6 \text{ m/s} \times 0,283 \text{ m}^2 \\ &= 0,453 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Perhitungan Laju aliran volume udara yang didinginkan (Q_{udara}) kecepatan kipas 2,34 m/s adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Q_{\text{udara}} &= V_A \times A_A \\ &= 2,34 \text{ m/s} \times 0,283 \text{ m}^2 \\ &= 0,662 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

Perhitungan Laju aliran volume udara yang didinginkan (Q_{udara}) kecepatan kipas 2,94 m/s adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Q_{\text{udara}} &= V_A \times A_A \\ &= 2,94 \text{ m/s} \times 0,283 \text{ m}^2 \\ &= 0,832 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

c. Perhitungan laju aliran massa udara (Q_{massa})

Laju aliran massa udara yang didinginkan (Q_{massa}). Perhitungan laju aliran massa udara (Q_{massa}) untuk kecepatan 1,6 m/s, 2,34 m/s dan 2,94 m/s adalah sebagai berikut:

Perhitungan laju aliran massa udara (Q_{massa}) untuk kecepatan 1,6 m/s adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{massa}} &= \frac{V_A \times A_A}{(VS)A} \\ &= \frac{0,453}{0,878} \\ &= 0,516 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \end{aligned}$$

Perhitungan laju aliran massa udara (Q_{massa}) untuk kecepatan 2,34 m/s adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{massa}} &= \frac{V_A \times A_A}{(VS)A} \\ &= \frac{0,662}{0,878} \\ &= 0,754 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \end{aligned}$$

Perhitungan laju aliran massa udara (Q_{massa}) untuk kecepatan 2,94 m/s adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{massa}} &= \frac{V_A \times A_A}{(VS)A} \\ &= \frac{0,832}{0,878} \\ &= 0,948 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \end{aligned}$$

d. Perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out})

Energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}). Perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) untuk kecepatan 1,6 m/s tanpa pengering adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{out}} &= Q_{\text{massa}} \times (h_A - h_C) \\ &= 0,516 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \times (65,5 - 56,5) \text{ kJ/kg}_{\text{udara}} \\ &= 0,516 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \times (9) \text{ kJ/kg}_{\text{udara}} \\ &= 4,644 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) kecepatan 2,34 m/s tanpa pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{massa} \times (h_A - h_C) \\ &= 0,754 \text{ kg}_{udara}/s \times (65 - 57) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 0,754 \text{ kg}_{udara}/s \times (8) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 6,032 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) untuk kecepatan 2,94 m/s tanpa pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{massa} \times (h_A - h_C) \\ &= 0,948 \text{ kg}_{udara}/s \times (65 - 56) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 0,948 \text{ kg}_{udara}/s \times (9) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 8,532 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) untuk kecepatan 1,6 m/s dengan pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{massa} \times (h_A - h_C) \\ &= 0,516 \text{ kg}_{udara}/s \times (62 - 52) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 0,516 \text{ kg}_{udara}/s \times (10) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 5,160 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) kecepatan 2,34 m/s dengan pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{massa} \times (h_A - h_C) \\ &= 0,754 \text{ kg}_{udara}/s \times (62 - 52) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 0,754 \text{ kg}_{udara}/s \times (10) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 7,540 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) untuk kecepatan 2,94 m/s dengan pengering adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_{massa} \times (h_A - h_C) \\ &= 0,948 \text{ kg}_{udara}/s \times (62 - 52) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 0,948 \text{ kg}_{udara}/s \times (10) \text{ kJ/kg}_{udara} \\ &= 9,480 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

e. Perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* (ϵ)

Efektivitas pendinginan *cooling pad* (ϵ). Perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* dengan kecepatan 1,6 m/s tanpa pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta T_{\text{aktual}}}{\Delta T_{\text{maksimal}}} \\ &= \frac{T_{dbA} - T_{dbB}}{T_{dbA} - T_{wbA}} \\ &= \frac{30-23,5}{30-22} = \frac{13}{16} \\ &= 0,8125\end{aligned}$$

Perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* dengan kecepatan 2,34 m/s tanpa pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta T_{\text{aktual}}}{\Delta T_{\text{maksimal}}} \\ &= \frac{T_{dbA} - T_{dbB}}{T_{dbA} - T_{wbA}} \\ &= \frac{30-23,5}{30-22} = \frac{13}{16} \\ &= 0,8125\end{aligned}$$

Perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* dengan kecepatan 2,94 m/s tanpa pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta T_{\text{aktual}}}{\Delta T_{\text{maksimal}}} \\ &= \frac{T_{dbA} - T_{dbB}}{T_{dbA} - T_{wbA}} \\ &= \frac{30-23}{30-22} = \frac{7}{8} \\ &= 0,875\end{aligned}$$

Perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* dengan kecepatan 1,6 m/s dengan pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta T_{\text{aktual}}}{\Delta T_{\text{maksimal}}} \\ &= \frac{T_{dbA} - T_{dbB}}{T_{dbA} - T_{wbA}}\end{aligned}$$

$$= \frac{30-22,8}{30-21} = \frac{4}{5}$$

$$= 0,800$$

Perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* dengan kecepatan 2,34 m/s dengan pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\Delta T_{aktual}}{\Delta T_{maksimal}}$$

$$= \frac{T_{dbA} - T_{dbB}}{T_{dbA} - T_{wbA}}$$

$$= \frac{30-23,5}{30-21} = \frac{13}{18}$$

$$= 0,722$$

Perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* dengan kecepatan 2,94 m/s dengan pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\Delta T_{aktual}}{\Delta T_{maksimal}}$$

$$= \frac{T_{dbA} - T_{dbB}}{T_{dbA} - T_{wbA}}$$

$$= \frac{30-23,6}{30-21} = \frac{32}{15}$$

$$= 0,7111$$

f. Perhitungan jumlah air yang menguap per menit (m).

Perhitungan jumlah air yang menguap per menit dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.7). Perhitungan jumlah air yang menguap untuk kecepatan 1,6 m/s tanpa pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\dot{m} = \Delta w \times Q_{massa}$$

$$= 0,0021 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara} \times 0,516 \text{ kg}_{udara}/\text{s}$$

$$= 0,001 \text{ kg}_{air}/\text{s}$$

Perhitungan jumlah air yang menguap per menitnya untuk kecepatan 2,34 m/s tanpa pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\dot{m} = \Delta w \times Q_{massa}$$

$$= 0,0018 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara} \times 0,754 \text{ kg}_{udara}/\text{s}$$

$$= 0,0013 \text{ kg}_{air}/\text{s}$$

Perhitungan jumlah air yang menguap per menitnya untuk kecepatan 2,94 m/s tanpa pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \Delta w \times Q_{\text{massa}} \\ &= 0,0013 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}} \times 0,948 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \\ &= 0,0012 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{s} \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah air yang menguap untuk kecepatan 1,6 m/s dengan pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \Delta w \times Q_{\text{massa}} \\ &= 0,0027 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}} \times 0,516 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \\ &= 0,0013 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{s} \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah air yang menguap per menitnya untuk kecepatan 2,34 m/s dengan pengering udara adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \Delta w \times Q_{\text{massa}} \\ &= 0,0025 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}} \times 0,754 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \\ &= 0,0019 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{s} \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah air yang menguap per menitnya untuk kecepatan 2,94 m/s dengan pengering udara adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \Delta w \times Q_{\text{massa}} \\ &= 0,0023 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}} \times 0,948 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{s} \\ &= 0,0022 \text{ kg}_{\text{air}}/\text{s} \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Data hasil perhitungan pertambahan kandungan air

| No | Variasi Penelitian | WA | WB | ΔW | RHA | RHB |
|----|---------------------|---|---|---|-----|-----|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (%) | (%) |
| 1 | 1,6 | 0,0137 | 0,0158 | 0,0021 | 46 | 85 |
| 2 | 2,34 | 0,0137 | 0,0155 | 0,0018 | 46 | 83 |
| 3 | 2,94 | 0,0137 | 0,015 | 0,0013 | 46 | 81 |

Tabel 4.14 Data hasil perhitungan pertambahan kandungan air dengan tambahan alat pengering udara

| No | Variasi Penelitian | WA | WB | ΔW | RHA | RHB |
|----|---------------------|---|---|---|-----|-----|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (%) | (%) |
| 1 | 1,6 | 0,0115 | 0,0142 | 0,0027 | 40 | 80 |
| 2 | 2,34 | 0,0115 | 0,0140 | 0,0025 | 40 | 74 |
| 3 | 2,94 | 0,0115 | 0,0138 | 0,0023 | 40 | 72 |

Tabel 4.15 Data hasil perhitungan laju aliran massa dan laju aliran volume udara

| No | Variasi Penelitian | A_A | V_B | $(VS)_A$ | Q_{udara} | Q_{massa} |
|----|---------------------|-----------|-------|--------------|-------------|--------------------|
| | Variasi Udara (m/s) | (m^2) | (m/s) | (m^3/kg) | (m^3/s) | (kg_{udara}/s) |
| 1 | 1,6 | 0,6 | 1,6 | 0,878 | 0,453 | 0,516 |
| 2 | 2,34 | 0,6 | 2,34 | 0,878 | 0,662 | 0,754 |
| 3 | 2,94 | 0,6 | 2,94 | 0,878 | 0,832 | 0,948 |

Tabel 4.16 Data hasil perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara

| No | Variasi Penelitian | Q_{massa} | h_A | h_C | Q_{out} |
|----|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg_{udara}/s) | (kJ/kg_{udara}) | (kJ/kg_{udara}) | kJ/s |
| 1 | 1,6 | 0,516 | 65,5 | 56,5 | 4,644 |
| 2 | 2,34 | 0,754 | 65 | 57 | 6,032 |
| 3 | 2,94 | 0,948 | 65 | 56 | 8,532 |

Tabel 4.17 Data hasil perhitungan energi kalor sensibel yang dilepas udara dengan tambahan pengering udara

| No | Variasi Penelitian | Q_{massa} | h_A | h_C | Q_{out} |
|----|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg_{udara}/s) | (kJ/kg_{udara}) | (kJ/kg_{udara}) | kJ/s |
| 1 | 1,6 | 0,516 | 62 | 52 | 5,160 |
| 2 | 2,34 | 0,754 | 62 | 52 | 7,540 |
| 3 | 2,94 | 0,948 | 62 | 52 | 9,480 |

Tabel 4.18 Data hasil perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad*

| No | Variasi Penelitian | T_{dbA} | T_{dbB} | T_{wb} | ϵ |
|----|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg_{udara}/s) | (kJ/kg_{udara}) | (kJ/kg_{udara}) | |
| 1 | 1,6 | 30 | 23,5 | 22 | 0,8125 |
| 2 | 2,34 | 30 | 23,5 | 22 | 0,8125 |
| 3 | 2,94 | 30 | 23 | 22 | 0,8750 |

Tabel 4.19 Data hasil perhitungan efektivitas pendinginan *cooling pad* dengan tambahan pengering udara

| No | Variasi Penelitian | T_{dbA} | T_{dbB} | T_{wb} | ϵ |
|----|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg_{udara}/s) | (kJ/kg_{udara}) | (kJ/kg_{udara}) | |
| 1 | 1,6 | 30 | 22,8 | 21 | 0,8000 |
| 2 | 2,34 | 30 | 23,5 | 21 | 0,7222 |
| 3 | 2,94 | 30 | 23,6 | 21 | 0,7111 |

Tabel 4.20 Data hasil perhitungan jumlah air yang menguap per menit

| No | Variasi Penelitian | Q_{massa} | ΔW | \dot{m} |
|----|---------------------|--------------------------|---|---|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg _{udara} /s) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (kg _{air} /kg _{udara}) |
| 1 | 1,6 | 0,516 | 0,0021 | 0,0010 |
| 2 | 2,34 | 0,754 | 0,0018 | 0,0013 |
| 3 | 2,94 | 0,948 | 0,0013 | 0,0012 |

Tabel 4.21 Data hasil perhitungan jumlah air yang menguap per menit dengan tambahan pengering udara

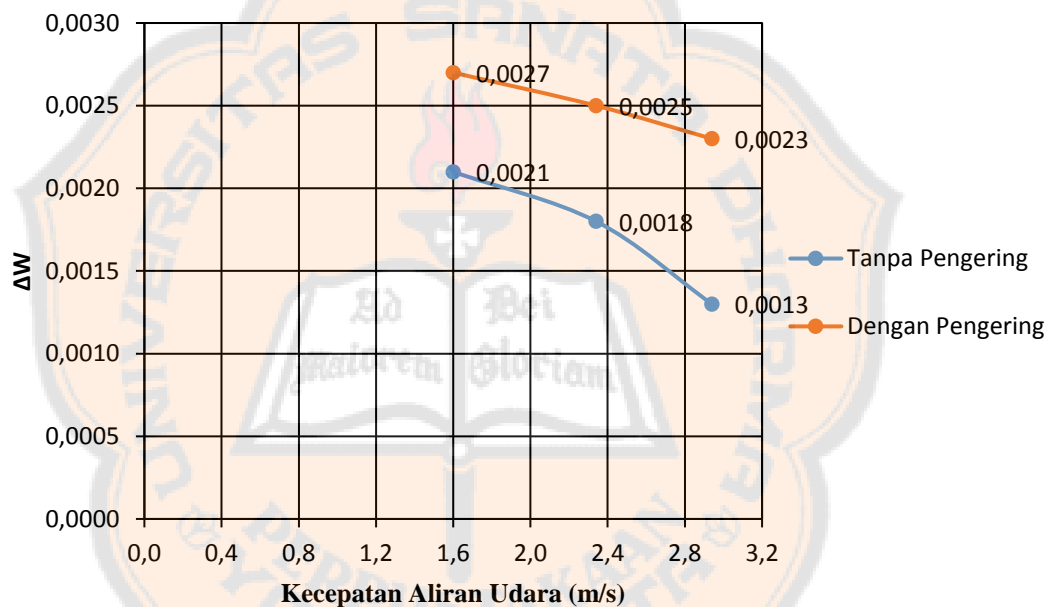
| No | Variasi Penelitian | Q_{massa} | ΔW | \dot{m} |
|----|---------------------|--------------------------|---|---|
| | Variasi Udara (m/s) | (kg _{udara} /s) | (kg _{air} /kg _{udara}) | (kg _{air} /kg _{udara}) |
| 1 | 1,6 | 0,516 | 0,0027 | 0,0013 |
| 2 | 2,34 | 0,754 | 0,0025 | 0,0019 |
| 3 | 2,94 | 0,948 | 0,0023 | 0,0022 |

4.3 Pembahasan

Mesin penyejuk udara (*air cooler*) dengan daya listrik rendah yang memergunakan sistem *evaporative cooling* berhasil dirakit dan dapat bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan. Alat *air cooler* ini dapat dikatakan sudah berhasil karena dapat bekerja dengan maksimal karena dapat menurunkan suhu sebanyak 6,1°C hingga 7,2°C. Dari beberapa variasi kecepatan aliran udara dapat diketahui bahwa aliran udara yang masuk dapat mempengaruhi hasil *air cooler* karena aliran udara masuk tersebut kemudian akan membawa uap air yang akan terbawa keluar bersama aliran udara. Dengan adanya tambahan alat pengering udara dapat membantu mengurangi kelembapan udara yang masuk ke *air cooler* dan dapat mempengaruhi hasil dari *air cooler* tersebut.

Gambar 4.7 dapat dilihat nilai pertambahan kandungan uap air pada proses *evaporative cooling* dapat dihitung dengan cara menghitung (Δw). Nilai (Δw) dihitung dari nilai kelembapan spesifik udara keluar dari *cooling pad* (w_A) dikurangi kelembapan spesifik udara masuk ke *cooling pad* (w_B). Dari data dapat diketahui kecepatan aliran udara 1,6m/s menunjukkan jumlah uap air yang dibawa oleh aliran udara paling tinggi dan dapat dikatakan masih banyak jumlahnya sebesar 0,0021 kg_{air}/kg_{udara} sedangkan dengan tambahan alat pengering sebesar

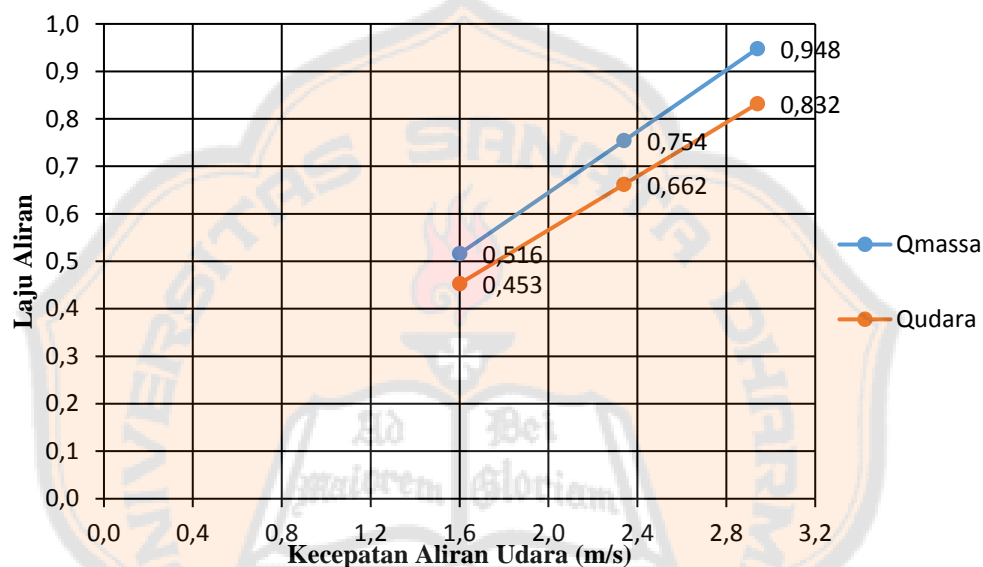
0,0027 kg_{air}/kg_{udara} kemudian menurun menjadi 0,0013 kg_{air}/kg_{udara} sedangkan untuk jumlah uap air dengan tambahan alat pengering kemudian turun menjadi 0,0023 kg_{air}/kg_{udara}. Dari kedua percobaan proses tanpa pengering dan dengan pengering dapat diketahui bahwa, kecepatan 1,6 m/s dengan pengering lebih bagus karena jumlah kandungan uap air paling tinggi sebesar 0,0027 kg_{air}/ kg_{udara} dibandingkan dengan percobaan lainnya. Adanya penurunan pertambahan kandungan uap air terjadi karena kecepatan aliran udara yang terdorong oleh kipas menuju *cooling pad* membawa uap air. Semakin tinggi kecepatan aliran udara jadi semakin banyak uap air yang tidak terbawa oleh aliran udara keluar hanya angin cepat saja yang keluar.



Gambar 4.7 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kandungan uap air di *cooling pad* (ΔW) tanpa pengering dan dengan pengering.

Gambar 4.8 menunjukkan laju aliran volume udara dan laju aliran massa. Laju aliran volume udara yang didinginkan (Q_{udara}) dan laju aliran massa udara yang didinginkan. (Q_{massa}) ukuran *box air cooler* p x l x t : 1,5 m x 1 m x 1 m diameter kipas 0,6 m. Pada gambar dapat diketahui bahwa laju aliran volume udara dan laju aliran massa cenderung bertambah atau naik sesuai dengan bertambahnya kecepatan aliran udara. Dari beberapa penelitian kecepatan aliran udara grafik cenderung naik hampir sama secara stabil. Data menunjukkan kenaikan secara

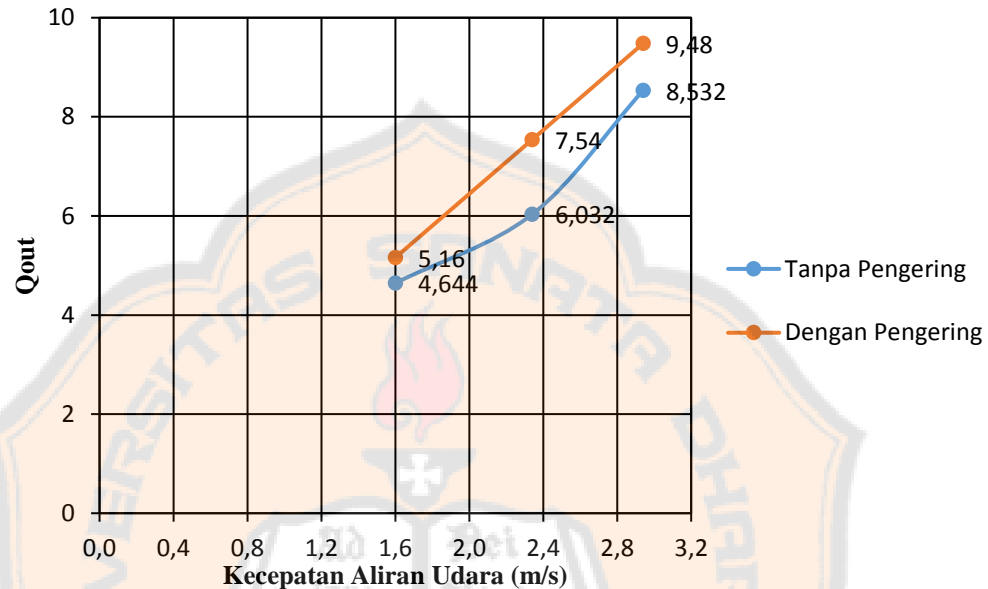
stabil. Q_{massa} paling tinggi terjadi pada kecepatan 2,94 m/s sebesar 0,948 paling rendah terjadi pada kecepatan 1,6 m/s sebesar 0,516. Sedangkan Q_{udara} paling besar terjadi pada kecepatan 2,94 m/s sebesar 0,832 (m^3/s) paling rendah terjadi pada kecepatan 1,6 m/s sebesar 0,453 m^3/s . (V_s)A volume spesifik di titik A berlangsung stabil yaitu sebesar 0,878 m^3/kg . Laju aliran udara adalah aliran udara yang didorong oleh kipas di setiap variasi kecepatan, untuk laju aliran massa adalah massa yang mengalir atau massa yang dibawa oleh aliran udara. Untuk mengetahui jumlah aliran yang mengalir pada *air cooler*.



Gambar 4.8 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap laju aliran volume udara (Q_{udara}) dan laju aliran massa (Q_{massa}) aliran udara tanpa pengering dan dengan pengering

Gambar 4.9 Energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) untuk berbagai kecepatan aliran udara. Pada proses penurunan temperatur yang dihasilkan menjadi penyebab besar dan kecilnya selisih entalpi yang di lepas udara artinya setiap pertambahan kecepatan aliran udara maka semakin besar selisih entalpi dan temperatur bola kering di titik B terhadap titik A semakin besar kalor sensibel yang dilepas oleh udara. Dapat dilihat bahwa semakin cepat atau tinggi aliran udara yang ada di dalam *air cooler*, semakin tinggi energi kalor sensibel yang dilepas udara. Hal ini disebabkan karena semakin besar selisih entalpi yang dihasilkan *air cooler*. Dari grafik menunjukkan cenderung stabil naik tanpa pengering udara Q_{out} lebih

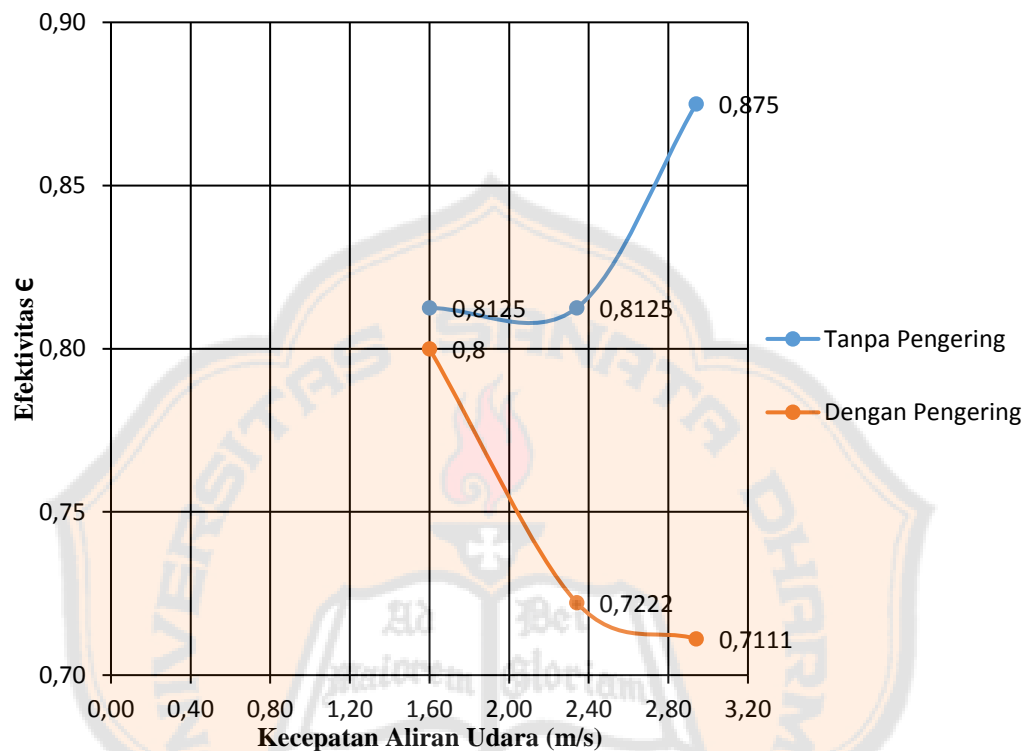
rendah jika dibandingkan dengan tambahan alat pengering udara. Q_{out} yang dihasilkan tanpa pengering udara paling tinggi dihasilkan dikecepatan udara 2,94 m/s yaitu sebesar 8,532 kJ/s sedangkan dengan tambahan alat pengering udara hasil paling tinggi terjadi pada kecepatan aliran 2,94 m/s sebesar 9,48 kJ/s. Diantara beberapa percobaan Q_{out} paling tinggi terjadi pada percobaan dengan tambahan alat pengering udara pada kecepatan 2,94 m/s sebesar 9,48 kJ/s.



Gambar 4.9 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap energi kalor sensibel yang dilepas udara (Q_{out}) di kecepatan aliran udara tanpa pengering dan dengan pengering.

Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa semakin besar selisih temperatur bola kering di titik A terhadap temperatur bola kering di titik B. Semakin dekat suhu bola kering ke suhu udara bola basah semakin besar efektivitasnya. Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa aliran udara yang masuk dan melalui *cooling pad* dapat mempengaruhi efektivitas dari *cooling pad*. Karena udara masuk tanpa pengering masih membawa udara lembap dari lingkungan sedangkan untuk efektivitas *cooling pad* dengan tambahan alat pengurang kelembapan udara yang masuk sudah berkurang kelembapannya. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa adanya naik turun hasil efektivitas pendinginan *cooling pad* hasil tertinggi tanpa pengering terjadi pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s sebesar 0,8750 justru hasil berbeda ditunjukkan dengan tambahan alat pengering di kecepatan aliran udara 1,6 m/s

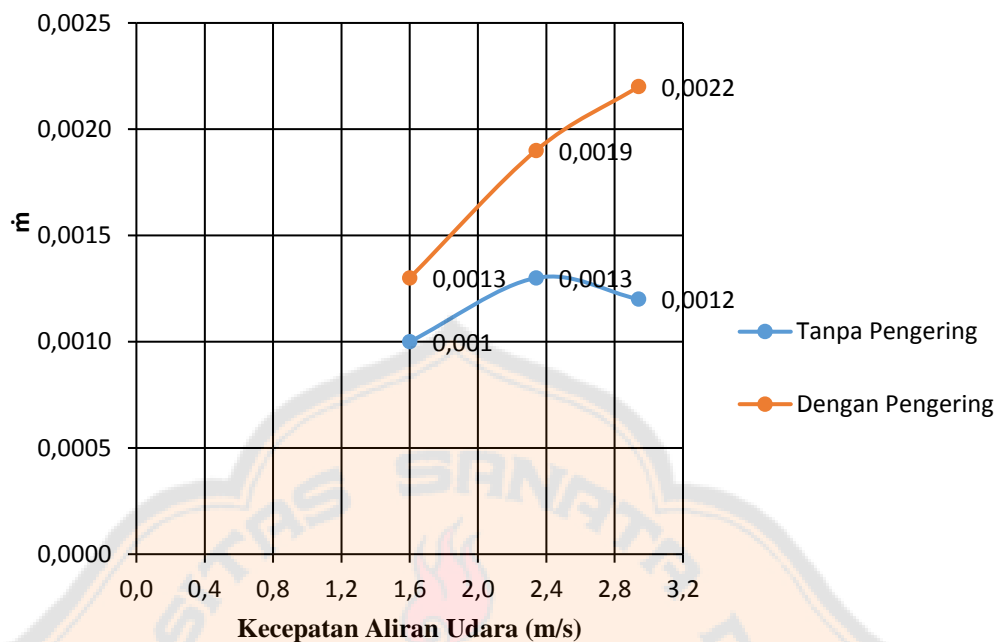
sebesar 0,800. Hal ini terjadi disebabkan oleh aliran udara yang masuk dengan tambahan alat pengering lebih panas karena adanya proses tambahan pengeringan udara yang menyebabkan udara basah menjadi kering dan mengakibatkan suhu udara masuk jadi lebih panas ketika masuk ke *cooling pad*.



Gambar 4.10 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap efektivitas pendingin *cooling pad* kecepatan aliran udara tanpa pengering dan dengan pengering

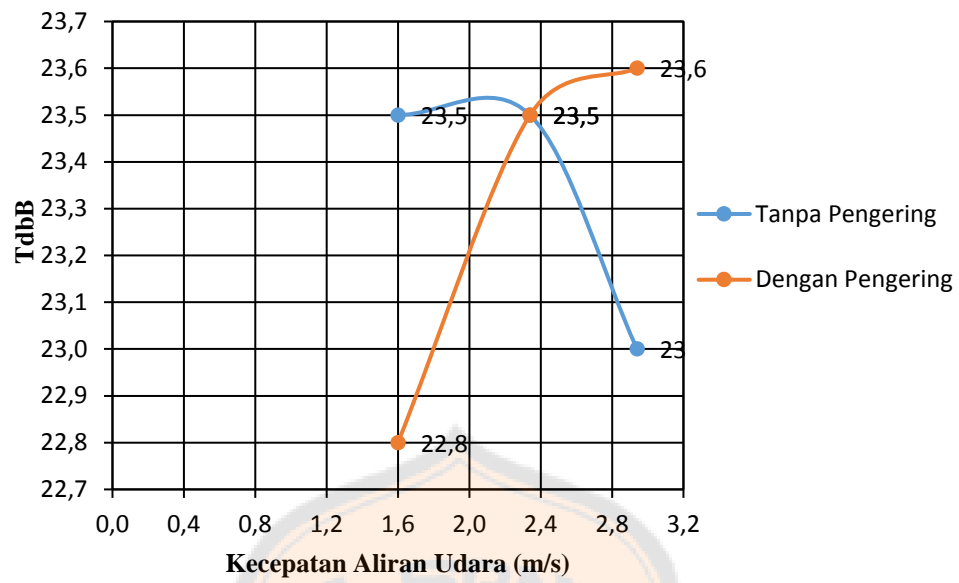
Gambar 4.11 menyajikan jumlah air yang menguap per menit untuk berbagai variasi aliran udara. Uap air yang terjadi pada proses pendinginan di *cooling pad* yang kemudian akan dibawa oleh aliran udara keluar. Dari gambar 4.11 menyajikan bahwa grafik tidak stabil naik untuk tanpa pengering air yang menguap per menit hasil tertinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 2,34 m/s sebesar $\dot{m} : 0,0013$ ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$). Sedangkan dengan tambahan alat pengering udara hasil tertinggi terjadi pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s sebesar $\dot{m} : 0,0022$ ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$). Hal ini terjadi disebabkan oleh aliran udara yang masuk dengan tambahan alat pengering suhu udara basahnya sudah berkurang jadi aliran udara

yang bersentuhan dengan uap air yang ada di *cooling pad* lebih banyak membawa uap air dan suhu udara basahnya sudah berkurang.

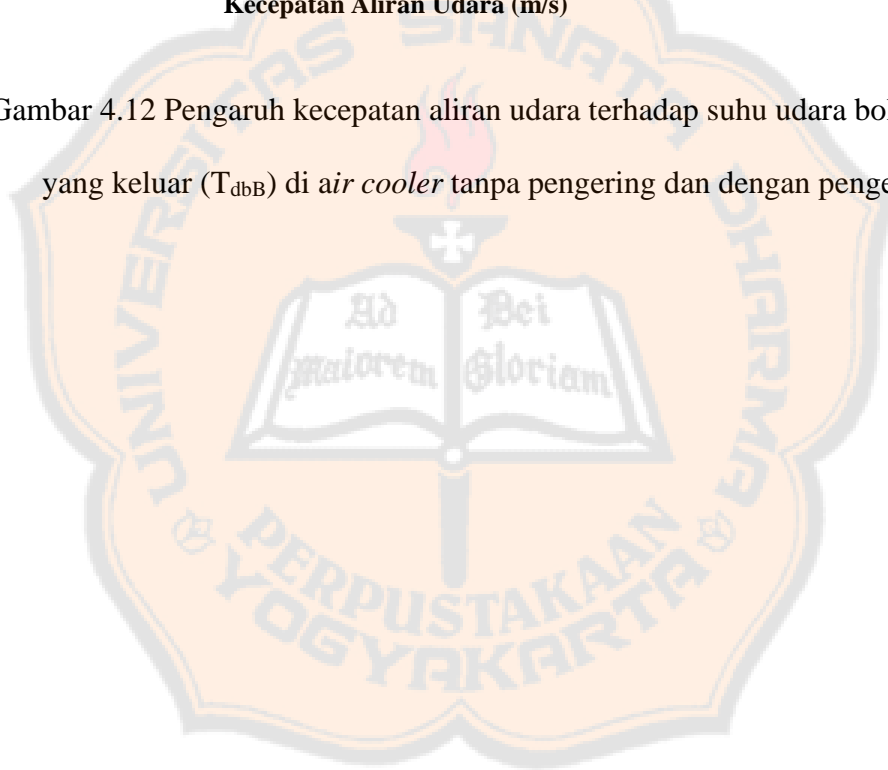


Gambar 4.11 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap jumlah air yang menguap per menit di *cooling pad* tanpa pengering dan dengan pengering

Gambar 4.12 menunjukkan hasil dari kerja *air cooler* selama pengujian. Adanya perbedaan hasil dari *air cooler* dapat dipengaruhi dari berbagai hal. Salah satunya aliran udara lingkungan yang masuk ke *air cooler* untuk hasil tanpa pengering adanya penurunan karena udara yang masuk murni dari udara lingkungan jadi udara yang dihasilkan oleh *air cooler* adalah pengaruh aliran udara dari setiap variasinya. Sedangkan untuk hasil dengan tambahan alat pengurang kelembapan sudah terpengaruh dari proses pengurang kelembapan ketika aliran udara semakin tinggi maka semakin panas maka proses tersentuhnya aliran udara dengan uap air jadi tidak maksimal karena efek panas dari proses pengurang kelembapan. Pada variasi aliran udara 1,6 m/s $T_{dbB} : 23,5^{\circ}C$. Aliran udara 2,34 m/s $T_{dbB} : 23,5^{\circ}C$. Aliran udara 2,94 m/s $T_{dbB} : 23^{\circ}C$. sedangkan hasil udara kering yang dihasilkan dengan tambahan alat pengering kelembapan udara untuk variasi aliran udara 1,6 m/s $T_{dbB} : 22,8^{\circ}C$. Aliran udara 2,34 m/s $T_{dbB} : 23,5^{\circ}C$. Aliran udara 2,94m/s $T_{dbB} : 23,9^{\circ}C$. Hasil tertinggi ditunjukkan dikecepatan aliran udara 1,6 m/s dengan tambahan alat pengering udara sebesar $22,8^{\circ}C$.



Gambar 4.12 Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap suhu udara bola kering yang keluar (T_{dbB}) di *air cooler* tanpa pengering dan dengan pengering



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil dari pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kandungan uap air di *cooling pad*. Menunjukkan bahwa semakin rendah kecepatan udara maka semakin banyak jumlah uap air yang dibawa oleh aliran udara. Dari data dapat diketahui kecepatan aliran udara 1,6 m/s menunjukkan jumlah uap air yang dibawa oleh aliran udara paling tinggi dan dapat dikatakan masih banyak jumlahnya sebesar 0,0021 kg_{air}/kg_{udara} sedangkan dengan tambahan alat pengering sebesar 0,0027 kg_{air}/kg_{udara} kemudian menurun menjadi 0,0013 kg_{air}/kg_{udara} sedangkan untuk jumlah uap air dengan tambahan alat pengering kemudian turun menjadi 0,0023 kg_{air}/kg_{udara}. Hal ini terjadi karena semakin cepat aliran udara yang masuk maka semakin sedikit uap air yang dibawa keluar. Atau dapat dikatakan bahwa aliran udara semakin tinggi maka semakin habis uap air yang ada di *cooling pad* karena kinerja *cooling pad* kurang bekerja maksimal pada proses pendinginan untuk mengimbangi kecepatan aliran udara. Masih lemahnya efektivitas *cooling pad*.
- b. Semakin tinggi variasi kecepatan aliran udara maka semakin tinggi laju aliran udara yang terjadi. Dari data dapat diketahui bahwa aliran udara 2,94 m/s laju aliran udaranya paling tinggi karena dapat menghasilkan Q_{udara} sebesar 0,832 m³/s. Laju aliran massa udara juga akan meningkat apabila kecepatan aliran udara paling tinggi. Massa yang dibawa oleh udara semakin banyak karena massa terus mengalir. Dapat diketahui Q_{massa} paling tinggi terjadi di kecepatan aliran udara 2,94 m/s yaitu sebesar 0,948 kg_{udara}/s.
- c. Pengaruh kecepatan aliran udara terhadap energi kalor sensibel yang dilepas udara. Semakin tinggi aliran udara yang dihasilkan oleh kipas semakin tinggi energi kalor sensibel yang dilepas. Kecepatan aliran udara 1,6 m/s menghasilkan 4,644 kJ/s kemudian meningkat menjadi 8,532 kJ/s di kecepatan 2,94 m/s. Kemudian dengan tambahan alat pengering udara kecepatan aliran udara 1,6 m/s menghasilkan 5,16 kJ/s meningkat di kecepatan 2,34 m/s menjadi

7,54 kJ/s kemudian dikecepatan 2,94 m/s meningkat menjadi 9,48 kJ/s. Hal ini disebabkan karena semakin besar selisih entalpi yang dihasilkan *air cooler*. Jumlah temperatur yang dihasilkan menjadi penyebab besar dan kecilnya selisih entalpi yang dilepas udara artinya setiap pertambahan kecepatan putaran kipas maka semakin besar selisih entalpi dan temperatur bola kering di titik B terhadap titik A semakin besar kalor sensibel yang dilepas oleh udara.

- d. Pada penelitian ini jumlah uap air per menit adanya penurunan dan peningkatan, hal ini dipengaruhi oleh ΔW (jumlah kandungan uap air). Pada kecepatan 1,6 m/s jumlah uap air 0,0010 ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$) kemudian meningkat pada kecepatan 2,34 m/s sebesar 0,0013 ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$). Tetapi hasil berbeda ditunjukkan dengan adanya alat pengering udara jumlah uap air lebih stabil meningkat, hal ini dipengaruhi aliran udara yang masuk udara lembab yang masuk lebih sedikit kelembapannya. Pada kecepatan 1,6 m/s jumlah uap air sebesar 0,0013 ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$) kemudian selalu bertambah pada kecepatan 2,34 m/s sebesar 0,0019 ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$) pada kecepatan 2,94 m/s jumlah uap air adalah yang paling besar yaitu 0,0022 ($\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{udara}}$).
- e. Menunjukkan hasil dari kerja *air cooler* selama pengujian. Adanya perbedaan hasil dari *air cooler* dapat dipengaruhi dari berbagai hal. Salah satunya udara lingkungan (T_{dbA}) yang masuk ke *air cooler* untuk hasil tanpa pengering adanya penurunan karena udara yang masuk murni dari udara lingkungan jadi udara yang dihasilkan oleh *air cooler* adalah pengaruh aliran udara lingkungan dari setiap variasinya. Sedangkan untuk hasil dengan tambahan alat pengurang kelembapan sudah terpengaruh dari proses alat pengurang kelembapan ketika aliran udara masuk semakin tinggi maka semakin panas proses tersentuhnya aliran udara dengan uap air jadi tidak maksimal karena efek panas dari proses pengurang kelembapan. Proses pengurang kelembapan menjadikan suhu udara yang masuk lebih panas jika dibandingkan dengan udara lingkungan yang masuk namun T_{wb} (suhu udara bola basah) lebih rendah. Pada variasi kecepatan aliran udara 1,6m/s dan 2,34 m/s hasil yang ditunjukkan masih sama yaitu sebesar 23,5°C suhu udara keluar (T_{dbB}) kemudian turun pada kecepatan aliran udara 2,94 m/s sebesar 23°C. Hasil suhu udara keluar (T_{dbB}) dengan tambahan alat pengering udara pada kecepatan 1,6 m/s sebesar 22,8°C adalah hasil paling

rendah daripada pengujian variasi kecepatan aliran udara lainnya. Pada pengujian kecepatan aliran udara 2,34 m/s dan 2,94 m/s justru meningkat karena udara panas yang masuk bersama aliran udara hasil dari kecepatan aliran udara 2,34 m/s sebesar 23,5°C . Kemudian hasil paling tinggi ditunjukkan pada kecepatan suhu 2,94 m/s yaitu sebesar 23,9°C.

- f. Hasil penelitian untuk karakteristik efektivitas pendingin *cooling pad* tanpa tambahan alat pengering udara mempengaruhi hasil dari efektivitas *cooling pad*. Dapat diketahui pada kecepatan aliran udara 1,6m/s dan kecepatan 2,34 m/s masih sama sebesar 0,8125 kemudian meningkat pada kecepatan 2,94 m/s efektivitasnya sebesar 0,8750. Berikutnya dengan tambahan alat pengering udara justru efektivitas *cooling pad* menurun pada kecepatan 1,6 m/s efektivitas *cooling pad* sebesar 0,8000 kemudian menurun pada kecepatan 2,34 m/s menjadi 0,7222 dan berikutnya kecepatan 2,94 m/s menurun menjadi 0,7111. Menunjukkan bahwa aliran udara yang masuk dan melalui *cooling pad* dapat mempengaruhi efektivitas dari *cooling pad*. Karena udara masuk tanpa pengering masih membawa udara lembab dari lingkungan, sedangkan untuk efektivitas *cooling pad* dengan tambahan alat pengurang kelembapan udara yang masuk sudah berkurang kelembapannya. Dengan tambahan alat pengering udara yang masuk sudah berkurang kelembapannya dan udara yang masuk justru membawa uap panas menjadi kinerja *cooling pad* kurang maksimal.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian mesin *air cooler* yang telah dilakukan ada beberapa saran yang dapat dikemukakan :

1. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk meningkatkan proses pengeringan atau proses pengurang kelembapan udara sehingga udara yang masuk ke *air cooler* lebih baik lagi karena dapat mempengaruhi *output* dari *air cooler* tersebut.
2. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk menambah jumlah *cooling pad* seperlunya, supaya efektivitas *air cooler* meningkat.
3. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk merapatkan/memperkecil ukuran

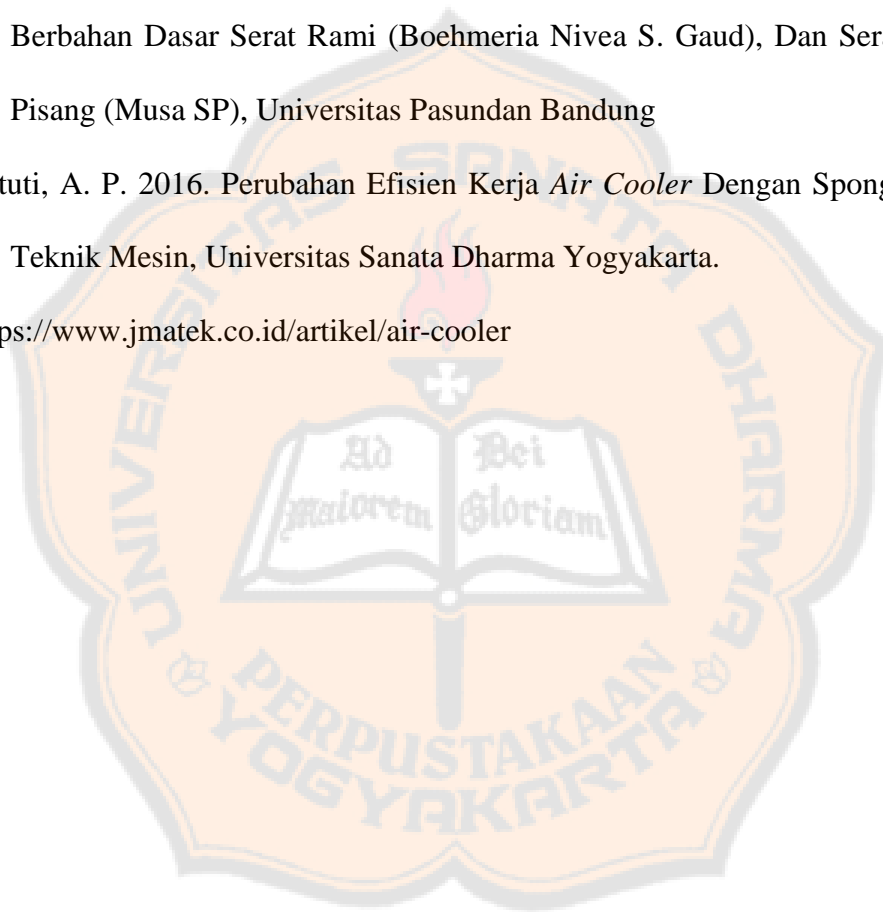
jarak antar *cooling pad*, karena dapat mempengaruhi efektivitas *air cooler* tersebut.

4. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk mencoba menambah variasi kecepatan kipas, supaya dapat lebih banyak perbandingan suhu yang diturunkan oleh *air cooler* tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- Selrianus, R. 2008. Perencanaan dan pembuatan *Cooling Pad* untuk *evaporative cooler*. Bachelor thesis, Petra Christian University
- Perutu, Miske Natalia. 2009. Rancang bangun evaporative cooler. Bachelor thesis, Petra Christian University
- Ramadhan, M. Arief. 2020. Uji Performansi *Air Cooler* Dengan *Cooling Pad* Berbahan Dasar Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*), Dan Serat Pelepah Pisang (*Musa SP*), Universitas Pasundan Bandung
- Astuti, A. P. 2016. Perubahan Efisien Kerja *Air Cooler* Dengan Sponge. Skripsi Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- <https://www.jmatek.co.id/artikel/air-cooler>



LAMPIRAN



Lampiran 5.1 *Unit Air Cooler*



Lampiran 5.2 *Water Distribution Line dan Tampungan Air Bawah*



Lampiran 5.3 Tampung Air Atas



Lampiran 5.4 *Cooling Pad*



Lampiran 5.5 Alat Pengering atau Pengurang Kelembapan



Lampiran 5.6 Hasil dari Alat Pengurang Kelembapan



Lampiran 5.7 Kipas



Lampiran 5.8 Hasil Dari Anemometer Pada Saat Penelitian