

**LAPORAN KULIAH KERJA PRAKTIK DI PT PADANG RAYA
CAKRAWALA (APICAL GROUP)**

*Diajukan Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Syarat Akademik Guna
Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md) dalam Bidang Teknik Kimia Bahan
Nabati Diploma III Politeknik ATI Padang*



OLEH: ALFARISI HAADI

BP: 2212001

PROGRAM STUDI: TEKNIK KIMIA BAHAN NABATI

**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK
INDONESIA BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA
MANUSIA INDUSTRI POLITEKNIK ATI PADANG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KKP

**EVALUASI KINERJA *COOLING TOWER* PADA *FRAKSINASI*
PLANT PT PADANG RAYA CAKRAWALA**

Padang, 28 Maret 2025

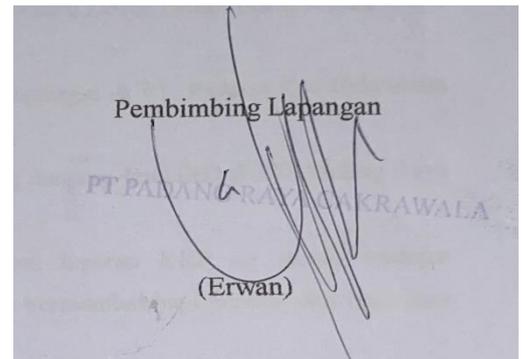
Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing Institusi,



Dwi Kemala Putri, S.Si,M.T

NIP. 199103022019012001



Mengetahui,
Program Studi Teknik Kimia
Bahan NabatiKetua,



NIP. 197301152001122001

ABSTRAK

Alfarisi Haadi. 2212001. Evaluasi Kinerja *Cooling Tower* Pada *Fraksinasi Plant* PT Padang Raya Cakrawala . Dosen Pembimbing: Dwi Kemala Putri, S.Si,M.T

Padang Raya Cakrawala merupakan perusahaan produksi yang bergerak di bidang pengolahan minyak kelapa sawit di bawah Apical Group, dengan tujuan menganalisis kinerja cooling tower pada fraksinasi plant. Metode penelitian meliputi pengumpulan data lapangan, pengukuran parameter operasi seperti temperature range, approach, dan kapasitas pendinginan, serta evaluasi kinerja berdasarkan perhitungan Cooling Tower Efficiency. Hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja cooling tower dipengaruhi oleh temperature range, kapasitas pendinginan, dan kondisi operasi, di mana peningkatan temperature range umumnya berbanding lurus dengan efektivitas pendinginan, sedangkan nilai approach yang terlalu besar dapat menurunkan kinerja. Efisiensi optimum dicapai ketika temperature range berada dalam spesifikasi desain pabrik dengan kapasitas pendinginan mendekati nilai desain. Secara keseluruhan, cooling tower di fraksinasi plant PT Padang Raya Cakrawala beroperasi dengan efisiensi yang baik, meskipun masih terdapat peluang peningkatan melalui optimasi laju alir air sirkulasi dan penyesuaian kecepatan aliran udara pendingin. Temuan ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi perusahaan dalam pengelolaan dan pemeliharaan cooling tower, sekaligus sebagai referensi teknis dalam kajian sistem utilitas industri pengolahan minyak kelapa sawit.

Kata kunci: Cooling tower, fraksinasi, efisiensi, temperature range, approach, kapasitas pendinginan.

ABSTRACT

Alfarisi Haadi. 2212001. *Performance Evaluation of the Cooling Tower in the Fractionation Plant of PT Padang Raya Cakrawala. Supervisor: Dwi Kemala Putri, S.Si., M.T*

Padang Raya Cakrawala is a production company engaged in palm oil processing under the Apical Group, with the objective of analyzing the performance of the cooling tower in the fractionation plant. The research method included field data collection, measurement of operational parameters such as temperature range, approach, and cooling capacity, as well as performance evaluation based on Cooling Tower Efficiency calculations. The analysis showed that cooling tower performance is influenced by temperature range, cooling capacity, and operating conditions, where an increase in temperature range generally correlates positively with cooling efficiency, while an excessively high approach value can reduce performance. Optimum efficiency was achieved when the temperature range was within the plant's design specifications and the cooling capacity was close to its design value. Overall, the cooling tower in the fractionation plant of PT Padang Raya Cakrawala operated with good efficiency, although there is still potential for improvement through optimization of circulating water flow rate and adjustment of cooling air velocity. These findings are expected to provide input for the company in managing and maintaining cooling tower operations, as well as serving as a technical reference in the study of utility systems in the palm oil processing industry.

Keywords: Cooling tower, fractionation, efficiency, temperature range, approach, cooling capacity

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan kehadirat-Nya sehingga Laporan Kuliah Kerja Praktik di PT Padang Raya Cakrawala ini dapat terselesaikan dengan baik. Laporan ini dibuat untuk memenuhi persyaratan Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati Politeknik ATI Padang setelah melaksanakan Kuliah Kerja Praktik (KKP) di PT Padang Raya Cakrawala.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Laporan KKP ini tidak akan berjalan dengan baik tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Isra Mouludi, M.Kom selaku Direktur Politeknik ATI Padang.
2. Ibu Hasnah Ulia, MT selaku Ketua Prodi Teknik Kimia Bahan Nabati.
3. Ibu Dwi Kemala Putri, S.Si,M.T selaku Dosen Pembimbing Institusi.
4. Bapak Agung Kurnia Yahya, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Nuh Azza Faisholhafizh, selaku HR and Facility Manager APICAL Group Ltd.
6. Bapak Erwan selaku Pembimbing lapangan dan Supervisor Produksi di PT Padang Raya Cakrawala.
7. Seluruh pegawai dan mitra kerja PT Padang Raya Cakrawala.
8. Semua pihak yang turut memberikan dukungan dalam penulisan laporan KKP ini yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan laporan KKP ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa laporan KKP ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan laporan KKP ini. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan KKP ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan

Padang, 31 Maret
2025



Alfarisi Haadi

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACK	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Definisi Cooling Tower	4
2.2 Fungsi Cooling Tower	5
2.3 Prinsip kerja Cooling tower	6
2.4 Tipe-tipe Cooling Tower	7
2.5 Komponen Cooling Tower	13
2.6 Faktor Pengaruh Kinerja Cooling Tower	18
BAB III METEDOLOGI PERCOBAAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Prosedur Penelitian.....	20
3.3 Data Pengamatan.....	20
3.4 Metode Analisis.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Hasil	24
4.2 Pembahasan.....	24
BAB V PENUTUP.....	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN PERHITUNGAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Temperatur Range dan Approach	4
Gambar 1. 2 Skema Menara Pendingin	6
Gambar 1. 3 Cooling Tower Aliran Angin Alami Aliran Lawan Arah.....	8
Gambar 1. 4 Cooling Tower Aliran Angin Alami Aliran Silang Arah	9
Gambar 1. 5 Tipe Aliran Angin Dorong.....	10
Gambar 1. 6 Tipe Aliran Angin Tarik.....	10
Gambar 1. 7 Menara Pendingin Basah-Kering	13
Gambar 1. 8 Jenis Splash Fill.....	14
Gambar 1. 9 Jenis Fill Film (Non Splash).....	15
Gambar 1. 10 Grafik Pengaruh Temperature Range Terhadap Efektivitas Cooling Tower.....	26
Gambar 1. 11 Grafik Hubungan Kapasitas Pendingin dengan Efisiensi Perpindahan Panas	29
Gambar 1. 12 Grafik Pengaruh Kapasitas Pendingin Terhadap Efektivitas Cooling Tower.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Spesifikasi Cooling Tower.....	20
Tabel 1. 2 Data Desain Cooling Tower	21
Tabel 1. 3 Data Pengamatan Cooling Tower.....	21
Tabel 1. 4 Data Densitas dan Cp Temperatur Air Keluar.....	21
Tabel 1. 5 Data Hasil Evaluasi Kinerja Cooling Tower	24

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Industri PT Padang Raya Cakrawala merupakan pabrik pengolahan minyak kelapa sawit mentah (CPO) menjadi minyak goreng dengan menggunakan dua tahapan proses yaitu proses *refinery* dan proses *fractionation*. Proses *refinery* merupakan tahapan proses pemurnian minyak kelapa sawit sehingga di hasilkan produk yaitu *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO), sedangkan *fractionation* merupakan proses merupakan proses pemisahan minyak (RBDPO) menjadi 2 fraksi yaitu fraksi cair (*olein*) dan fraksi padat (*stearin*). Dimana kedua tahapan proses tersebut tidak akan terlepas dari kebutuhan utilitas. Unit utilitas merupakan salah satu unit inti yang paling penting pada suatu proses produksi. Unit ini menyediakan air proses, *steam*, udara bertekanan, *power* dan penunjang proses produksi lainnya. Salah satu penunjang untuk proses produksi adalah air. Air pada PT Padang Raya Cakrawala ini digunakan untuk kebutuhan proses produksi seperti untuk fluida dingin pada alat *heat exchanger* dan lain sebagainya. Salah satu unit pengolahan air proses yaitu *cooling tower*. *Cooling tower* merupakan sebuah unit penunjang yang mengolah dan penyedia air pendingin untuk proses produksi. Pada proses produksi tidak terlepas juga dengan penggunaan *cooling tower* yang dapat mendinginkan air yang telah digunakan pada proses sebelumnya. Pendinginan menjadi hal yang sangat penting dalam industri. Berbagai proses di pabrik yang menghasilkan panas harus dibuang, karena energi panas tersebut berlebih. Penggunaan teknologi *cooling tower* ini dianggap sangat penting dalam berbagai industri dalam rangka peningkatan efisiensi perpindahan panas. Oleh sebab itu, pemahaman tentang prinsip kerja ataupun operasi *cooling tower* sangat dibutuhkan

dalam berbagai industri.

Pada PT Padang Raya Cakrawala proses produksi memerlukan air dengan standar kualitas tertentu. Salah satu aspek penting dari standar kualitas ini adalah suhu air, oleh karena itu sistem pendinginan yang *efisien* sangat dibutuhkan dalam pengolahan air. Air pendingin yang berasal dari peralatan atau penukar panas, didinginkan di Menara pendingin (*cooling tower*) dengan memanfaatkan udara disekitar. Cara kerja menara pendingin yaitu dengan memanfaatkan panas dari air dan melepaskan panas tersebut ke *atmosfer*. Pada saat udara dan air mengalir secara berlawanan arah, zat cair panas akan bersentuhan dengan gas yang tidak jenuh maka sebagian zat cair akan menguap dan menyebabkan penurunan suhu. Proses pendinginan ini dipercepat dengan bantuan udara dari luar menara pendingin dan *fan*. Secara mendasar, menara pendingin (*cooling tower*) bekerja berdasarkan perpindahan panas konveksi atau perpindahan panas yang melibatkan pergerakan partikel fluida. Untuk memastikan Menara pendingin berfungsi optimal, ada beberapa indikator kinerja utama yang harus diperhatikan yaitu rentang suhu (*temperature range*), *temperature approach*, kapasitas pendingin dan efektivitas *cooling tower*.

Cooling tower di PT Padang Raya Cakrawala digunakan untuk menyuplai kebutuhan air pendingin pada proses produksi memiliki desain dengan *temperature range* 10°C, *temperature approach* 2°C, kapasitas pendingin 9223 kJ/s dan efektivitas 83,33%. Namun seiring lama waktu pemakaian *cooling tower* diperlukan evaluasi kinerja, hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pada *cooling tower* tetap optimal sesuai dengan data desain awal *cooling tower* tersebut.

Dari uraian tersebut, maka penulis ingin mengangkat judul tentang “**Evaluasi Kinerja *Cooling tower* pada *Fraksinasi Plant* di PT Padang Raya Cakrawala**”.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja *cooling tower* pada *fraksinasi plant* di PT Padang Raya Cakrawala dengan parameter kinerja yaitu *temperature range*, *temperature approach*, kapasitas pendingin, dan efektivitas dari *cooling tower* serta meninjau kemampuan *cooling tower* dengan membandingkan kondisi aktual dengan kondisi desain dari awal pabrik.

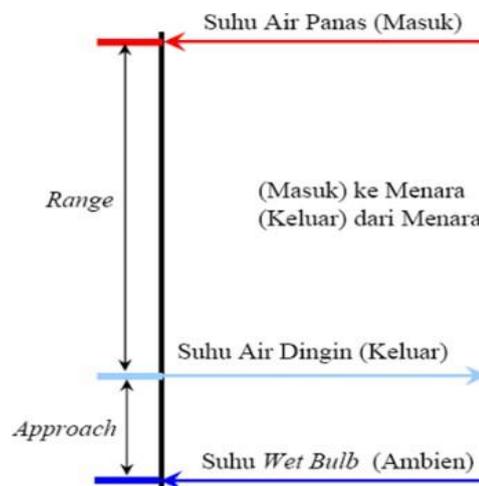
1.3 Batasan Masalah

Proses evaluasi kinerja *cooling tower* pada *fraksinasi plant* di PT Padang Raya Cakrawala memiliki cakupan yang sangat luas, untuk itu penulis membatasi masalah berdasarkan parameter kinerja yaitu *temperature range*, *temperature approach*, kapasitas pendingin dan efektivitas *cooling tower*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Cooling Tower

Cooling tower adalah suatu *system refrigrasi* yang melepaskan kalor ke udara. *Cooling tower* bekerja dengan cara memberikan kontak antara air dengan udara. Kebanyakan *cooling tower* bekerja pada sistem pendinginan udara menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air vertikal ke atas melintasi menara. *Cooling tower* biasanya dinyatakan dalam *temperature range* dan *approach* seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1. 1 Temperatur Range dan Approach

(sumber: Wakil, EL, 1992)

Temperature Range adalah perbedaan suhu antara tingkat suhu air masuk *cooling tower* dengan tingkat suhu air yang keluar *cooling tower* atau selisih antara suhu air panas dan suhu air dingin, sedangkan *temperature approach* adalah perbedaan antara temperatur air keluar *cooling tower* dengan temperatur bola basah udara yang masuk atau selisih antara suhu air dingin dan temperatur bola basah (*wetbulb*) dari udara atmosfer (Yopi, 2015).

Temperatur udara umumnya diukur dengan menggunakan termometer, temeperatur udara sering dikenal sebagai temperatur bola kering (*dry bulb temperature*), sedangkan bola basah (*wet bulb temperature*) adalah temperatur yang bolanya di beri kasa basah sehingga, jika air menguap dari kasa maka suhu pada termometer menjadi lebih rendah dari pada temperatur bola kering. Pada

kelembapan tinggi, penguapan akan berlangsung lambat. Namun pada kelembapan rendah sebagian air akan menguap, jadi temperatur bola basah akan semakin jauh perbedaannya dengan temperatur bola kering.

2.2 Fungsi Cooling Tower

Setiap perangkat pendingin berfungsi melepaskan panas dari sistemnya dengan cara mengubah air panas menjadi air dingin. Untuk mencapai penurunan suhu biasanya menggunakan alat pendingin. Menara pendingin (*cooling tower*) sangat penting dalam dunia industri karena merupakan komponen vital dan salah satu fasilitas penunjang yang paling sering digunakan. Menara pendingin beroperasi dengan mengubah air bersuhu tinggi menjadi air bersuhu rendah yang kemudian disalurkan ke berbagai unit proses di pabrik. *Cooling tower* secara umum berfungsi untuk menyerap panas dan menghasilkan sejumlah air yang suhunya relatif dingin untuk digunakan kembali. Dengan kata lain, menara pendingin bekerja menurunkan suhu aliran air melalui proses *ekstraksi* panas dari air dan melepaskannya ke atmosfer (Siallagan.H, 2015).

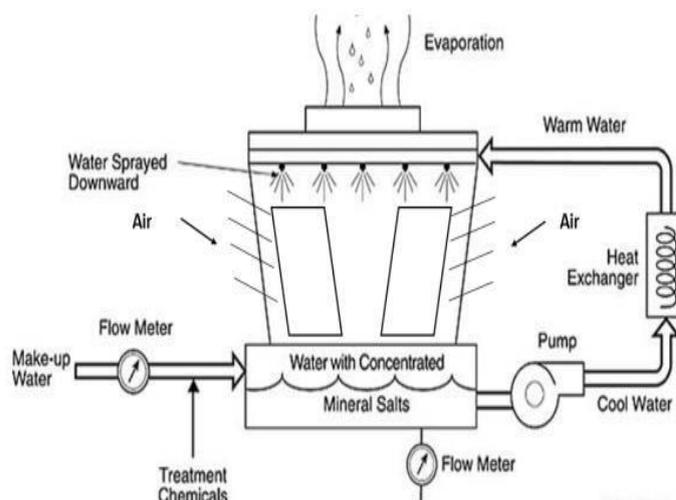
Menara pendingin dapat mengurangi suhu air secara lebih efektif dibandingkan peralatan lain yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas. Contohnya pada radiator motor, biaya yang dikeluarkan akan rendah dan energi lebih hemat. Air pendingin memegang peranan yang sangat *esensial* dalam pabrik, karena apabila terjadi gangguan pada air pendingin dapat mengakibatkan volume produksi atau bahkan kerusakan pada peralatan, baik secara langsung maupun tidak secara langsung. Oleh karena itu system air pendingin harus dikelola dengan sangat baik, setidaknya mampu beroperasi tanpa masalah selama 1-2 tahun. Adapun tujuan-tujuan digunakannya *cooling water* antara lain:

1. Meminimalkan potensi korosi pada peralatan.

2. Mengurangi seminimal mungkin penumpukan endapan didalam peralatan.
3. Mengendalikan pertumbuhan bakteri, jamur dan lumut.
4. Meningkatkan efisiensi kerja perangkat pendingin
5. Tidak merusak lingkungan.

2.3 Prinsip kerja Cooling tower

Sweet Mekanisme kerja menara pendingin didasarkan pada proses menghilangkan dan memindahkan kalor. Didalam struktur pendingin ini, kalor berpindah dari air ke media udara. Menara pendingin mengaplikasikan konsep penguapan, dimana sebagian volume air berubah fasa menjadi uap yang kemudian dialirkan ke arus udara dan dibuang ke atmosfer. Akibatnya, air yang tersisa mengalami penurunan suhu yang signifikan.



Gambar 1. 2 Skema Menara Pendingin

(sumber: Wakil, EL, 1992)

Prinsip kerja *cooling tower* dapat dilihat pada gambar di atas. Air dari bak/basin dipompa menuju *heater* untuk dipanaskan dan dialirkan ke menara pendingin. Air panas yang keluar tersebut secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa karena pengaruh *fan atau blower* yang terpasang pada bagian atas menara pendingin, lalu mengalir jatuh ke bahan

pengisi. Sistem ini sangat efektif dalam proses pendinginan air karena suhu kondensasinya sangat rendah mendekati suhu *wet-bulb* udara. Air yang sudah mengalami penurunan suhu ditampung ke dalam bak/basin. Pada *cooling tower* juga dipasang katup *make up water* untuk menambah kapasitas air pendingin jika terjadi kehilangan air ketika proses *evaporative cooling* tersebut.

2.4 Tipe-tipe Cooling Tower

Cooling tower dirancang dan dibuat dalam beberapa tipe, dengan berbagai ukuran yang tersedia. Namun tidak semua tipe cocok untuk setiap kondisinya, sehingga penting untuk memahami karakteristik dari masing-masing tipe *cooling tower*.

Jenis menara pendingin, namun umumnya penjenisan ini dibagi berdasarkan sirkulasi air yang terdapat didalamnya. Menurut Hensley *cooling tower* dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Menara pendingin basah (*wet cooling tower*)

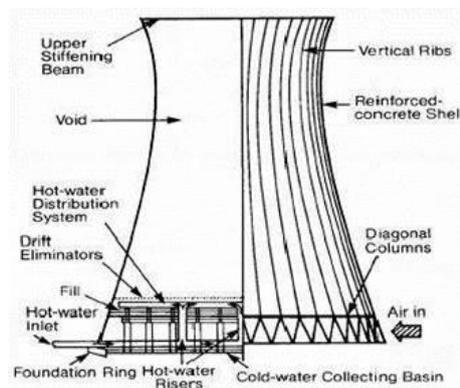
Menara pendingin basah dilengkapi dengan sistem penyaluran air panas yang disemprotkan secara merata kebagian dalam menara yang disebut isian, yang terdiri dari kisi-kisi, lubang, atau batang horizontal. Celah ini biasanya miring kebawah untuk mencegah air tumpah, karena terjadi transfer panas sehingga air menjadi dingin. Air yang telah didinginkan terkumpul di dalam bak penampungan atau dasar menara, kemudian dialirkan ke kondensor atau dibuang yang memungkinkan udara baru yang hangat dan lembab mengalir keluar melalui bagian atas menara. Menurut Hensley (2009), menara pendingin basah dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

2.4.1.1.1 Menara pendingin basah aliran angin alami (*Natural-Draft Cooling tower*)

Pada awalnya menara ini berbentuk silinder hingga pada akhirnya berbentuk hiperbola seperti sekarang ini. *Cooling tower* ini pertama dibuat pada tahun 1972, di gunakan di Inggris dan Amerika. Menara ini tidak menggunakan kipas, dan aliran udaranya bergantung semata-

mata pada tekanan dorong alami dan tidak ada bagian yang bergerak. Udara mengalir keatas karena adanya perbedaan massa jenis antara udara atmosfer dengan udara kalor lembab didalam *cooling tower* yang bersuhu lebih tinggi daripada udara atmosfer sekitarnya, dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4. Karena beda massa jenis ini maka timbul tekanan dorong yang mendorong udara keatas. *Cooling tower* alami ini memiliki tinggi yang cukup tinggi bisa mencapai puluhan meter. *Cooling tower* alami ini dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

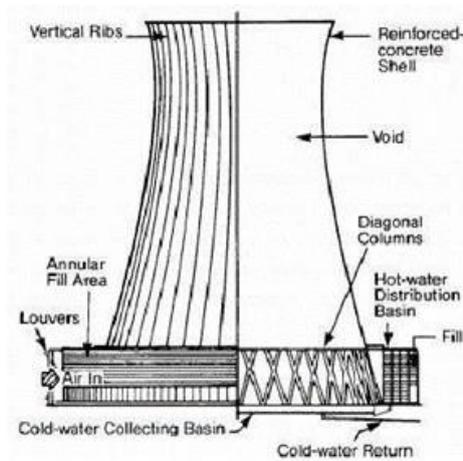
2.4.1 *Cooling tower* aliran angin alami aliran lawan arah



Gambar 1. 3 Cooling Tower Aliran Angin Alami Aliran Lawan Arah

(sumber: Hensley, 2009)

2.4.2 Cooling tower aliran angin alami aliran silang arah



Gambar 1. 4 Cooling Tower Aliran Angin Alami Aliran Silang Arah

(sumber: Hensley, 2009)

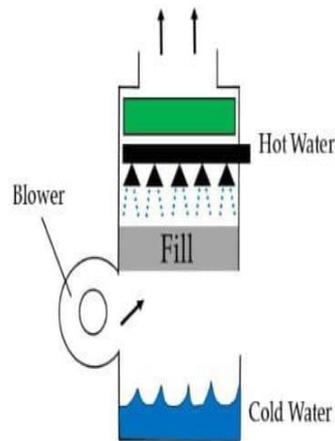
Jenis menara pendingin yang menggunakan aliran udara alami dengan konfigurasi silang arah cenderung jarang digunakan. Hal ini disebabkan karena desainnya kurang memberikan hambatan yang cukup terhadap pergerakan udara didalam menara, akibatnya laju aliran udara menjadi terlalu tinggi sehingga proses transfer panas yang terjadi kurang optimal dan efisien. Sebaliknya menara pendingin dengan aliran udara alami berlawanan arah lebih sering dipakai karena mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- Mempunyai konstruksi yang kuat dan stabil sehingga lebih tahan terhadap gaya atau tekanan angin
- Dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi cuaca dingin maupun lembab.
- Dapat digunakan untuk instalasi skala besar.

2.4.3 Menara pendingin aliran angin mekanik (mechanical-draft cooling tower)

Pada jenis menara pendingin ini, sirkulasi udara diatur menggunakan kipas yang digerakkan secara mekanik. Fungsi kipas ini adalah untuk mendorong udara (*forced-draft*) atau menarik udara melalui menara (*induced-draft*) yang dipasang diatas atau dibawah menara. Berdasarkan fungsi kipas, *cooling tower* aliran angin mekanik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu:

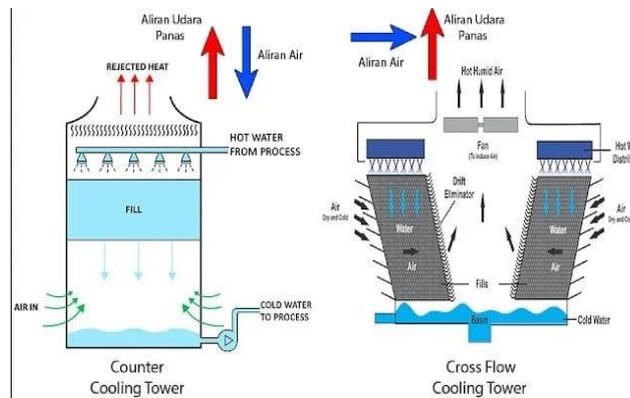
a. Tipe aliran angin dorong (*forced-draft*)



Gambar 1. 5 Tipe Aliran Angin Dorong

(sumber: Deltacooling)

b. Tipe aliran angin tarik (*induced-draft*)



Gambar 1. 6 Tipe Aliran Angin Tarik

(sumber: teknik elektro.com)

Jenis aliran udara dorong (*forced draft*) menggunakan kipas yang ditempatkan dibagian bawah Menara untuk mendorong udara keatas. Metode ini populer karena kipas beroperasi dengan udara yang lebih dingin sehingga mengurangi konsumsi energy, namun beberapa kasus menunjukkan masalah terkait distribusi udara, kebocoran, dan resirkulasi udara panas serta lembap kembali ke menara. Oleh karena banyaknya permasalahan tersebut saat ini jenis aliran udara tarik (*induced draft*) lebih banyak digunakan dalam instalasi. Pada Menara aliran udara tarik, udara masuk dari sisi menara melalui bukaan besar pada kecepatan rendah dan bergerak melalui bahan pengisi (*filling material*). Kipas dipasang dipuncak menara untuk mengeluarkan udara panas dan lembab ke atmosfer (TaufikAch, 2014).

Aliran udara masuk menara pada dasarnya horizontal, tetapi aliran pada bahan pengisi ada yang horizontal seperti pada *cooling tower* aliran silang dan adapula yang vertikal seperti *cooling tower* aliran lawan arah. *Cooling tower* lawan arah lebih banyak dipakai dan dipilih karena efisiensi termalnya lebih baik daripada aliran silang.

Keunggulan aliran angin mekanik adalah:

- 1) Terjaminnya aliran jumlah udara dalam jumlah yang dibutuhkan pada segala kondisi beban dan cuaca.
- 2) Biaya investasi dan konstruksi lebih murah
- 3) Ukuran dimensi lebih kecil.

Kelemahan *cooling tower* aliran angin mekanik adalah:

- a) Membutuhkan konsumsi energi listrik yang besar.
- b) Biaya operasional dan perawatan yang cenderung lebih tinggi.
- c) Menghasilkan tingkat kebisingan yang cukup mengganggu.

2. Menara pendingin kering (*dry cooling tower*)

Dry cooling tower merupakan jenis menara pendingin dimana air yang bersirkulasi dialirkan melalui serangkaian tabung bersirip yang dilewati oleh udara. Dalam proses ini panas yang dilepaskan dari air sirkulasi kemudian ditransfer ke udara. Menara pendingin kering ini secara khusus didesain untuk beroperasi dalam lingkungan tertutup. Beberapa kelebihan dari menara pendingin jenis ini yaitu:

- a. Tidak memerlukan pembersihan berkala dengan jangka waktu seperti menara pendingin basah.
- b. Tidak memerlukan zat kimia aditif yang banyak
- c. Memenuhi syarat peraturan pengelolaan lingkungan mengenai pencemaran termal dan pencemaran udara pada lingkungan

Kelemahan menara pendingin kering ini adalah efisiensi yang kurang maksimal, sehingga mempengaruhi efisiensi siklus keseluruhan. Ada dua jenis menara pendingin kering, yaitu:

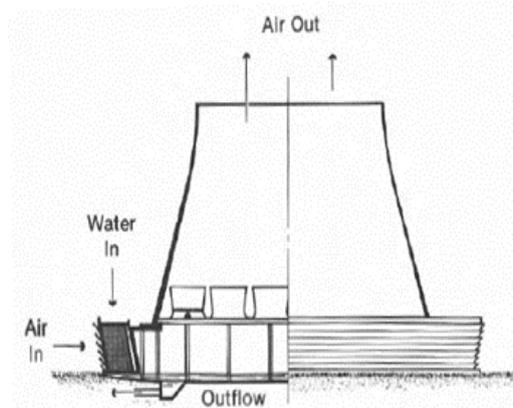
- i. Menara pendingin kering langsung
- ii. Menara pendingin kering tidak langsung

3. Menara pendingin basah-kering (*wet-dry cooling tower*)

Ini merupakan gabungan dari menara pendingin basah dan menara pendingin kering, dan mempunyai dua jalur udara paralel dan dua jalur udara seri. Bagian atas menara di bawah kipas adalah bagian kering yang berisi tabung- tabung bersirip. Bagian bawah adalah ruang yang lebar yang merupakan bagian yang basah terdiri dari bahan pengisi (*filling material*) sirkulasi air yang panas masuk melalui kepala di bagian tengah. Air berawal

dari naik turun melalui bagian sirip dibagian kering. Lalu meninggalkan bagian kering dan jatuh ke isian bagian basah menuju ke bak penampung air dingin. Sedangkan udara ditarik dalam dua arus pada bagian kering dan basah. Kedua arus bercampur dan menyatu didalam menara sebelum keluar. Menara pendingin basah kering ini mempunyai keunggulan yaitu:

- i. Udara keluar tidak jenuh, sehingga memiliki keputulan yang sedikit
- ii. Airnya mengalami pendinginan awal di bagian kering, penyusutan kerana penguapan jauh berkurang, demikian juga dengan air tambahan.



Gambar 1. 7 Menara Pendingin Basah-Kering

(sumber: Hensley, 2009)

2.5 Komponen Cooling Tower

Reaksi Komponen dasar sebuah *cooling tower* meliputi rangka dan wadah, bahan pengisi, kolam air dingin, eliminator aliran, saluran masuk udara, *noozle* dan *fan*. Berikut ini adalah penjelasan mengenai komponen-komponen *cooling tower*:

1. Rangka dan Wadah

Hampir setiap menara memiliki struktur rangka yang menopang bagian luar (wadah/casing), motor, kipas, dan komponen lainnya. Dengan

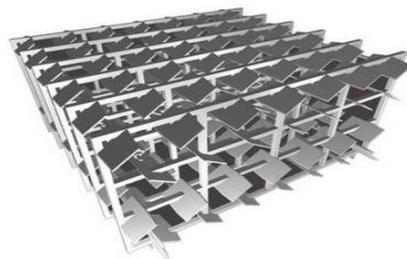
desain yang lebih kecil. Unit serat kaca (*fiber glass*) dapat menjadi rangka utama menara itu sendiri. Meskipun menara kayu masi tersedia, beberapa bagiannya dibuat dari material berbeda, seperti wadah serat kaca disekeliling rangka kayu, kisi-kisi saluran masuk udara dari serat kaca, bahan pengisi dari plastic dan bak air dingin dari baja.

Banyak menara memiliki wadah dan bak yang terbuat dari baja galvanis atau jika berada dilingkungan korosif. Menara atau dasarnya terbuat dari baja nirkarat (*stainless steel*) yang lebih besar umumnya dibangun dari beton dan serat kaca yang juga banyak digunakan untuk wadah dan bak menara pendingin karena dapat memperpanjang usia menara pendingin dan memerikan perlindungan dari bahan kimia berbahaya.

2. Bahan Pengisi

Secara umum, menara pendingin memanfaatkan marerial pengisi (*fill*) untuk meningkatkan transfer panas dengan memaksimalkan pertemuan antara udara dan air. Material pengisi ini merupakan komponen inti dari menara pendingin. Fungsi utama material pengisi adalah sebagai media kontak bagi air dan udara yang memungkinkan terjadinya pertukaran panas. Namun perlu diperhatikan bahwa keberadaan material ini juga dapat menghambat laju alir air. Pada dasarnya ada dua tipe *fill*, yaitu:

a. Bahan pengisi jenis percikan (*splash fill*)

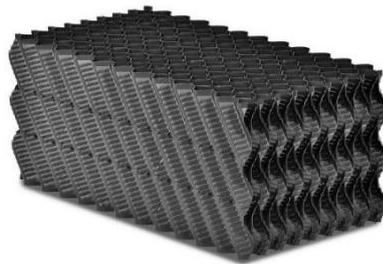


Gambar 1. 8 Jenis Splash Fill

(sumber: Ramarao & Shivaraman, 2004)

Jenis bahan ini adalah air jatuh diatas lapisan yang berurut dari batang pemercik horisontal, yang secara terus menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil, sambil membasahi permukaan bahan pengisi. Luas permukaan butiran air adalah luas permukaan perpindahan kalor dengan udara. Bahan pengisi percikan dari plastik memberikan perpindahan kalor yang lebih baik. Bahan pengisi berbentuk percikan dibuat dengan palang horizontal sehingga air membelah dan menetes dari bagian *fill* paling atas ke bagian bawahnya secara terus menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil, sambil membasahi permukaan bahan pengisi. Bentuk palangnya berbeda-beda seperti *narrow edge*, palang bujur sangkar (*square bars*), *Rough bars*, kisi-kisi (*grids*), *fill* ini terbuat dari bahan yang berbeda-beda seperti kayu, alumunium, polysterine atau polyteline. *Fillsplash* adalah media kontak air dan udara sehingga terjadi perpindahan kalor (panas).

b. Bahan pengisi jenis film (*film fill*)



Gambar 1. 9 Jenis Fill Film(Non Splash)

(sumber: Ramarao & Shivaraman, 2004)

Komponen ini tersusun dari lembaran-lembaran plastik tipis yang diletakkan berdekatan dimana diatasnya terdapat semprotan air, membentuk lapisan film yang tipis kemudian berkontak langsung dengan aliran udara. Ada banyak macam bentuk seperti: datar, bergelombang, berlekuk

dan bentuk lainnya. Pada jenis bahan pengisi film ini, air menyebar menjadi lapisan tipis diseluruh permukaan lembaran. Area permukaan dari bahan pengisi ini berfungsi sebagai zona utama untuk pertukaran panas dengan udara disekitarnya. Bahan pengisi tipe film ini terbukti lebih efisien karena mampu mencapai tingkat perpindahan panas yang sama meskipun dengan volume yang lebih kecil dibandingkan dengan bahan pengisi tipe *splash*. Bahan pengisi berbentuk film dibuat dari permukaan plastik tipis yang diatur dengan jarak yang berdekatan jarak yang berdekatan dimana diatasnya terdapat semprotan air, membentuk lapisan film yang tipis dan melakukan kontak dengan udara. Permukaannya dapat berbentuk datar, bergelombang, berlekuk, atau pola lainnya. *Fill Film* terbuat dari bahan yang berbeda-beda seperti kayu, *cellulosesheets*, *asbestoscementsheets*, dan *waveform metal* atau plastik.

3. Kolam Air Dingin

Kolam penampung air dingin biasanya berada didekat dasar menara yang berfungsi untuk menampung air dingin yang telah melewati menara dan media pengisi. Umumnya kolam ini dilengkapi denhgan saluran pembuangan untuk mengalirkan air dingin keluar. Dalam beberapa desain kolam penampungan air dingin ditempatkan tepat dibawah media pengisi. Khususnya pada sistem aliran berlawanan arah dengan kipas pendorong (*forced draft*) air dari bagian bawah media pengisi akan dialirkan ke bak khusus yang berfungsi sebagai kolam penampung air dingin.

4. Saluran Udara Masuk

Saluran pemasok udara merupakan jalur utama masuknya udara

menuju menara. Saluran masuk bisa berada pada seluruh sisi menara (desain aliran melintang) atau berada dibagian bawah menara (desain aliran berlawanan arah).

5. *Draft Fan*

Draft fan memiliki peran penting dalam mengalirkan udara ke menara pendingin untuk melakukan perpindahan kalor dengan air yang dilewati. *Fan* aksial (jenis baling-baling) dan sentrifugal, keduanya sering digunakan dalam menara pendingin. Umumnya *fan* dengan baling-baling (*propeller*) digunakan pada menara *induced draft* dan *fan propeller* serta sentrifugal dua – duanya ditemukan dalam menara *forced draft*.

Jenis kipas/baling-baling yang digunakan bervariasi tergantung ukurannya, ada yang dipasang permanen dan ada pula yang dapat disesuaikan atau diatur. Kipas dengan bilah yang dapat diatur secara otomatis memiliki jangkauan penggunaan yang luas karena kemampuannya untuk mengalirkan volume udara sesuai kebutuhan dengan konsumsi energi yang sedikit. Kipas dengan bilah yang dapat diatur otomatis juga mampu menyesuaikan laju aliran udara sebagai respon terhadap perubahan kondisi beban.

Material umum yang digunakan untuk membuat kipas adalah alumunium, *fiber glass* dan baja yang digalvanis celup panas. Baling – baling kipas biasanya terbuat dari baja galvanis, alumunium dan plastik yang diperkuat oleh *fiber glass* cetak.

6. *Noozle*

Noozle memiliki fungsi dalam menyalurkan air secara merata untuk membasahi media pengisi. Distribusi air yang merata pada puncak

bahan pengisi adalah penting untuk mendapatkan pembasahan yang benar dari seluruh permukaan media pengisi. *Nozzle* dapat menghasilkan pola semprotan berbentuk bundar atau segi empat, atau dapat menjadi bagian dari rakitan yang berputar seperti pada menara dengan beberapa potongan lintang yang memutar. Bahan *Nozzle* terbuat dari PVC, kuningan, dan polipropilen.

2.6 Faktor Pengaruh Kinerja Cooling Tower

Adapun Berikut ada beberapa faktor yang sangat berpengaruh terhadap kinerja *cooling water* adalah sebagai berikut:

1. *Make Up* Air Pendingin

Air tambahan (*make up water*) yang digunakan pada sistem ini adalah air hasil penyaringan (*filter water*). Penggunaan air jenis ini memiliki dampak signifikan karena *filter water* masih mengandung sejumlah unsur yang berpotensi menyebabkan terbentuknya endapan atau korosi. Sistem menara pendingin dapat mengalami kehilangan air sekitar 0,01% hingga 0,05% dari total aliran air yang masuk. Oleh karena itu untuk menghitung jumlah air yang hilang dalam sistem perlu ditambahkan kehilangan air akibat penguapan (*evaporasi*) dan pembuangan (*blow down*). Jumlah *blow down* ini berfungsi untuk menentukan seberapa banyak air *make up* yang harus ditambahkan ke merana pendingin.

2. Lingkungan Sekitar

Udara berfungsi sebagai media pendingin bagi air dalam menara pendingin karena udara ini diambil langsung dari lingkungan sekitar menara, maka ada kemungkinan besar membawa serta kotoran atau partikel asing masuk kedalam sistem pendingin yang pada akhirnya dapat menyebabkan

kontaminasi pada air. Air yang telah mengalami perubahan suhu tidak bisa langsung dipakai kembali sebagai pendingin dan tidak bisa untuk dibuang ke lingkungan begitu saja.

3. Kecepatan putaran *fan*

Kecepatan putaran fan memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap efektivitas menara pendingin. Hal ini karena kipas berfungsi untuk menarik udara dari lingkungan luar. Udara yang masuk kemudian menyerap panas dari air lalu melepaskannya ke atmosfer sehingga panas dari air dapat diserap secara efektif oleh udara..

4. Laju alir air masuk

Laju alir air yang masuk ke menara pendingin sangat mempengaruhi efisiensi kinerja menara pendingin. Hal ini dikarenakan kecepatan aliran air berdampak pada durasi kontak antara air dengan udara didalam menara. Apabila laju aliran air terlalu cepat maka waktu kontak air dengan udara yang dihisap oleh menara akan menjadi singkat yang mengakibatkan proses pendinginan air menjadi kurang optimal.

5. Bahan isian pada *cooling tower*

Bahan isian pada menara pendingin untuk memperlama kontak air dengan udara. Jika media pengisi mengalami kerusakan maka air pada menara pendingin akan langsung jatuh kebawah tanpa tertahan, karena tidak ada lagi media yang berfungsi untuk menahan dan menyebarkan air.

BAB III METEDOLOGI PERCOBAAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari tanggal 15 September sampai dengan 21 November 2024 dan tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Departemen Produksi *Refinery & Fractionation* PT Padang Raya Cakrawala . Sementara itu, waktu pengambilan data dilakukan dari tanggal 15 November hingga 21 November 2024.

3.2 Prosedur Penelitian

1) Alat

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu seperangkat alat *cooling tower* dan *thermometer*.

2) Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu air masuk dan keluaran proses produksi, kapas dan benang.

3.3 Data Pengamatan

Adapun Adapun data primer yang diperoleh pada penelitian di lapangan sebagai berikut.

Tabel 1. 1 Data Spesifikasi Cooling Tower

Spesifikasi	Satuan	Deskripsi
Tipe	-	PET 457-C2 (<i>Induced Draft</i>)
Kecepatan Putaran	Rpm	290
Laju Alir Air Masuk	m ³ /jam	610
Temperatur Air Masuk	°C	38
Temperatur Air Keluar	°C	28
Temperatur Wet Bulb	°C	26
<i>Range</i>	°C	10
<i>Approach</i>	°C	2
Efektifitas <i>Cooling tower</i>	%	83,33
Kapasitas Pendingin	kJ/detik	9233

Tabel 1. 2 Data Desain Cooling Tower

Panjang	10 m
Lebar	7 m
Tinggi	1,70 m
Volume Basin	119 m ³

Tabel 1. 3 Data Pengamatan Cooling Tower

Hari	Jam (WIB)	Parameter Yang di Ukur			
		T Water In	T Water Out	T Air Wet Bulb	V Water
		°C	°C	°C	m ³ /jam
15/11/2024	10.00	38,2	28,8	26,8	609,75
16/11/2024	10.00	37,8	28,4	26,4	610,25
18/11/2024	10.00	38,4	28,8	26,8	612,85
19/11/2024	10.00	38,4	28,8	26,6	610,92
20/11/2024	10.00	37,4	28,2	26,2	610,22
21/11/2024	10.00	38,4	28,8	26,8	609,12
22/11/2024	10.00	38,2	28,4	26,4	609,15

Tabel 1. 4 Data Densitas dan Cp Temperatur Air Keluar

Hari	T Water In (°C)	ρ (kg/m ³)	Cp (kJ/kg)
15/11/2024	38,2	992.867	4,181
16/11/2024	37,8	993.005	4,181
18/11/2024	38,4	992.867	4,181
19/11/2024	38,4	992.799	4,181
20/11/2024	37,4	992.799	4,181
21/11/2024	38,4	993.142	4,181
22/11/2024	38,2	992.799	4,181

Keterangan: T *Water in* : Suhu air masuk *cooling tower*
 T *Water out* : Suhu air keluar *cooling tower*
 T *air wet bulb* : Suhu kelembaban udara
 V *water* : Laju alir
 ρ : Densitas
 Cp : Kapasitas pendingin

3.4 Metode Analisis

Adapun metode penelitian ini bersifat kuantitatif karena data yang diambil berupa angka-angka yang diolah berdasarkan metode perhitungan

dengan rumus yang diperoleh dari *Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, No 3, Juni 2017*, penyelesaian yang digunakan yaitu:

a. Metode Perhitungan Efisiensi Perpindahan Panas

1. Menentukan Kapasitas Pendingin *Cooling tower*

a. Menghitung nilai ρ dan cp

$$\rho = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} \times m_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} \times m_2$$

$$cp = \frac{(x_2 - x)}{(x_2 - x_1)} \times m_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} \times m_2$$

b. Menghitung laju alir air masuk

$$m_w = \rho_{water} \times V_{win}$$

c. Menghitung kapasitas pendingin *cooling tower*

$$Q = m_w \times Cp \times \Delta T$$

2. Menentukan Efisiensi Perpindahan Panas

$$\eta = \frac{Q_{\text{aktual}}}{Q_{\text{desain}}} \times 100\%$$

b. Metode Perhitungan Penentuan Efektivitas *Cooling tower*

1. Menghitung *Temperature Range*

$$R = T \text{ water in} - T \text{ water out}$$

2. Menghitung *Temperature Approach*

$$Ap = T \text{ water out} - T \text{ air wet bulb in}$$

3. Menentukan Efektivitas *Cooling tower*

$$\varepsilon = \frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \times 100\%$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Tabel 1. 5 Data Hasil Evaluasi Kinerja Cooling Tower

TANGGAL	M WATER IN (kg/jam)	RANGE (°C)	APPROACH H (°C)	Q COOLING (kJ/jam)	η Perpindahan panas (%)	E CT (%)
15/11/2024	608986,593	9,4	2	6662	72,155	82,46
16/11/2024	609490,849	9,4	2	6668	72,224	82,46
18/11/2024	608387,3442	9,6	2	6837	74,060	82,76
19/11/2024	610155,1282	9,6	2,2	6816	73,826	81,36
20/11/2024	611363,4197	9,2	2	6527	70,694	82,14
21/11/2024	609470,6498	9,6	2	6796	73,609	82,76
22/11/2024	612092,5174	9,8	2	6938	75,151	83,05
Data desain alat		10	2	9233	100	83,33

Keterangan: *M water* : Laju alir air masuk
Range : *Temperature range*
Approach : *Temperature approach*
Q cooling : Kapasitas pendingin *cooling tower*
 η Perpindahan panas : *Efisiensi perpindahan panas*
 ϵ CT : *Efektivitas cooling tower*

4.2 Pembahasan

Pendinginan merupakan suatu proses yang sangat diperlukan didalam industri. Pendinginan tersebut diperlukan baik terhadap produk maupun alat-alat yang digunakan di dalam proses produksi. Pada umumnya pendinginan yang digunakan adalah air, dimana air pendingin masuk pada suhu lingkungan dan keluar pada suhu tertentu. Dalam suatu pabrik tentunya diperlukan air sebagai media pendingin dalam jumlah besar, maka dari itu diperlukan *recycle* air pendingin

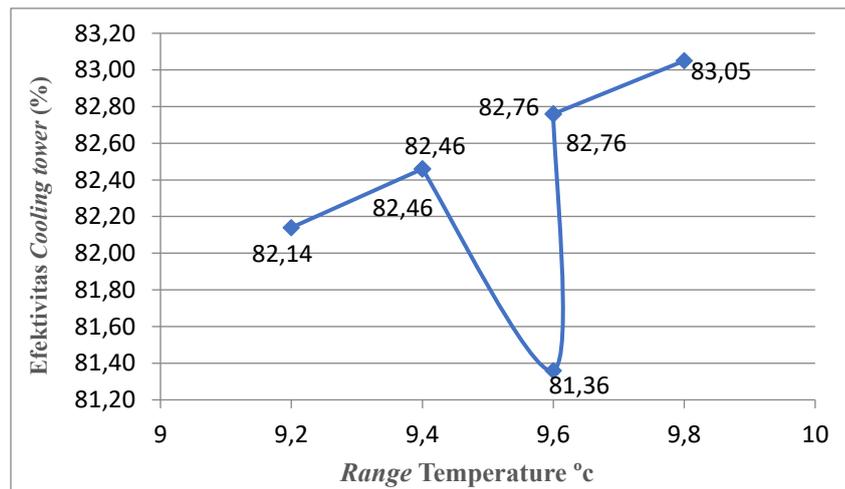
dengan cara air yang telah digunakan sebagai media pendingin dalam suatu proses pengolahan air. Proses tersebut dilakukan dengan cara menurunkan suhu air ke kondisi suhu lingkungan dan dilakukan *treatment* dengan penambahan senyawa kimia tertentu, tujuan dari *treatment* ini adalah untuk menghilangkan kontaminan sehingga air dapat digunakan kembali tanpa menurunkan performa pendinginan sehingga air dapat digunakan kembali sebagai media pendingin. Proses ini dilakukan dalam suatu unit alat yang disebut *cooling tower*.

Kinerja *cooling tower* sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah *temperature range*, *temperature approach*, laju alir, efektifitas perpindahan panas, dan kapasitas pendinginan. Oleh karena itu, untuk analisis kinerja *cooling tower* dapat dilakukan dengan cara membandingkan faktor-faktor tersebut pada kondisi aktual *cooling tower* sebagai bahan evaluasi.

Dari data hasil yang diperoleh dapat dilihat pada *temperature range* dari data tujuh hari yang diambil pada jam yang sama, nilainya berada dibawah standar desain awal alat. Untuk *temperature range* nilai desain awal alat yaitu 10°C sedangkan dari data hasil yang didapat nilai *temperature range* terendah yaitu $9,2^{\circ}\text{C}$ dan yang tertinggi yaitu $9,8^{\circ}\text{C}$. Adapun faktor yang mempengaruhi nilai dari *temperature range* yaitu jumlah udara yang diserap oleh *cooling tower* tidak dapat mendinginkan air sehingga temperatur air yang dihasilkan masih tinggi. Pada proses ini udara berfungsi untuk mengekstrak panas pada air lalu dilepaskan ke atmosfer sehingga suhu air menjadi turun. Kemampuan *cooling tower* untuk menyerap udara luar ini dipengaruhi oleh *fan* pada *cooling tower*. Jika kecepatan putaran dari *fan* menurun akan berdampak pada jumlah udara luar yang diserap. Ini juga akan berdampak kepada kapasitas pendingin yang dihasilkan apabila

temperature range rendah maka pelepasan panas yang dihasilkan rendah mengakibatkan efisiensi perpindahan panas menjadi ikut menurun (Cooling tower institute, 2016). Adapun grafik hubungan dari parameter yang ditentukan yaitu:

1. Pengaruh *Temperature Range* terhadap Efektivitas *Cooling Tower*



Gambar 1. 10 Grafik Pengaruh *Temperature Range* Terhadap Efektivitas *Cooling Tower*

Perbedaan antara temperatur air masuk dengan temperatur air keluar dari *cooling tower* disebut dengan temperatur *range*. Semakin jauh perbedaan temperatur air masuk dengan temperatur air keluar dari *cooling tower* menunjukkan bahwa *cooling tower* telah melepaskan panas yang besar ke aliran udara, sehingga air yang keluar *cooling tower* akan lebih dingin. Berdasarkan gambar diatas *temperature range* yang paling tinggi yaitu 9,8°C, sedangkan untuk *temperature range* desain yaitu 10°C. Selisih antara keduanya adalah 0,2°C.

Pada dasarnya efektivitas merupakan perbandingan antara *temperature range* terhadap penjumlahan *range* dan *approach* temperatur. Semakin tinggi *range* temperatur maka akan tinggi efektivitas dari menara pendingin. *Approach* adalah perbedaan antara temperatur air dingin keluar *cooling tower* dan temperatur *wet bulb ambien*. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara pendingin,

walaupun *range* dan *approach* harus dipantau akan tetapi, *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin (Ashrae Handbook,2016). Berdasarkan Tabel nilai *approach* aktual rata-rata yaitu 2°C, sedangkan untuk *approach* desain adalah 2°C. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja *cooling tower* alat berdasarkan *approach* dan *range* temperatur masih sesuai dengan desain awalnya.

Selanjutnya dari grafik 3.10 dapat dilihat bahwa hubungan *range* temperatur terhadap efektivitas yang dihasilkan *cooling tower* umumnya diikuti oleh *temperature range* tinggi dan peningkatan efektivitas *cooling tower* yang dapat dilihat pada *temperature range* 9,8°C dengan efektivitas sebesar 83,05%, namun pada *range* 9,6°C efektifitas justru menurun hingga 81,36%. Dapat dilihat pada grafik pada *temperature range* 9,6°C memiliki efektivitas yang berbeda-beda padahal temperaturnya sama, hal ini menunjukkan bahwa efektifitas *cooling tower* tidak hanya dipengaruhi oleh *temperature range* tetapi oleh kondisi operasionalnya juga seperti aliran udara atau air yang tidak merata akibat kipas pendingin tidak optimal atau *nozzle* tersumbat sehingga perpindahan panas menjadi kurang efisien. Selain itu, factor lingkungan seperti kelembaban udara yang tinggi menjadi juga bisa menyebabkan pendinginan kurang maksimal, meskipun nilai *approach* terlihat sama 2°C ada kemungkinan fluktuasi kecil yang tidak tercatat dan turut mempengaruhi efektivitas. Hal ini sesuai dengan pendapat (Prerry, 20008) dan pendapat (Ashrae, 2020) yang menyatakan bahwa efektivitas *Cooling Tower* dilapangan bisa menurun apabila terjadi gangguan distribusi atau kondisi lingkungan yang tidak mendukung meskipun parameter suhu tampak ideal.

Untuk mencapai *range* temperatur desain atau sangat mendekati maka dapat

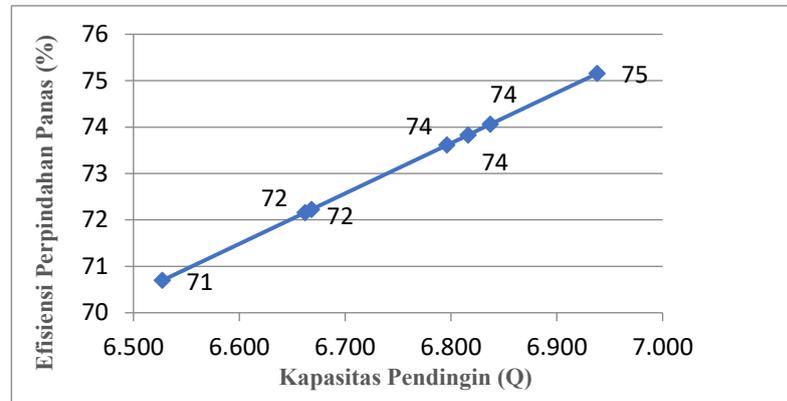
dilakukan cara yaitu memperbesar sudut dari *Exhaust fan cooling tower*. *Exhaust fan* berfungsi sebagai salah satu alat yang digunakan untuk menarik udara lingkungan menuju *cooling tower* serta membuangnya kembali ke lingkungan. Udara berfungsi sebagai media untuk menurunkan suhu air pendingin. Keoptimalan sudut *Exhaust fan* berpengaruh dalam konstannya nilai laju alir udara yang masuk menara pendingin. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kinerja termal *cooling tower* yaitu *fouling* dan penyumbatan pada *nozzle*, karena menurunkan efektivitas dan kemampuan *cooling tower* secara keseluruhan (Cooling technology institute, 2000).

2. Hubungan Kapasitas Pendingin dengan Efisiensi Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda temperatur antara daerah-daerah tersebut. Ada tiga macam mekanisme perpindahan panas yang berbeda yaitu perpindahan panas secara konduksi, radiasi, dan konveksi. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan panas antara permukaan benda padat dan cairan atau gas. Perpindahan panas dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya melibatkan perpindahan panas laten yang disebabkan oleh penguapan air dalam porsi kecil, dan juga melibatkan perpindahan panas sensibel yang disebabkan oleh perbedaan temperatur air dan udara.

Sistem operasi *cooling tower* berdasarkan pada penguapan dan perubahan panas sensibel, dimana campuran dua aliran fluida pada temperatur yang berbeda (air dan udara) akan melepaskan panas laten penguapan yang menyebabkan efek pendinginan ke fluida yang lebih panas (air). Efek pendinginan ini dicapai dengan merubah sebagian cairan menjadi uap dengan melepaskan panas laten penguapan.

Selain itu, panas *sensibel* juga berperan ketika air panas yang dilewatkan berkontak dengan aliran udara dingin yang masuk, sehingga udara akan mendinginkan air dan temperatur akan meningkat sesuai dengan jumlah panas *sensible* yang diperoleh.



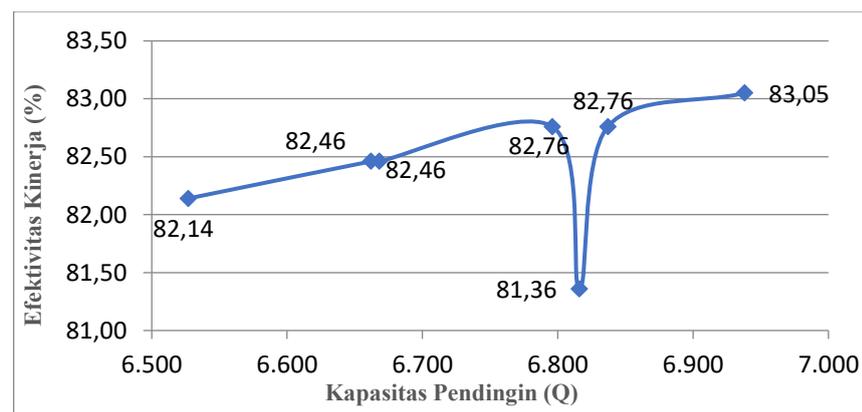
Gambar 1. 11 Grafik Hubungan Kapasitas Pendingin dengan Efisiensi Perpindahan Panas

Berdasarkan grafik 3.11 dapat dilihat bahwa kapasitas pendingin dengan efisiensi perpindahan panas mengidentifikasi adanya hubungan yang cenderung liner positif, dimana peningkatan kapasitas pendingin diikuti dengan peningkatan efisiensi perpindahan panas, namun pada satu titik terjadi penurunan efisiensi pada kapasitas panas 6.527 kJ/detik dengan efisiensi 71%, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor operasional seperti penurunan aliran udara akibat *fan* tidak optimal, penurunan aliran air atau penyumbatan pada *nozzle* dan *scaling* atau *fouling* pada media isian. Menurut Ashrae, (2020) menyatakan bahwa penurunan efisiensi aktual *cooling tower* dilapangan umumnya berada pada 65%-85% dari nilai desainnya karena tergantung usia, kondisi pemakaian dan beban sistem makanya kondisi efisiensi *cooling tower* tidak pernah benar-benar 100% seperti pada desainnya karena adanya *losses* atau kerugian akibat kecepatan aliran udara yang tidak merata, efek *fouling* atau *scaling* pada media isian, kelembaban udara tinggi, distribusi air pada *nozzle* tidak merata, kondisi lingkungan, temperatur air masuk, dan laju alir air yang masuk ke menara pendingin, ketika parameter-parameter diatas dapat

dijaga sesuai dengan data desain maka efisiensi perpindahan akan semakin baik, maka semakin tinggi kapasitas pendingin menghasilkan efisiensi perpindahan panas yang tinggi pula. Berdasarkan teori, penurunan performa ini masih tergolong wajar dalam sistem yang telah mengalami penggunaan dalam jangka waktu 5 tahun.

Dari grafik ini, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang kuat dan linier positif antara kapasitas pendinginan dan efisiensi perpindahan panas, sehingga pengelolaan dan optimasi sistem sebaiknya diarahkan untuk menjaga kapasitas pendingin tetap tinggi. Ini dapat dilakukan dengan cara pengaturan laju alir, pembersihan komponen internal, serta *maintenance* rutin.

3. Pengaruh Kapasitas Pendingin Terhadap Efektivitas *Cooling tower*



Gambar 1. 12 Grafik Pengaruh Kapasitas Pendingin Terhadap Efektivitas Cooling Tower

Kapasitas pendinginan merupakan banyaknya energi atau panas yang dapat dilepaskan oleh air ke udara atau banyaknya energi yang dapat diserap oleh udara. Ketika energi atau panas yang diserap oleh udara besar, maka hal itu dapat menurunkan temperatur air yang signifikan, dan membuat kelembaban di dalam udara semakin besar dari proses humidifikasinya. Berdasarkan grafik 3.12 menunjukkan hubungan antara kapasitas pendinginan dengan efektivitas *cooling tower*. Pada grafik terlihat bahwa terdapat *fluktuasi* efektivitas pada berbagai kapasitas pendingin antara 6.662 kW hingga 6.938 kW. Efektivitas tertinggi

sebesar 83,05%, sedangkan terjadi penurunan pada kapasitas 6.816 kW dengan efektivitas sebesar 81,36%. Secara teori semakin besar kapasitas pendingin, maka proses pelepasan panas akan semakin maksimal sehingga efektivitas meningkat, namun pada data aktual yang terjadi di lapangan terjadi *fluktuasi* karena distribusi aliran udara yang tidak merata, kondisi *fouling* pada *fill* atau *nozzle*, kondisi cuaca ekstrem dan *maldistribusi* aliran air. Menurut Ashrae Handbook (2020) efektivitas aktual *cooling tower* antara 80% - 95% masi wajar selama tidak bersifat permanen. Pada dasarnya efektivitas akan berbanding lurus dengan kapasitas pendinginan pada alat *cooling tower*. Semakin besar energi yang dapat dilepaskan oleh air ke udara pada suatu *cooling tower* maka akan meningkatkan nilai efektivitas dalam mendinginkan air. Adanya penurunan kinerja pada komponen *cooling tower* seperti ini dapat disebabkan juga oleh kurangnya perawatan yang dilakukan, sehingga diperlukan pengecekan tiap komponen *cooling tower* secara berkala agar meminimalisir terjadinya degradasi penuaan. Hal ini sesuai mengingat *cooling tower* yang dijadikan objek sudah beroperasi selama 5 tahun dan tidak adanya perawatan yang dilakukan secara berkala.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan, yaitu:

1. Mahasiswa dapat mengetahui penggunaan teknologi dan proses produksi pengolahan minyak kelapa sawit dari mulai bahan baku masuk sampai menjadi produk pada proses *refinery* yaitu RBDPO dan pada proses *fractionation* yaitu Olein dan Stearin berdasarkan kompetensi yang telah ditetapkan oleh kampus Politeknik ATI Padang, yang mana untuk 8 kompetensi yang telah ditetapkan oleh kampus dapat terpenuhi.
2. PT Padang Raya Cakrawala sendiri melihat respon yang positif terhadap pendidikan vokasi terkhusus program studi Teknik Kimia Bahan Nabati dengan cara membimbing dan mengarahkan mahasiswa dengan baik selama melaksanakan KKP. Sehingga dengan demikian mahasiswa yang melaksanakan KKP di PT Padang Raya Cakrawala dapat mendapatkan ilmu dengan baik.
3. Nilai *range* aktual yang berada dibawah nilai desain disebabkan oleh temperatur air masuk dan keluar yang berada diatas desain yang juga disebabkan oleh nilai laju alir aktual air masuk yang berada diatas nilai desain, dan juga disebabkan oleh adanya pengotor pada *filler* dan tersumbatnya *nozzle*, sedangkan nilai *Approach* aktual yang berada masi ada yang diatas nilai desain membuktikan bahwa *cooling tower* mampu mendinginkan air hingga mendekati suhu *wet bulb* , hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu : laju alir yang terlalu besar, *filler* yang kotor dan juga *nozzle* yang tersumbat.

4. Untuk perbandingan kinerja antara data desain dengan data *actual* adalah sebagai berikut:
- a. *Temperature range* dari *cooling tower fraksinasi plant* untuk data rata-rata aktual adalah $9,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan data desain yaitu 10°C , maka pada proses cooling masi bisa diturunkan temperatur out dari *cooling tower* dan memaksimalkan proses pendinginan pada Plant.
 - b. *Temperature approach* dari *cooling tower refinery plant* untuk data rata-rata aktual adalah 2°C , sedangkan data desain yaitu 2°C , tidak terjadi kenaikan yang berarti kinerja *cooling tower* masi sangat baik.
 - c. Kapasitas pendingin dari *cooling tower refinery plant* untuk data rata-rata aktual adalah 6749 kW, sedangkan data desain yaitu 9233 kW, terjadi penurunan sebesar 2484 kW.
 - d. Efektivitas dari *cooling tower refinery plant* untuk data rata-rata aktual adalah 82,42%, sedangkan data desain yaitu 83,33%, terjadi penurunan sebesar 0,91%.
 - e. *Wet bulb* dari *cooling tower refinery plant* untuk data rata-rata aktual adalah $26,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan data desain yaitu 26, terjadi kenaikan sebesar $1,92^{\circ}\text{C}$.
 - f. *M water in* dari *cooling tower refinery plant* untuk data rata-rata aktual adalah 609 kg/jam, sedangkan data desain yaitu 610 kg/jam, terjadi penurunan sebesar 1 kg/jam.

5.2 Saran

Adapun Adapun saran yang dapat diberikan, yaitu:

1. Evaluasi kinerja *cooling tower* pada *fraksinasi plant* di PT Padang Raya Cakrawala perlu dilakukan secara berkala demi kelancaran proses produksi dan keefektivitas dari alat menara pendingin.
2. Tetap terjalinnya hubungan berkesinambungan antara perusahaan dengan pihak kampus dalam pelaksanaan KKP, sehingga dapat menerima umpan balik tentang perkembangan teknologi untuk meningkatkan pengetahuan dan wawasan mahasiswa terhadap dunia industri.
3. Mahasiswa yang akan KKP di di PT Padang Raya Cakrawala diharapkan agar dapat memahami lagi kompetensi yang telah disediakan oleh kampus Politeknik ATI Padang sebelum berangkat KKP, sehingga mahasiswa yang akan melaksanakan KKP dapat memahami kompetensi tersebut sebelum KKP.

..

DAFTAR PUSTAKA

- Aksara Holman, J.P (2010) *Heat Transfer*. New york.
- Arman Hakim Nasution, Yudha Prasetyawan. 2008. Perencanaan & pengendalian produksi, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Bender, B. 1982. *Flowchart: A Computer program for plotting flowcharts*. Denver, CO: US. Geological Survey.
- Candra.Tiar. 2016. Apa Itu Alat Instrumentasi. Artikel.
- Catur. 2012. *Trasnportasi Bahan Padat, Cair dan Gas di Insutri serta Mekanisme Kerja Alat Transportasi*. Yogyakarta: Total Media.
- Chandra. 2006. *Analisa Kualitas Kadar Air, Pengolahan Air, dan Sumber Air*.Yogyakarta: Total Media.
- Cooling Tower Institute. (2016). *Acceptance Test Code for Mechanical Draft Evaporative Cooling Equipment*. USA: CTI.
- Dwitasari, Melda. 2017. Makalah conveyor.
- Einstein, D., Worrell, E., Khrushch, M. 2001. Systems in Industry: Energy Use and Energy Efficiency Improvement Potentisl. Lawrence Berkeley National Laboratory
- Gunterus, Frans. 1994. Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo Oktaria, Susanti. 2011. “Perhitungan dan Analisa OEE pada Proses awal Pengolahan Kelapa Sawit (PT. X)”. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Hanggana, Sri. 2006. Prinsip Dasar Akuntansi Biaya. Mediatama: Surakarta
- Hartomo, J, A., dan Widiatmoko, M, C., 1994, “Teknologi Membran Pemurnian Air”, Andi Offset, Yogyakarta.
- Hasibuan, Malayu S.P. 2004. Organisasi dan Motivasi. Jakarta: PT Bumi
- Hensley, J. C. (2009). *Cooling tower Fundamentals (2nd ed.)*. Overland Park, KS: SPX Cooling Technologies, Inc.

LAMPIRAN PERHITUNGAN

A. Metode Perhitungan Efisiensi Perpindahan Panas

1. Menentukan Kapasitas Pendingin *Cooling tower*

a) Menghitung nilai ρ dan c_p

Untuk menentukan nilai ρ dan c_p maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus interpolasi dan data diperoleh dari buku *Transport Processes and Unit Operations Third Edition, Christie J. Geankoplis*.

	T in (°c)	P (kg/m³)	
X1	30	995,68	M1
X	38,2	?	M
X2	40	992,25	M2

$$\rho = \frac{(x_2 - x) \times m_1 + (x - x_1) \times m_2}{(x_2 - x_1)}$$

$$\rho = \frac{(40 - 38,2) \times 995,68 + (38,2 - 30) \times 992,25}{(40 - 30)}$$

$$\rho = 992,867 \text{ kg/m}^3$$

	T in (°c)	Cp (kJ/kg)	
X1	30	4,181	M1
X	38,2	?	M
X2	40	4,181	M2

$$c_p = \frac{(x_2 - x) \times m_1 + (x - x_1) \times m_2}{(x_2 - x_1)}$$

$$cp = \frac{(40 - 38,2) \times 4,181 + (38,2 - 30) \times 4,181}{(40 - 30)}$$

$$cp = 4,181 \text{ kJ/kg}$$

b) Menghitung laju alir air masuk

$$m_w = \rho_{water} \times V_{win}$$

$$m_w = 992,867 \text{ kg/m}^3 \times 609,75 \text{ kg/s}$$

$$m_w = 605400,897 \text{ kg/s}$$

c) Menghitung kapasitas pendingin *cooling tower*

$$Q = m_w \times Cp \times \Delta T$$

$$Q = 605400,897 \text{ kg/s} \times 4,181 \text{ kJ/kg} \times (38,2 - 28,2) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 2379310,281 \text{ kJ/s}^\circ\text{C} = 6662 \text{ kW}$$

2. Menentukan Efisiensi Perpindahan Panas

$$\eta = \frac{Q_{actual}}{Q_{desain}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{6662}{9233} \times 100\%$$

$$\eta = 72,155\%$$

B. Metode Perhitungan Penentuan Efektivitas *Cooling tower*

Untuk perhitungan penentuan efektivitas *cooling tower* persamaan diperoleh dari jurnal JTM, analisis kinerja *cooling tower*: Vol. 06, No. 3, 2017.

1. Menghitung *Temperature Range*

$$R = T_{water\ in} - T_{water\ out}$$

$$R = 38,2^\circ\text{C} - 28,8^\circ\text{C}$$

$$R = 9,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

2. Menghitung *Temperature Approach*

$$Ap = T_{water\ out} - T_{air\ wet\ bulb\ in}$$

$$Ap = 38,2^\circ\text{C} - 26,8^\circ\text{C}$$

$$A_p = 2^\circ\text{C}$$

3. Menentukan Efektivitas *Cooling tower*

$$\varepsilon = \frac{\text{Range}}{\text{Range} + \text{Approach}} \times 100\%$$

$$9,4^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon = \frac{9,4^\circ\text{C}}{9,4^\circ\text{C} + 2^\circ\text{C}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 82,46\%$$

