

# Studi kinerja cooling tower unit amoniak dan urea pada sistem utilitas industri petrokimia

Enggal Nurisman\*, Zulfa Syafira, Fatina Shania

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Inderalaya–Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662, Indonesia  
\*Email: nurisman9908@gmail.com

## Abstrak

Setiap industri petrokimia memerlukan kebutuhan steam dan air sebagai unit penunjang prosesnya. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam sistem utilitas diperlukan cooling tower sehingga air pendingin dapat digunakan kembali selama proses berlangsung. Penggunaan cooling tower dalam industri dinilai penting, sehingga perlu peninjauan mengenai evaluasi kinerja cooling tower. Evaluasi kinerja cooling tower dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah losses, neraca massa dan neraca panas, efisiensi termal, serta efisiensi kerja untuk mengetahui kondisi dan kinerja dari cooling tower dalam proses pendinginan. Hal ini dapat menjadi pertimbangan teknis pihak industri untuk operasional maupun perawatan lebih lanjut. Setelah melalui pengamatan di lapangan, diperoleh hasil perhitungan aktual yang menunjukkan efisiensi thermal cooling tower pada unit amoniak dan urea berkisar antara 74%-78,70%. dan masih sesuai dengan efisiensi termal secara desain sebesar 74 % dan 75,82 %. Sedangkan efisiensi kerja cooling tower unit amoniak maupun unit urea berdasarkan data aktualnya, yaitu berkisar 71,429%-83,537% dan sesuai dengan data desainnya yaitu 71,4 %. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kinerja cooling tower masih beroperasi dengan baik dan masih layak digunakan dalam proses industri.

**Kata kunci :** Sistem Utilitas, Cooling Tower, Efisiensi

## Abstract

Every petrochemical industry needs steam and water as a supporting unit for the process. To increase the efficiency of water use for the utility system, cooling tower is needed so that the cooling water can be reused during the process. The use of cooling towers in the industry are considered important, so it is necessary to review the cooling tower performance evaluation. The evaluation of cooling tower performance is based on the calculation of the number of losses, mass balance and heat balance, thermal efficiency, and work efficiency to determine the condition and performance of the cooling tower in the cooling process. This can be a technical consideration for the industry for operational and further maintenance. After observing in the field, the actual calculation results obtained show the thermal cooling tower efficiency of the ammonia and urea units ranging from 74% -78.70%. and still in accordance with the thermal efficiency by design of 74% and 75.82%. While the working efficiency of the ammonia cooling tower and urea units are based on actual data, which ranges from 71.442% -83.537% and in accordance with the design data that is 71.4%. Based on the results of these calculations, the cooling tower performance is still operating well and is still suitable for use of industrial processes.

**Keywords:** Utility System, Cooling Tower, Efficiency.

## 1. PENDAHULUAN

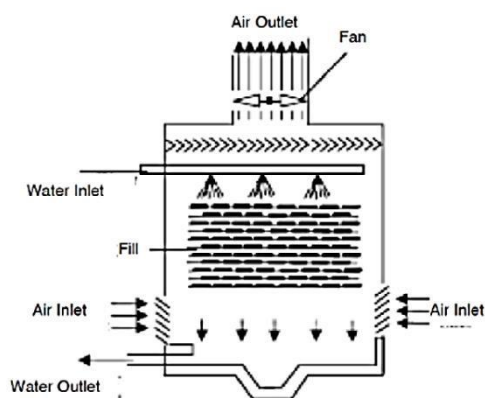
Industri petrokimia tidak terlepas dari kebutuhan utilitas steam dan air. Hal ini tentu erat kaitannya dengan penggunaan cooling tower pada tahapan proses tersebut. Air pendingin menjadi komponen yang sangat dibutuhkan sebagai media yang digunakan untuk melakukan

pertukaran panas antara fluida panas dengan air pendingin.

Cooling tower merupakan alat penukar kalor yang material fluida kerjanya adalah air dan udara. Cooling tower berfungsi untuk mendinginkan air melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap (Zakawali dkk, 2018). Cooling tower juga dimanfaatkan dalam upaya

peningkatan produktivitas serta efisiensi pada proses produksi mesin di industri kimia. Hal tersebut dikarenakan, pada suatu industri kimia dibutuhkan temperatur dan efisiensi alat yang sesuai agar pabrik dapat bekerja secara optimal. Gangguan pada cooling water dapat mengurangi produktivitas alat atau menyebabkan kerusakan (Putra, 2015).

Pada studi yang dilakukan pada salah satu industri petrokimia ini, tipe cooling tower yang digunakan ialah jenis induced-draft. Induced draft fan dapat kerja dengan melakukan penghisapan uap air yang terkondensasi oleh peristiwa kontak antara air pendingin dengan udara atmosfer. Cooling tower dengan jenis ini menghasilkan kecepatan udara masukan rendah dan kecepatan udara keluaran yang tinggi, sehingga dapat mengurangi resirkulasi udara. Proses penghisapan uap air oleh induced draft fan akan meminimalisir terjadinya losses (Aprianti dkk, 2018).



**Gambar 1.** Cooling Tower Tipe Induced Draft  
(Sumber: Umakanta et al, 2017)

Air pendingin yang dialirkan ke dalam cooling tower akan mengalami proses perpindahan panas. Proses perpindahan panas terjadi pada air pendingin yang bertemperatur tinggi menjadi temperatur rendah akibat kontak langsung dengan udara dingin. Proses pendinginan air tersebut akan mengakibatkan proses penguapan. Dari proses penguapan tersebut akan terjadi kehilangan udara yang disebut dengan losses. Jenis losses pada cooling tower, yaitu evaporation loss, drift loss, dan blowdown. Losses pada cooling tower menyebabkan terjadinya pengurangan produksi air untuk pendingin peralatan produksi selanjutnya.

Dalam perhitungan efisiensi aspek yang diperhitungkan antara lain berupa evaporation loss, drift loss maupun blow down. Evaporation loss ( $W_e$ ) adalah peristiwa terbawanya uap air oleh daya hisap ID fan menuju atmosfer. Peristiwa pendinginan air oleh udara pada cooling tower akan menghasilkan banyaknya uap

air yang hilang. Oleh karena itu, kehilangan uap air dapat dicegah dengan penggunaan cooling tower dengan jenis ID (induced draft) fan.

Drift loss ( $W_d$ ) merupakan peristiwa kehilangan uap air oleh adanya proses kondensasi antara air pendingin dan udara sekitar. Drift loss ( $W_d$ ) juga dapat didefinisikan sebagai peristiwa keluarnya uap air oleh penggunaan ID fan. Uap air yang keluar dari ID fan standarnya 0,1-0,2% dari jumlah air yang bersirkulasi. Jumlah drift loss dapat diperkecil dengan menggunakan drift eliminators yang terdapat pada cooling tower (Perry, 2008).

Blow down ( $W_b$ ) sendiri pada prinsipnya merupakan kerugian yang diakibatkan oleh pembuangan sejumlah air pendingin untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas cooling water. Apabila kualitas cooling water buruk, maka harus dilakukan continuous blowdown agar kualitas cooling water sesuai standar untuk pemakaian alat-alat pada pabrik amoniak maupun pabrik urea. Turunnya kualitas cooling water dapat ditandai dengan adanya kerak-kerak dan endapan pada basin cooling tower. Pencegahan dari adanya kerak-kerak tersebut dilakukan dengan chemical injection dan pembuangan endapan dengan cara blowdown.

Kemampuan cooling tower dapat menurunkan temperatur lebih baik dikarenakan cooling tower menurunkan temperatur air pendingin dengan cara mengkontakkannya dengan udara yang dilewatkan secara berlawanan arah. Penggunaan cooling tower dapat meningkatkan efisiensi sistem proses secara keseluruhan dan mengurangi penggunaan energi, sehingga biaya yang akan dikeluarkan jauh lebih murah. Oleh sebab itu pada studi ini akan dilakukan analisis perbandingan efisiensi termal dan efisiensi kerja cooling tower secara aktual dan desain sehingga dapat mengetahui tingkat performa peralatan sekaligus memberikan informasi aktual kepada pihak industri untuk program operasional maupun perawatan lebih lanjut terutama untuk memperhitungkan berapa banyak *make up water* yang diperlukan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan analisa cooling tower (105-D), diperlukan data-data khusus yang akan diolah dalam perhitungan. Data yang diperoleh dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu data desain dan data aktual. Data desain merupakan data rancangan pada saat unit tersebut didesain. Sedangkan data aktual merupakan data yang diperoleh saat berlangsungnya operasi. Yang diperoleh dari Control Room perusahaan dalam bentuk logsheet.

Data didapatkan dari logsheet Distributed Control System (DCS) Unit Utilitas pada pabrik petrokimia yang diambil dari 28 Januari 2019-3 Februari 2019.

**Tabel 1.** Data Desain *Cooling Tower* Unit Amoniak

Komponen	Hasil Perhitungan
<i>Water Circulation</i> (m <sup>3</sup> /h)	22360
Temperatur <i>Inlet</i> (°C)	43
Temperatur <i>Outlet</i> (°C)	33
Temperatur <i>Dry Bulb</i> (°C)	30
Temperatur <i>Wet Bulb</i> (°C)	29
<i>Cycle</i>	6

**Tabel 2.** Data Desain *Cooling Tower* Unit Urea

Komponen	Hasil Perhitungan
<i>Water Circulation</i> (m <sup>3</sup> /h)	10826
Temperatur <i>Inlet</i> (°C)	43
Temperatur <i>Outlet</i> (°C)	33
Temperatur <i>Dry Bulb</i> (°C)	30
Temperatur <i>Wet Bulb</i> (°C)	29
<i>Cycle</i>	6

Selanjutnya, data desain maupun aktual yang diperoleh berupa volume sirkulasi air masuk, temperatur masuk dan keluar *cooling tower*, temperatur *dry bulb* dan temperatur *wet bulb*, serta *cycle* yang akan dijadikan data perhitungan. Perhitungan dilakukan untuk mencari nilai *evaporation loss*, *drift loss*, *blowdown*, jumlah *make up water*, efisiensi termal, dan efisiensi kerja *cooling tower*.

1. Perhitungan *Evaporation Loss* (We)

$$We = 0,00085 \times 1,8 \times WC \times (T_1 - T_2) \quad (1)$$

Ket:

We = *Evaporation loss* (m<sup>3</sup>/h)

WC = Sirkulasi *water flow* (m<sup>3</sup>/h)

T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub> = Temperatur inlet - temperatur outlet (°C)

2. Perhitungan *Drift Loss* (Wd)

$$Wd = D \times We \quad (2)$$

Ket:

Wd = *Drift loss* (m<sup>3</sup>/h)

D = Nilai persentase untuk *drift Loss*

3. Perhitungan *Blowdown* (Wb)

$$Wb = \frac{We - (Cycle - 1)Wd}{Cycle - 1} \quad (3)$$

Ket:

Wb = *Blowdown* (m<sup>3</sup>/h)

4. Perhitungan Jumlah *Make Up Water* (M)

$$M = We + Wdf + Wb \quad (4)$$

5. Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas *Cooling Tower*

$$Input = Output + Losses \quad (5)$$

6. Perhitungan Efisiensi Termal *Cooling Tower*

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{loss}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (6)$$

Ket:

H = Efisiensi (%)

Q<sub>in</sub> = Panas masuk (°C)

Q<sub>out</sub> = Panas keluar (°C)

Q<sub>loss</sub> = Panas dari *losses cooling tower* (°C)

7. Perhitungan Efisiensi Kerja *Cooling Tower*

$$\eta = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{wb}} \times 100\% \quad (7)$$

Ket:

T<sub>in</sub> = Temperatur masuk air (°C)

T<sub>out</sub> = Temperatur keluar air (°C)

T<sub>wb</sub> = Temperatur *wet bulb* (°C)

Setelah dilakukan pengolahan data, selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut. Data perhitungan efisiensi termal dan efisiensi kerja *cooling tower* dihasilkan dalam bentuk grafik untuk melihat perbandingan selama 7 hari, yaitu dari tanggal 28 Januari 2019 hingga 3 Februari 2019.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data maka diperoleh rekapitulasi hasil perhitungan sebagaimana tercantum pada tabel 3 dan 4 berikut

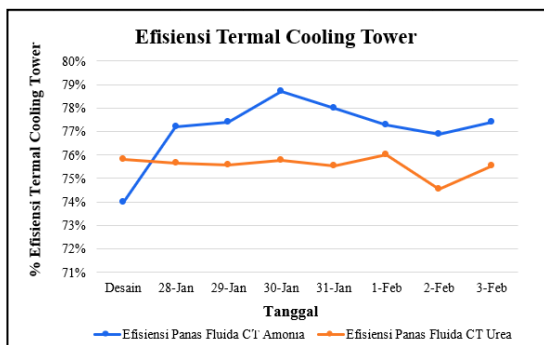
**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Data Desain *Cooling Tower* Unit Amoniak

Komponen	Hasil Perhitungan
<i>Evaporation Loss</i> (m <sup>3</sup> /h)	342,108
<i>Drift Loss</i> (m <sup>3</sup> /h)	2,236
<i>Blowdown</i> (m <sup>3</sup> /h)	66,186
<i>Make Up Water</i> (m <sup>3</sup> /h)	410,53
Efisiensi Termal (%)	74%
Efisiensi Kerja (%)	71,429%

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Data Desain *Cooling Tower* Unit Urea

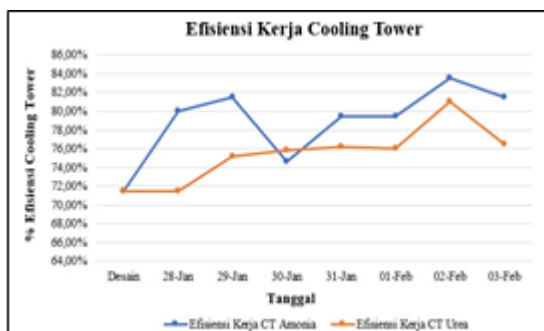
Komponen	Hasil Perhitungan
Evaporation Loss (m <sup>3</sup> /h)	165,638
Drift Loss (m <sup>3</sup> /h)	1,0826
Blowdown (m <sup>3</sup> /h)	30,962
Make Up Water (m <sup>3</sup> /h)	197,6826
Efisiensi Termal (%)	75,82%
Efisiensi Kerja (%)	71,429%

Dari tabel tersebut, dapat diketahui bahwa berdasarkan data desain nilai efisiensi kerja maupun efisiensi thermal *cooling tower* yang terdapat pada unit urea dan amoniak berkisar antara 71 – 75 %. Nilai efisiensi inilah yang nanti akan dibandingkan dengan data aktual pada saat dilakukan pengamatan di lapangan. Grafik hasil perhitungan efisiensi thermal tertera pada Gambar 2 berikut



**Gambar 2.** Grafik Efisiensi Termal Fluida *Cooling Tower* Amoniak-Urea periode 28 Januari 2019-3 Februari 2019

Selain melakukan perhitungan efisiensi termal, juga dilakukan perhitungan efisiensi kerja pada unit urea dan amoniak sebagaimana gambar 3 berikut



**Gambar 3.** Grafik Efisiensi Kerja *Cooling Tower* Amoniak-Urea periode 28 Januari 2019-3 Februari 2019

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa efisiensi termal dan efisiensi kerja dari data aktual untuk masing-masing unit *cooling tower* mendekati data desainnya. Hal ini menunjukkan bahwa panas fluida yang mengalir pada proses pendinginan cukup baik dan performa kerja dari *cooling tower* untuk masing-masing unit masih dapat dikatakan beroperasi dengan baik

Berdasarkan tabel 3, dapat diketahui bahwa efisiensi panas fluida data desain *cooling tower* amoniak, yaitu sebesar 74%, sedangkan perhitungan efisiensi panas fluida data aktual *cooling tower* amoniak pada gambar 2 dari tanggal 28 Januari s.d. 3 Februari 2019, yaitu 77,20%, 77,40%, 78,70%, 78%, 77,30%, 76,90%, dan 77,40%. Selain itu, berdasarkan tabel yang sama diperoleh hasil perhitungan efisiensi kerja data desain *cooling tower* amoniak sebesar 71,429%, sedangkan perhitungan efisiensi kerja data aktual *cooling tower* amoniak pada tanggal 28 Januari 2019-3 Februari 2019 pada gambar 2 menunjukkan nilai yang lebih besar, yakni 80%, 81,481%, 74,614%, 79,412%, 79,412%, 83,537%, dan 81,447%

Pada unit urea, perhitungan efisiensi panas fluida data desain *cooling tower* pada tabel 4 sebesar 75,82%, sedangkan perhitungan efisiensi termal menggunakan data aktual *cooling tower* urea dari tanggal 28 Januari s.d. 3 Februari 2019 menunjukkan nilai yang berbeda yaitu sebesar 75,65%, 77,57%, 75,77%, 75,53%, 76%, 74,54%, dan 75,54%. Disisi lain, efisiensi kerja data desain *cooling tower* urea yang terdapat pada tabel yang sama menunjukkan nilai 71,429%, sedangkan perhitungan efisiensi kerja data aktual *cooling tower* urea cukup bervariasi dari 79,429%, 75,181%, 75,830%, 76,184%, 76,029%, 81,012%, dan 76,483%.

Faktor-faktor yang dapat meningkatkan efisiensi dari *cooling tower* antara lain mengatur *flowrate* dari air ataupun udara, meningkatkan luas permukaan kontak, meningkatkan waktu kontak antara air dan udara, dan mengatur arah aliran udara yang berhubungan dengan permukaan kontak air. *Flowrate* dari air ataupun udara akan mempengaruhi temperatur *cooling water* yang dihasilkan. Semakin tinggi *flowrate* udara dan semakin rendah *flowrate* air maka temperatur *cooling water* yang dihasilkan semakin rendah, sehingga efisiensi *cooling tower* yang didapat semakin meningkat. *Flowrate* udara dapat dipercepat dengan memperbanyak dan mempercepat putaran *fan* yang digunakan.

Peningkatan luas permukaan dan waktu kontak dapat dilakukan dengan memperbanyak bahan pengisi (*filler*) dan mempertinggi *cooling tower*. Semakin lama waktu kontak antar kedua fluida maka *cooling water* yang dihasilkan semakin baik. Arah aliran juga dapat diatur secara parallel, *counter current flow*, ataupun *cross flow* (Fauzi dan Bayu, 2016).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kinerja cooling tower baik pada unit amoniak maupun unit urea masih beroperasi dengan baik karena sesuai dan mendekati efisiensi desainnya. Berdasarkan data aktual neraca massa dan neraca panasnya, efisiensi thermal pada unit urea dan amoniak yaitu berkisar antara 74%-78,70%. Sedangkan efisiensi kerja berdasarkan data aktualnya, yaitu berkisar 71,429%-83,537%.

Selain itu diperkirakan total losses water pada cooling tower untuk unit amoniak dan unit urea masih mendekati data desainnya sekitar 410,530 m<sup>3</sup>/jam dan 198,765 m<sup>3</sup>/jam. Oleh sebab itu dibutuhkan make up water untuk mengatasi permasalahan tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti, T., dkk. 2018. Menghitung Efisiensi dan Losses Cooling Tower Unit Refinery PT Wilmar Nabati Indonesia Pelintung. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 24(3): 58.
- Coulson's and Richardson's. 2002. *Chemical Engineering vol 6, 3<sup>th</sup> Edition*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Fauzi dan Bayu. 2016. Analisa Performa Menara Pendingin pada PT Geo Dipa Energi Unit Dieng. *Jurnal Ilmiah Rotari*. Vol. 1(1): 26.
- Felder, R. M. and Rosseau, R. W. 2005. *Elementary Principle of Chemical Process 3<sup>rd</sup> Edition*. United State of America: John Willey and Sons Inc.
- Handoyo, Y. 2015. Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 pada PT XYZ Tambun Bekasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol. 3(1): 38-39.
- Perry, R. H. 2008. *Chemical Engineering Handbook 8<sup>th</sup> edition*. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Putra, R. 2015. Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower pada Fluida di Mesin Injeksi Plastik. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 4(2): 56.
- Smith, J. M. 1984. *Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> edition*. New York: Mc.Graw Hill Book Company.
- Umakanta, B., dan Nataraj, C. N. 2017. Study on Induced Draft Cooling Tower Performance Analysis In Captive Power Plant. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol. 4(8): 414-421.
- Zakawali, dkk. 2018. Penambahan Water Coolant pada Cooling Tower Tipe Counter Flow. *Jurnal Mesin Nusantara*. Vol. 1(2): 86.