

Analisis Pengaruh Peningkatan *Volume Water Basin Tank Cooling Tower* terhadap Efisiensi Kinerja *Main Gas Blower* di PT. XYZ

Robert Candra Taruna ^{1*}, Lisa Puspita Ariyanto ², dan Putri Sundari ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Gresik, Indonesia

Email : robert.candra.taruna@gmail.com

*Penulis Korespondensi: Robert Candra Taruna

Abstract: The efficiency of cooling systems is highly critical in energy industries and industrial processes, particularly in the production of liquid sulfuric acid (H_2SO_4) which relies heavily on operational efficiency. A key factor determining overall plant efficiency is temperature control in critical components. Failure to dissipate heat effectively can result in performance degradation, increased energy consumption, and equipment damage. Increasing the volume of the cooling tower basin water beyond the minimum required limit is intended to stabilize cold water temperatures or enhance the performance efficiency of both the Cooling Tower (CT) and the Main Gas Blower (MGB). This study quantitatively analyzes the impact of comparing the manufacturer's standard Water Basin Tank (WBT) volume against a modified volume on the operational efficiency parameters of the CT and MGB to validate the optimal operational threshold. The results indicate that the standard manufacturer's water basin yields an average range of 5.3°C, an approach of 10.78°C, an effectiveness of 50.79%, a cooling capacity of 0.9 m³/h, and an evaporation loss of 1.6 m³/h. Meanwhile, the modified water basin shows an average range of 6.5°C, an approach of 8.4°C, an effectiveness of 76.95%, a cooling capacity of 1.1 m³/h, and an evaporation loss of 1.9 m³/h. As a result of the cooling tower performance, the use of the manufacturer's WBT results in a cooling temperature of 37.5°C, an output power of 2,676.3 kW, an efficiency of 63.6%, and a power loss of 1,530.5 kW. Conversely, the modified WBT demonstrates a cooling temperature of 35.4°C, an output power of 3,725.2 kW, an efficiency of 88.6%, and a power loss of 481.6 kW. The comparison reveals that a lower cooling tower temperature leads to a higher output power, greater efficiency, and lower power loss in the MGB. Based on these findings, the LBC 250 Cooling Tower with a modified water basin demonstrates superior performance for use as a cooling system for the Main Gas Blower at the Acid Plant of PT. XYZ.

Keywords: Performance; Temperature; Sulfuric Acid; Cooling Tower Water Basin Tank; Main Gas Blower.

Diterima: June 19, 2026

Direvisi: July 2, 2026

Diterima: July 15, 2026

Diterbitkan: July 17, 2026

Versi sekarang: July 30, 2026



Hak cipta: © 2026 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan lisensi Creative Commons Attribution (CC BY SA) (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Abstrak: Pentingnya efisiensi sistem pendingin dalam industri energi dan proses sektor industri, khususnya dalam proses produksi cairan Asam Sulfat (H_2SO_4) sangat bergantung pada efisiensi operasional. Salah satu faktor kunci yang menentukan efisiensi keseluruhan pabrik adalah pengendalian temperatur pada komponen-komponen kritis. Kegagalan dalam membuang panas dapat mengakibatkan penurunan kinerja, peningkatan konsumsi energi, dan kerusakan peralatan. Peningkatan volume air basin cooling tower di atas batas minimal yang diperlukan untuk menstabilkan suhu air dingin atau meningkatkan efisiensi kinerja Cooling Tower (CT) & Main Gas Blower (MGB). Penelitian ini akan menganalisis secara dampak kuantitatif dari perbandingan volume Water Basin Tank (WBT) bawaan pabrikan dan modifikasi terhadap parameter efisiensi operasional CT & MGB untuk memvalidasi ambang batas operasional yang optimal. Dimana didapat hasil penelitian ini, untuk tipe water basin standar bawaan pabrikan nilai rata-rata range 5,3°C, approach 10,78°C, efektifitas 50,79%, kapasitas pendingin 0,9 m³/h dan kehilangan penguapan 1,6 m³/h. Sedangkan water basin modifikasi nilai rata-rata range 6,5°C, approach 8,4°C, efektifitas 76,95%, kapasitas pendingin 1,1 m³/h dan kehilangan penguapan 1,9 m³/h. Akibat dari pendinginan dari CT, penggunaan WBT bawaan pabrikan menunjukkan nilai tempatur cooling 37,5°C, daya output 2676,3kW, efisiensi 63,6% dan power loss 1530,5 kW. Sedangkan penggunaan WBT modifikasi menunjukkan nilai tempatur cooling 35,4°C, daya output 3725,2kW, efisiensi 88,6% dan power loss 481.6kW. Dari perbandingan nilai tersebut dihasilkan bahwa semakin rendah temperatur dari cooling tower semakin tinggi daya output, semakin tinggi pula efisiensi dan power loss yang rendah dari MGB. Maka dari hasil yang

diperoleh, Cooling Tower LBC 250 dengan water basin modifikasi menunjukkan performa baik untuk digunakan sebagai sistem pendingin Main Gas Blower di Acid Plant PT. XYZ.

Kata kunci: Kinerja; Temperatur; Asam Sulfat; Water Basin Tank Cooling Tower; Main Gas Blower

1. Pendahuluan

PT. XYZ, memainkan peran vital dalam hilirisasi mineral nasional dengan mengolah konsentrat tembaga menjadi katoda tembaga. Proses produksi asam sulfat (H_2SO_4) melibatkan peralatan kritis seperti Main Gas Blower (MGB), yang berfungsi menyerap dan mengalirkan gas proses. Efisiensi MGB sangat sensitif terhadap suhu gas masuk atau suhu lingkungan operasi. Komponen vital yang mendukung kinerja MGB adalah sistem pendingin Cooling Tower (CT), yang bertugas membuang panas dari komponen-komponen MGB (Motor, Gear Box, Sleeve Bearing & Impeller). Kinerja CT diukur dari kemampuannya menurunkan suhu air panas T_{hot} menjadi air dingin T_{cold} yang akan digunakan kembali ke sistem MGB. Jika CT tidak optimal (misalnya T_{cold} terlalu tinggi), suhu komponen MGB meningkat, menurunkan efisiensi, dan berpotensi menyebabkan kerusakan akibat overheating, atau sering disebut MGB Trip. Kondisi ini sering terjadi di PT. XYZ karena volume air dari Water Basin Cooling Tower (Liang Chi 250 bawaan pabrikan) dianggap kurang besar dan tidak optimal. Hal ini menyebabkan suhu air yang masuk ke MGB masih tinggi, MGB Trip, kebutuhan make-up water terus menerus, dan pada akhirnya menyebabkan shutdown seluruh proses produksi tembaga, menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menguji volume water basin bawaan pabrikan dan membandingkannya dengan desain variasi volume air yang berbeda. Tujuannya adalah untuk mengetahui volume optimal dan ideal yang dapat meningkatkan kinerja MGB. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh volume air Water Basin Tank Cooling Tower terhadap temperatur air dingin yang masuk ke MGB?
2. Bagaimana cara menghitung kinerja MGB di Acid Plant PT. XYZ?

Penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Wahyu dkk. (2023), Panjaitan & Putra (2025), dan Walangitan dkk. (2021), telah fokus pada evaluasi efisiensi internal menara pendingin dan kerentanannya terhadap fluktuasi lingkungan. Namun, masih terdapat celah penelitian mengenai dampak modifikasi fisik pada unit penampungan (water basin tank) terhadap performa mesin produksi di hilir. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengujian solusi fisik berupa peningkatan volume basin tank untuk menjamin stabilitas suhu air pendingin.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Review Penelitian

Bagian ini menyajikan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan, berfokus pada kinerja cooling tower, komponen water basin, dan efisiensi peralatan yang menggunakan air pendingin seperti blower atau turbin.

Analisa perhitungan efisiensi cooling tower 32T 821 pada PT. Petro Kimia Gresik bahwa evaluasi kinerja cooling tower dengan menghitung efisiensi air pendingin, perhitungan neraca massa dan neraca energi didapatkan hasil efisiensi kerja cooling tower pada unit utilitas II produksi II B diperoleh sebesar 65%. Sehingga, dari kinerja cooling tower tersebut bisa disimpulkan bahwa cooling tower masih beroperasi dengan cukup baik. Selain itu pada cooling tower juga bisa mengalami losses water, losses disebabkan karena adanya air yang terbawa ke udara saat proses pendinginan dan juga air yang memercik karena adanya bahan pengisi (packing). Oleh sebab itu disarankan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan cara melakukan penambahan make up water. (S. Wahyu, A. Mustain & M. Rizky, 2023)

Kinerja Cooling Tower Unit 2 di PLTGU PT Mitra Energi Batam, pada Cuaca kemarau yang Optimal di dapat pada pukul 09:00 sebesar 9.97° dan Nilai Range terendah pada Cuaca Kemarau di dapat pada pukul 16:00 sebesar 9.52° . Sedangkan Pada Cuaca Hujan Nilai Range dari Kinerja Cooling Tower yang Optimal di dapat pada pukul 16:00 sebesar $10.331^\circ C$ dan Nilai Range terendah pada Cuaca Hujan di dapat pada pukul 15:00 sebesar $8.391^\circ C$. Jika Nilai Range semakin kecil maka kinerja Cooling Tower dapat dikatakan baik dan sebaliknya. Untuk Nilai Approach pada Cuaca kemarau yang optimal di dapat pada pukul 12:00 sebesar

18.205°C dan nilai terendah di dapat pada pukul 15:00 sebesar 16.515°C. Nilai Approach pada Cuaca hujan yang optimal di dapat pada pukul 13:00 sebesar 21.892°C dan nilai terendah berada pada pukul 10:00 sebesar 17.625°C. Untuk Efisiensi pada Cooling Tower Unit 2 pada Cuaca Hujan sebesar 28.44% sampai 35.68%, sedangkan pada Cuaca Kemarau efisiensinya antara 34.98% sampai 37.26%. (Firman Manahan Panjaitan & Putra, 2025)

Dalam proses pembangkit listrik panas bumi, sistem air pendingin utama diperlukan untuk memaksimalkan pembangkit listrik, salah satunya adalah menggunakan menara pendingin. Menara pendingin merupakan pendingin yang sangat vital. Oleh karena itu, kinerjanya harus diperhatikan agar tetap sesuai dengan kondisi awal. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kinerja Menara Pendingin Aliran Balik Induksi Mekanis (Mechanical Induced Draft Counterflow Cooling Tower) di Pembangkit Listrik Panas Bumi Lahendong Unit 5 dengan penelitian kuantitatif selama 7 hari dengan 10 jam kerja operasional. Hasil penelitian ini menunjukkan kinerja Menara Pendingin Aliran Balik Induksi Mekanis di Pembangkit Listrik Panas Bumi Lahendong Unit 5 meningkat hingga 14,2°C pada pagi hari karena kelembapan yang tinggi, efektivitas yang juga meningkat pada pagi hari dan kondisi aliran udara yang masih tetap terjaga. Jadi, penelitian ini akan disimpulkan bahwa kinerja Menara Pendingin Aliran Balik Induksi Mekanis di Pembangkit Listrik Panas Bumi Unit 5 masih dalam kondisi operasi normal dan perlu melakukan penambahan air sebesar 387,81 m³/jam. (J. M. Walangitan, C. Bujung, F. Tumimomor., 2021)

Cooling tower diperlukan di industri pembangkit listrik tenaga panas bumi untuk sirkulasi air pendingin dengan cara mengontakkan dengan gas tak jenuh sehingga sebagian dari zat cair itu akan menguap dan suhu zat cair turun. PT. Indonesia Power Kamojang menggunakan mesin Cooling tower untuk melakukan pendinginan. Untuk mengetahui performansi kemampuan cooling tower yang dimiliki maka diperlukan pengukuran efektivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pendinginan, pengukuran efektivitas dilakukan dengan nilai approach dan range. Range merupakan perbedaan atau jarak antar temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. Approach adalah perbedaan suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu wetbulb ambient. Metode yang digunakan untuk mengukur performansi Cooling tower menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness untuk mendapatkan nilai availability, performance efficiency, dan rate of quality. Hasilnya adalah bahwa pada saat musim kemarau memiliki efektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan musim kemarau. Hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan, serta temperatur air kondensat yang masuk ke dalam Cooling tower. Semakin tinggi temperatur air kondensat yang masuk, maka efektivitas proses pendinginan di dalam Cooling tower semakin rendah karena proses pendinginan tidak maksimal. Hal ini menyebabkan temperatur keluar cooling tower tidak mencapai temperature yang diinginkan. (Ahluriza, P., & Sinaga, N, 2021)

2.1.2 Relevansi Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memiliki relevansi kuat dengan studi terdahulu dalam hal optimalisasi parameter suhu (Range dan Approach). Namun, jika penelitian sebelumnya (Wahyu, 2023; Panjaitan, 2025) fokus pada evaluasi internal menara, penelitian ini menguji solusi fisik berupa peningkatan volume basin tank untuk menjamin stabilitas suhu air pendingin yang dialirkan menuju Main Gas Blower guna meningkatkan efisiensi kinerjanya."

Penelitian mengenai optimasi sistem pendingin di industri telah banyak dilakukan, namun sebagian besar studi terdahulu masih berfokus pada evaluasi internal performa menara pendingin. Sebagai contoh, penelitian oleh Wahyu dkk. (2023) di PT. Petrokimia Gresik menegaskan pentingnya neraca massa dan penambahan make-up water untuk menjaga efisiensi kerja sebesar 65%. Sejalan dengan hal tersebut, Walangitan dkk. (2021) dan Ahluriza & Sinaga (2021) menyoroti bahwa efektivitas cooling tower sangat rentan terhadap fluktuasi kondisi lingkungan dan kelembapan udara. Bahkan penelitian terbaru oleh Panjaitan & Putra (2025) membuktikan bahwa perubahan cuaca secara signifikan mengubah nilai range dan approach yang menjadi indikator utama kinerja pendinginan.

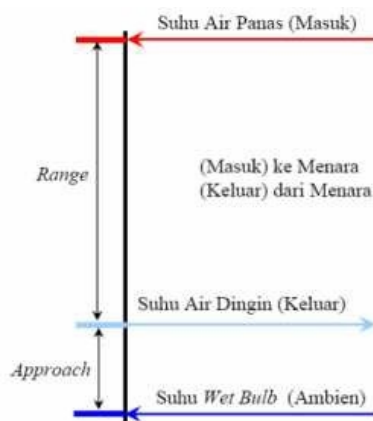
Meskipun penelitian-penelitian di atas telah membedah faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi Cooling Tower, masih terdapat celah penelitian mengenai dampak modifikasi fisik pada unit penampungan terhadap performa mesin produksi di hilir. Di sinilah letak kebaruan dan relevansi penelitian ini. Dengan mengambil studi kasus di PT. XYZ, penelitian ini bertujuan mengisi celah tersebut melalui analisis peningkatan volume water basin tank. Peningkatan volume ini diproyeksikan berfungsi sebagai penyangga termal (thermal buffer) untuk mengatasi ketidakstabilan suhu akibat faktor lingkungan yang diidentifikasi oleh peneliti

sebelumnya. Dengan suhu air pendingin yang lebih stabil dan rendah, diharapkan efisiensi kinerja Main Gas Blower dapat meningkat secara signifikan, baik dari sisi mekanis maupun konsumsi energi, sehingga memberikan kontribusi nyata bagi produktivitas industri kimia dan smelter secara keseluruhan..

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Cooling Tower

Cooling tower didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang berfungsi mendinginkan air melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Cooling tower yang bekerja pada sistem pendinginan udara biasanya menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air melintasi menara. Performa cooling tower biasanya dinyatakan dalam range dan approach seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Sumber : ASHRAE Handbook

Gambar 2.1. Range dan Approach Temperatur pada Cooling Tower

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 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 (wet bulb) dari udara atmosfer.

Temperatur udara umumnya diukur dengan menggunakan termometer biasa yang sering dikenal sebagai temperatur bola kering (dry bulb temperature), sedangkan temperatur bola basah (wet bulb temperature) adalah temperatur yang bolanya diberi kasa basah, sehingga jika air menguap dari kasa dan bacaan suhu pada termometer menjadi lebih rendah daripada temperatur bola kering.

Penguapan akan berlangsung lambat pada kelembaban tinggi dan temperatur bola basah (T_{wb}) identik dengan temperatur bola kering (T_{db}). Namun pada kelembaban rendah sebagian air akan menguap, jadi temperatur bola basah akan semakin jauh perbedaannya dengan temperatur bola kering.

Prinsip kerja cooling tower didasarkan pada mekanisme perpindahan kalor dari air yang panas ke udara. Proses ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara air dan udara, serta perbedaan tekanan parsial uap air (kelembaban) di sekitarnya. Sebagian kecil air yang masuk akan menguap, dan dalam proses penguapan ini, air tersebut mengambil panas laten dari sisa air yang tersisa, sehingga menghasilkan efek pendinginan yang signifikan.

Kinerja cooling tower diukur menggunakan dua parameter utama. Pertama adalah Range (R), yang didefinisikan sebagai perbedaan antara suhu air masuk (hot water) dan suhu air keluar (cold water). Secara matematis, $R = T_{\text{air masuk}} - T_{\text{air keluar}}$. Range yang tinggi mengindikasikan bahwa cooling tower bekerja efektif. Kedua adalah Approach (A), yang merupakan perbedaan antara suhu air keluar (cold water) dan suhu wet bulb (T_{wetbulb}) udara sekitar, dirumuskan sebagai $A = T_{\text{air keluar}} - T_{\text{wetbulb}}$. Semakin rendah nilai Approach (mendekati nol), maka semakin tinggi dan baik efisiensi pendinginan yang dicapai oleh alat tersebut.

Efisiensi CT (η CT) bisa di peroleh dengan persamaan berikut :

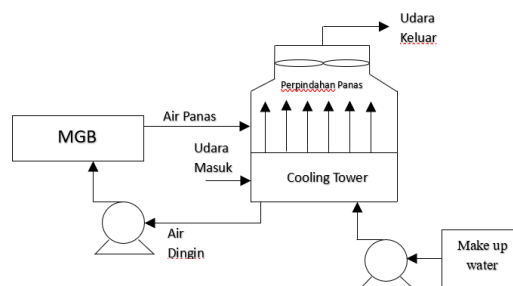
$$\eta \text{ CT} = (T_{\text{air masuk}} - T_{\text{air keluar}}) / (T_{\text{air masuk}} - T_{\text{wetbulb}}) \times 100\% \quad (2.1)$$

2.2.2. Fungsi Cooling Tower

Semua peralatan pendingin yang bekerja akan melepaskan kalor melalui kondensor, refrijeran akan melepas kalornya kepada air pendingin sehingga air menjadi panas. Air panas ini akan dipompakan ke cooling tower. Cooling tower secara garis besar berfungsi untuk menyerap kalor dari air tersebut dan menyediakan sejumlah air yang relatif sejuk (dingin) untuk dipergunakan kembali di suatu instalasi pendingin atau dengan kata lain cooling tower berfungsi untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. Cooling tower mampu menurunkan suhu air lebih rendah dibandingkan dengan peralatan - peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, dan oleh karena itu biayanya lebih efektif dan efisien energinya.

2.2.3 Prinsip Kerja Cooling Tower

Prinsip kerja cooling tower berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Perpindahan kalor pada cooling tower berlangsung dari air ke udara. Cooling tower menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer, sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan. Tugas utama menara pendingin adalah membuang panas ke atmosfer. Menara pendingin merupakan cara yang relatif murah dan andal untuk menghilangkan panas tingkat rendah dari air pendingin. Sumber air tambahan digunakan untuk mengganti air yang hilang karena penguapan. Air panas dari penukar panas dikirim ke menara pendingin. Air keluar dari menara pendingin dan dikirim kembali ke penukar panas atau ke unit lain untuk pendinginan lebih lanjut. (CO_GEN, 2007). Sistem menara pendingin loop tertutup yang umum ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1. Skema Cooling Tower

2.2.4. Parameter Kerja Kipas Pendingin

Parameter terukur akan digunakan untuk mengukur performa menara pendingin dengan beberapa cara yaitu:

a. Range

Range merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. Range yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = \text{temperatur air masuk } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C})$$

Atau bisa disebutkan sebagai :

$$\text{Trange} = T_{\text{in}} - T_{\text{out}} \quad (2.2)$$

Dimana : Trange = Temperatur Range ($^{\circ}\text{C}$)

T_{in} = Temperatur air masuk ($^{\circ}\text{C}$)

T_{out} = Temperatur air keluar ($^{\circ}\text{C}$)

Range bukan ditentukan oleh menara pendingin, namun oleh proses yang dilayaninya. Range pada suatu alat penukar kalor ditentukan seluruhnya oleh beban panas dan laju sirkulasi air yang melalui penukar panas dan menuju ke air pendingin. Menara pendingin biasanya dikhususkan untuk mendinginkan laju aliran tertentu dari satu suhu ke suhu lainnya pada suhu wet bulb tertentu.

b. Approach

Approach adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar menara pendingin dan suhu 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.

Approach ($^{\circ}\text{C}$) = temperatur air keluar ($^{\circ}\text{C}$) – temperatur wet bulb ($^{\circ}\text{C}$) Atau bisa disebutkan sebagai :

$$T_{\text{approach}} = T_{\text{out}} - T_{\text{wb}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Sebagaimana aturan yang umum, semakin dekat approach terhadap wet bulb, akan semakin mahal menara pendinginnya karena meningkatnya ukuran. Ketika ukuran menara harus dipilih, maka approach menjadi sangat penting, yang kemudian diikuti oleh debit air dan udara, sehingga range dan wet bulb mungkin akan menjadi semakin tidak signifikan.

c. Efektivitas pendinginan

Efektivitas pendinginan merupakan perbandingan antara range dan range ideal. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektivitas pendinginan suatu menara pendingin.

$$\text{Efektivitas pendinginan} = 100\% \times ((T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) / (T_{\text{in}} - T_{\text{wb}})) \quad (2.3)$$

Dimana : T_{in} = Temperatur air masuk

T_{out} = Temperatur air keluar

T_{wb} = Temperatur wet bulb (26°C)

d. Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan ialah panas yang dibuang dalam kekal/jam sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik, dan perbedaan suhu. Seperti yang diketahui, konstanta penguapan adalah 0.00085(85/10000). Rumus yang digunakan ialah :

$$K_p = 0.00085 \times \text{laju sirkulasi (m}^3/\text{jam)} \cdot (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (2.4)$$

Dimana : K_p = Kapasitas Pendinginan ($\text{m}^3\text{C}/\text{jam}$)

e. Kehilangan Penguapan

Kehilangan penguapan adalah dimana jumlah air yang diuapkan untuk proses pendinginan. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai 1.8 m^3 untuk setiap 10.000.000 kKal yang dibuang. Rumus yang digunakan untuk menghitung Kehilangan akibat penguapan ialah:

$$K_{\text{penguapan}} = 0.00085 \times 1.8 \times \text{laju sirkulasi (m}^3/\text{jam)} \cdot (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) \quad (2.5)$$

Dimana : $K_{\text{penguapan}}$ = Kapasitas Penguapan (m^3/jam)

2.2.5. Main Gas Blower (MGB)

Main Gas Blower (Blower Gas Utama) adalah komponen vital yang berfungsi sebagai jantung mekanis dalam keseluruhan skema produksi asam sulfat melalui Proses Kontak. Perannya dimulai dari tahap awal, yaitu dengan menghirup udara atmosfer yang kemudian disalurkan ke Drying Tower untuk menghilangkan kelembapan—langkah krusial untuk mencegah korosi dan pembentukan kabut asam di tahap akhir proses. Udara kering bertekanan yang dihasilkan oleh blower ini lantas dialirkan ke Sulfur Burner (Furnace), di mana oksigen (O_2) dari udara tersebut bereaksi dengan belerang cair (S) untuk menghasilkan gas Sulfur Dioksida (SO_2), yang merupakan bahan baku utama. Selanjutnya, fungsi blower tidak berhenti pada suplai reaktan; ia terus menciptakan dorongan tekanan yang diperlukan untuk menggerakkan seluruh volume gas panas (SO_2 , O_2 sisa) melewati berbagai unit proses, termasuk Waste Heat Boiler dan terutama, Converter yang di dalamnya terjadi konversi katalitik SO_2 menjadi SO_3 . Dengan menjaga aliran gas yang stabil dan terkontrol hingga tahap penyerapan di Absorbing Tower, Main Gas Blower memastikan efisiensi reaksi, kelancaran proses, dan produksi asam sulfat (H_2SO_4) yang berkelanjutan.

Efisiensi kinerja Main Gas Blower (MGB) sangat erat kaitannya dengan dua aspek krusial. Pertama, efisiensi terkait dengan Konsumsi Daya (Power Consumption). Apabila suhu operasi bearing (bantalan) terlalu tinggi, hal ini dapat meningkatkan gesekan internal secara signifikan, yang pada akhirnya akan menaikkan konsumsi daya motor penggerak MGB.

Kedua, efisiensi berdampak langsung pada Keandalan (Reliability) sistem. Dengan menjaga suhu bearing tetap stabil dan rendah, umur operasional blower akan meningkat secara substansial, sehingga mengurangi downtime dan menjamin keandalan proses produksi yang berkelanjutan, efisiensi main gas blower sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi MGB } (\eta) = (P_{\text{out}}) / (P_{\text{in}}) \times 100\% \quad (2.6)$$

$$\text{Daya Input } (P_{\text{in}}) = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta \quad (2.7)$$

$$\text{Daya Output } (P_{\text{out}}) = (T \times n) / 9550 \quad (2.8)$$

3. Metode

Jenis penelitian yang digunakan adalah pendekatan studi kuantitatif komparatif, menganalisis perbedaan efisiensi MGB pada kondisi sebelum dan sesudah peningkatan volume basin. Pengujian dilakukan langsung pada kondisi operasional pabrik sesungguhnya di Acid Plant PT. XYZ.

Penelitian dan pengambilan data bertempat di Acid Plant PT. XYZ di mana terdapat unit Cooling Tower (CT) dan Main Gas Blower (MGB) yang beroperasi dan saling terhubung dalam satu sistem pendinginan yang dilaksanakan pada tanggal 26 Januari 2026 sampai dengan 28 Februari 2026.

Bahan penelitian merupakan media utama yang menjadi objek pengamatan selama siklus operasional berlangsung yaitu Air Pendingin (Circulating Cooling Water), Gas Proses (Process Gas) dan Data Historis Operasional

Peralatan yang digunakan mencakup unit mesin yang diteliti dan alat ukur yang terpasang di lapangan (instrumen industri) yaitu Unit Cooling Tower, Unit Main Gas Blower, Sensor Suhu (Thermocouple/RTD), Flow Meter (Laju Alir) Level Sensor, Power Meter / Amperemeter

Perangkat lunak dan metode yang digunakan untuk mengolah data lapangan menjadi hasil analisis yaitu Distributed Control System (DCS), Microsoft dan Uji Statistik (Excel)

Pengumpulan data meliputi data primer dan data sekunder seperti berikut ini :

Data Primer yang diambil langsung dari sistem operasional Cooling Tower & Main Gas Bower.

Data Sekunder pendukung yang diperlukan untuk analisis dan perhitungan yaitu Data Spesifikasi desain Cooling Tower, MGB dan data historis kinerja MGB dan CT pada kondisi operasi normal (baseline).

Teknik Analisis data yaitu langkah pertama adalah mengevaluasi stabilitas suhu air pendingin akibat peningkatan volume water basin tank dengan parameter berikut:

Range ($T_{\text{in}} - T_{\text{out}}$): Menghitung selisih suhu air panas yang masuk dengan air dingin yang keluar dari menara pendingin.

Approach ($T_{\text{out}} - T_{\text{wb}}$): Menghitung selisih suhu air dingin keluar dengan suhu bola basah (wet-bulb) lingkungan untuk melihat sejauh mana performa menara mendekati batas teoritisnya.

Efektivitas Cooling Tower (η_{CT}) bisa di peroleh dengan persamaan berikut:

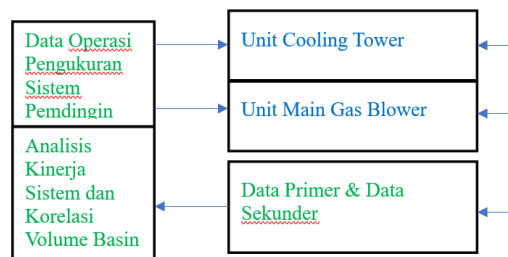
$$\eta_{\text{CT}} = (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) / (T_{\text{in}} - T_{\text{wb}}) \times 100\% \quad (3.1)$$

Analisis ini dilakukan untuk membuktikan apakah peningkatan volume basin berhasil menstabilkan suhu air keluar (T_{out}) meskipun terjadi fluktuasi pada beban panas atau suhu lingkungan. Setelah mendapatkan data suhu air pendingin, langkah selanjutnya adalah menghitung pengaruhnya terhadap kinerja main gas blower:

Konsumsi Daya Spesifik (SFC): Menghitung rasio konsumsi energi listrik terhadap laju alir gas yang dihasilkan untuk melihat penghematan energi.

$$\eta_{\text{MGB}} = (P_{\text{out}} (\text{kW})) / (P_{\text{in}} (\text{kW})) \times 100\% \quad (3.2)$$

Gambar 3.1 menunjukkan tahapan skema analisi yang bertujuan untuk melihat hubungan antara penambahan kapasitas penyimpanan air (thermal storage) dengan kestabilan operasional blower:



Gambar 3.1 Diagram Langkah Evaluasi.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisa Pengaruh Volume Water Basin terhadap efektifitas kinerja Cooling Tower

Analisis kinerja cooling tower dilakukan dengan membandingkan kapasitas volume water basin standar (bawaan) sebesar 3,7 m³ dan water basin hasil penambahan volume atau modifikasi sebesar 17,3 m³, berdasarkan parameter range, approach, efektifitas pendinginan, kapasitas pendinginan, serta laju penguapan air

4.1.1 Jarak Batas (Range)

Range merupakan perbedaan atau jarak antara temperatur air masuk dan keluar menara pendingin. Range yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif dan kinerjanya baik ($>5^{\circ}\text{C}$). Rumus dan

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = \text{temperatur air masuk } (^{\circ}\text{C}) - \text{temperatur air keluar } (^{\circ}\text{C})$$

$$Trange = Tin - Tout$$

$$Trange = 42,65 - 37,5 = 5,15^{\circ}\text{C}$$

$$Trange = 5,15^{\circ}\text{C}$$

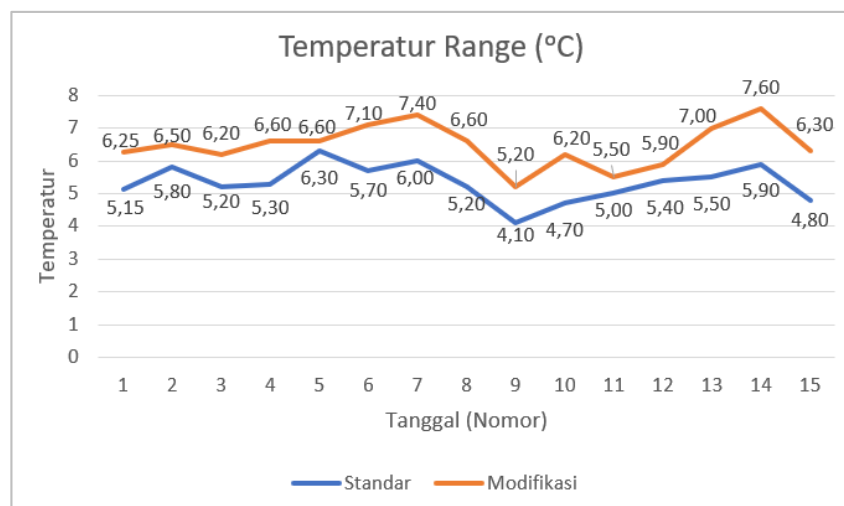
Berdasarkan hasil perhitungan dari range tersebut maka dapat kita simpulkan:

dengan tabel 4.1 perhitungan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Dengan Jarak Batas

No.	Tanggal	Range ($^{\circ}\text{C}$) (Standar)	Range ($^{\circ}\text{C}$) (Modifikasi)
1	19 Januari 2026	5.15	6,25

2	20 Januari 2026	5.80	6,50
3	21 Januari 2026	5.20	6,20
4	22 Januari 2026	5.30	6,60
5	23 Januari 2026	6.30	6,60
6	24 Januari 2026	5.70	7,10
7	26 Januari 2026	6.00	7,40
8	27 Januari 2026	5.20	6,60
9	28 Januari 2026	4.10	5,20
10	29 Januari 2026	4.70	6,20
11	30 Januari 2026	5.00	5,50
12	31 Januari 2026	5.40	5,90
13	02 Februari 2026	5.50	7,00
14	03 Februari 2026	5.90	7,60
15	04 Februari 2026	4.80	6,30
	Rata – rata	5,3	6,46



Gambar 4.1 Karakteristik Grafik Temperatur Range

Berdasarkan hasil grafik di atas bisa kita simpulkan bahwa range temperatur air dari cooling tower dari water basin standar bawaan pabrikan dan water basin tambahan atau modifikasi memiliki berbagai macam variasi. Range yaitu tipe standar dari nomor 1 sampai dengan 15, dimana range tertinggi terdapat di tanggal 23 Januari 2026 atau nomor 5 yaitu sebesar $6,3^{\circ}\text{C}$ dan range terendah terdapat pada tanggal 28 Januari 2026 atau nomor 9 dengan range temperatur sebesar $4,1^{\circ}\text{C}$ dan memiliki rata-rata temperatur sebesar $5,3^{\circ}\text{C}$. Sedangkan range yaitu tipe modifikasi dari nomor 1 sampai dengan 15, dimana range tertinggi terdapat di tanggal 03 Februari 2026 atau nomor 14 yaitu sebesar $7,6^{\circ}\text{C}$ dan range terendah terdapat pada tanggal 28 Januari 2026 atau nomor 9 dengan range temperatur sebesar $5,2^{\circ}\text{C}$ dan memiliki rata-rata temperatur sebesar $6,5^{\circ}\text{C}$. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari cooling tower masih tergolong bagus mengingat rata-rata range yang dihasilkan tipe standar sebesar $5,3^{\circ}\text{C}$ dan tipe modifikasi $6,46^{\circ}\text{C}$. Jika range temperatur yang dihasilkan oleh cooling tower rendah atau $< 5^{\circ}\text{C}$ maka cooling tower tersebut tidaklah efektif penggunaannya dalam industri.

4.1.2 Perbedaan Suhu (Approach)

Approach adalah perbedaan suhu air dingin keluar dari cooling tower dan juga suhu wet bulb ambient. Saat kondisi approach rendah maka semakin baik pula performa dari Cooling Tower. Jika approachnya tinggi maka kinerja dari Cooling Tower bisa dibilang buruk.

Perhitungan dari approach sendiri bisa kita gunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = T_{out} - T_{wb}$$

Dimana : T_{out} = Temperatur air keluar ($^{\circ}\text{C}$)

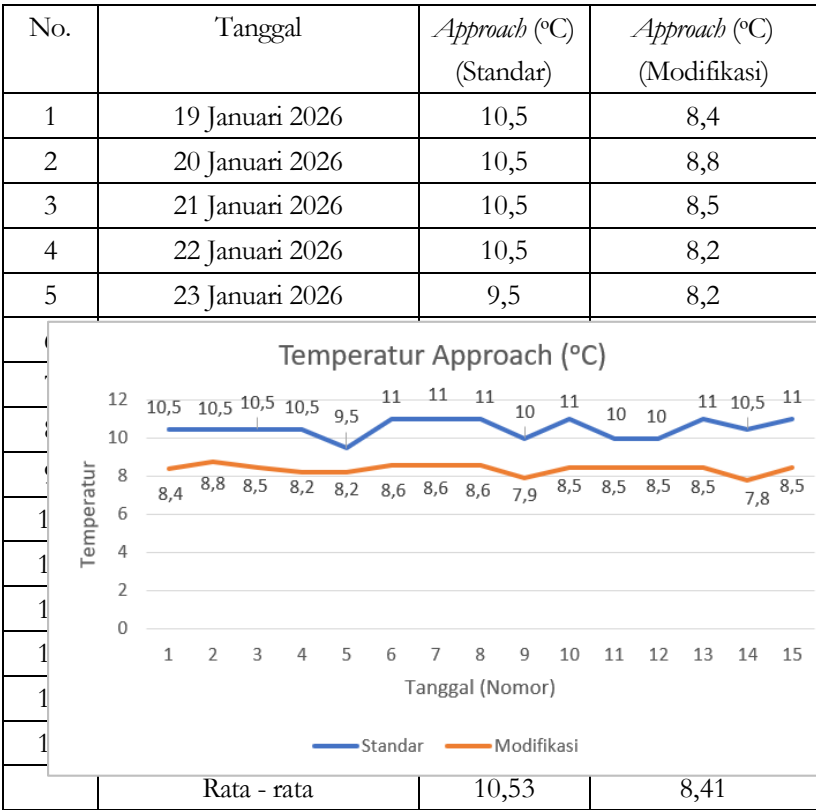
T_{wb} = Temperatur wet bulb 27 ($^{\circ}\text{C}$)

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = T_{out} - T_{wb}$$

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = 37,5 - 27 = 10,5(^{\circ}\text{C})$$

Berdasarkan hasil perhitungan approach yang kita gunakan diatas, maka kita dapat membuat tabel 4.2 seperti berikut:

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Dengan Perbedaan Suhu



Gambar 4.2

Karakteristik Grafik Temperatur Approach

Melalui hasil perhitungan metode approach terhadap temperatur air dapat disimpulkan bahwa temperatur approach dari water basin standar pada tanggal 23 januari 2026 atau nomor 5 memiliki approach terendah yaitu sebesar 9,5 ($^{\circ}\text{C}$) dibandingkan pada tanggal yang lain seperti pada tanggal 27 januari 2026 sebesar 11 ($^{\circ}\text{C}$) atau nomor 8. Sedangkan temperatur approach dari water basin modifikasi pada tanggal 03 februari 2026 atau nomor 14 memiliki approach terendah yaitu sebesar 7,8 ($^{\circ}\text{C}$) dibandingkan pada tanggal yang lain seperti pada tanggal 20 januari 2026 sebesar 8,8 ($^{\circ}\text{C}$) atau nomor 2. Berdasarkan perhitungan hasil tabel 4.2 maka didapatkan hasil rata – rata temperatur approach pada water basin standar yaitu sebesar 10,53 $^{\circ}\text{C}$ dan tempratur approach pada water basin modifikasi sebesar 8,41 $^{\circ}\text{C}$. Kedua nilai rata – rata temperatur approach tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata approach sudah memenuhi dari batas standar OEE (Overall Equipment Effectiveness) yaitu sebesar 7.8 $^{\circ}\text{C}$.

4.1.3 Efektivitas

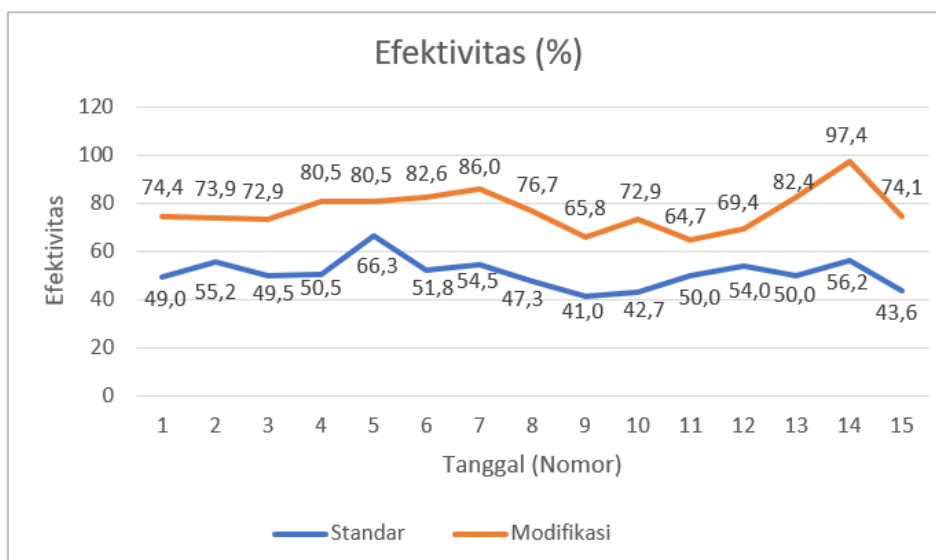
Efektivitas dari kinjera cooling fan diperlukan untuk melakukan persentase antara range dan approach ialah perbandingan temperatur air masuk dan wet bulb ambient, atau dengan rumus :

$$\text{Efektivitas (\%)} = (T_{\text{in}} - T_{\text{out}}) / (T_{\text{out}} - T_{\text{wb}}) \times 100\% = (40,65 - 34,5) / (34,5 - 26) \times 100\% = 73\%$$

Jadi hasil yang diperoleh dari perhitungan efektivitas adalah 73% maka bisa kita buat tabel efektivitas berikut ini :

No.	Tanggal	Efektifitas (%) (Standar)	Efektifitas (%) (Mod- ifikasi)
1	19 Januari 2026	49,0	74,4
2	20 Januari 2026	55,2	73,9
3	21 Januari 2026	49,5	72,9
4	22 Januari 2026	50,5	80,5
5	23 Januari 2026	66,3	80,5
6	24 Januari 2026	51,8	82,6
7	26 Januari 2026	54,5	86,0
8	27 Januari 2026	47,3	76,7
9	28 Januari 2026	41,0	65,8
10	29 Januari 2026	42,7	72,9
11	30 Januari 2026	50,0	64,7
12	31 Januari 2026	54,0	69,4
13	02 Februari 2026	50,0	82,4
14	03 Februari 2026	56,2	97,4
15	04 Februari 2026	43,6	74,1
	Rata - rata	50,79	76,95

Tabel 4.3 Hasil Efektivitas



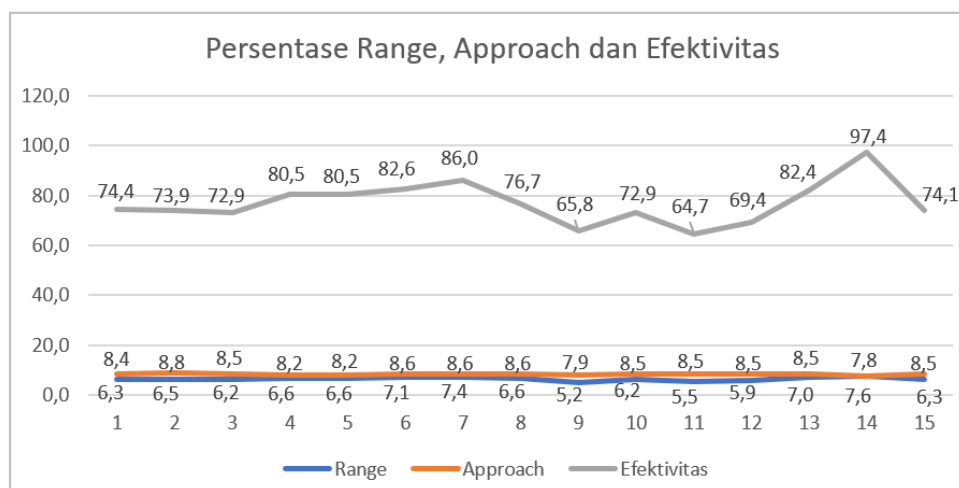
Gambar 4.3

Karakteristik Grafik Efektivitas

Dari hasil perhitungan performa cooling tower dengan metode efektivitas didapatkan hasil efektivitas tertinggi dengan water basin tipe standar pada tanggal 23 januari 2026 atau nomor 5 yaitu sebesar 66,3% dan terendah pada tanggal 28 januari 2026 atau nomor 9 yaitu sebesar 41%, dengan rata-rata tingkat efektivitas sebesar 50,79%. Sedangkan efektivitas tertinggi dengan water basin tipe modifikasi pada tanggal 03 february 2026 atau nomor 14 yaitu sebesar 97,4% dan terendah pada tanggal 30 januari 2026 atau nomor 11 yaitu sebesar 64,7%, dengan rata-rata tingkat efektivitas sebesar 76,95%. Makin tinggi tingkat efisiensi maka semakin baik pula performa dari cooling tower. Dengan standar aktivitas Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam performance sebesar lebih dari 95%.

Dari hasil perhitungan tabel 4.3 bisa disimpulkan bahwa tipe water basin modifikasi atau penambaham volume sangat optimal digunakan dengan range, approach, dan efektivitas. Sebagai berikut ini :

Tabel 4.4 Rata – Rata Jarak Batas, Perbedaan Suhu, dan Efektivitas



Grafik 4.4 Karakteristik Persentase Range, Approach, dan Efektivitas

Dari grafik diatas dapat kita simpulkan bahwa nilai efektivitas tertinggi terjadi pada nomor 14 atau pada tanggal 03 februari 2026 yaitu menunjukkan efektivitas sebesar 97,4%, dan efektivitas terkecil terjadi pada nomor 11 atau pada tanggal 30 januari 2026 dimana menunjukkan angka efektivitas sebesar 64,7%. Hal ini menunjukkan pada nomor 11 penggunaan dari cooling tower tidak terlalu efektif dikarenakan pada hari itu terjadi

No.	T_{in} (°C)	T_{out} (°C)	Range (°C)	Approach (°C)	Efektivitas (%)
1	41,65	35,4	6,3	8,4	74,4
2	42,3	35,8	6,5	8,8	73,9
3	41,7	35,5	6,2	8,5	72,9
4	41,8	35,2	6,6	8,2	80,5
5	41,8	35,2	6,6	8,2	80,5
6	42,7	35,6	7,1	8,6	82,6
7	43	35,6	7,4	8,6	86,0
8	42,2	35,6	6,6	8,6	76,7
9	40,1	34,9	5,2	7,9	65,8
10	41,7	35,5	6,2	8,5	72,9
11	41	35,5	5,5	8,5	64,7
12	41,4	35,5	5,9	8,5	69,4
13	42,5	35,5	7,0	8,5	82,4
14	42,4	34,8	7,6	7,8	97,4
15	41,8	35,5	6,3	8,5	74,1
Jumlah	628,1	531,1	97,0	126,1	1154,3
Rata-rata	41,9	35,4	6,5	8,4	76,95

gangguan.

4.1.4 Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan ialah panas yang dibuang dalam kkal/jam, sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik, dan perbedaan suhu. Makin tinggi tingkat kapasitas pendinginan maka semakin bagus pula performa dari cooling tower yang digunakan. Diketahui konstanta penguapan adalah 0.00085 (85/10000), di sini menggunakan laju sirkulasi (flowrate) dari cooling water for generator pada tabel 3.3 rumus yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned}
 K_{pendinginan} \text{ (m}^3/\text{jam)} &= 0.00085 \times \text{Laju sirkulasi (m}^3/\text{jam)} \cdot (T_{in} - T_{out}) \\
 &= 0,00085 \times 195 \text{ (m}^3/\text{jam)} \cdot (41,65 - 35,4) \\
 &= 1,04 \text{ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan dari kapasitas pendinginan diatas maka akan dibuat table 4.5 sebagai berikut ini :

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Kapasitas Pendinginan

No.	T_{in}	T_{out}	Kapasitas Pendinginan (m ³
-----	----------	-----------	---------------------------------------

	(°C)	(°C)	°C/jam)
1	41,65	35,4	1,04
2	42,3	35,8	1,08
3	41,7	35,5	1,03
4	41,8	35,2	1,09
5	41,8	35,2	1,09
6	42,7	35,6	1,18
7	43	35,6	1,23
8	42,2	35,6	1,09
9	40,1	34,9	0,86
10	41,7	35,5	1,03
11	41	35,5	0,91
12	41,4	35,5	0,98
13	42,5	35,5	1,16
14	42,4	34,8	1,26
15	41,8	35,5	1,04
Jumlah	628,1	531,1	16,1
Rata-rata	41,9	35,4	1,1

Dimana Tr = Suhu Rata – Rata, dari hasil tabel 4.5 perhitungan kapasitas pendinginan dari cooling fan dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitas pendingin terendah terdapat pada nomor 9 atau pada tanggal 28 januari 2026 yaitu sebesar

0.86 ($m^3°C$ /jam). Dan hasil kapasitas pendingin tertinggi pada tanggal 03 februari

2026 atau pada nomor 14 dengan kapasitas pendingin sebesar 1,26 ($m^3°C$ /jam). Dengan hasil rata-rata kapasitas pendingin 1,1 ($m^3°C$ /jam). Jika kapasitas pendingin yang dihasilkan kecil, maka semakin buruk pula kinerja dari cooling fan.

4.1.5 Kehilangan Penguapan

Kehilangan penguapan ialah dimana jumlah air yang diuapkan untuk proses pendinginan. Semakin besar air yang di uapkan maka air yang tersimpan akan cepat habis dan harus diambil kembali dari sumbernya. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai 1.8 m^3 untuk setiap 10.000.000 kKal yang dibuang. Rumus yang digunakan adalah :

$$K_{penguapan} (m^3/ jam) = 0.00085 \times 1,8 \times \text{laju sirkulasi} (m^3/jam) \cdot (T_{in} - T_{out})$$

$$= 0,00085 \times 1,8 \times 195 (m^3/jam) \cdot (41,65 - 35,4)$$

$$= 1,86 m^3 /jam$$

Dari hasil perhitungan kapasitas penguapan maka dapat dibuat tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Kapasitas Penguapan

No.	T_{in} ($^{\circ}C$)	T_{out} ($^{\circ}C$)	Kapasitas Penguapan (m^3/jam)
1	41,65	35,4	1,86
2	42,3	35,8	1,94
3	41,7	35,5	1,85
4	41,8	35,2	1,97
5	41,8	35,2	1,97
6	42,7	35,6	2,12
7	43	35,6	2,21
8	42,2	35,6	1,97
9	40,1	34,9	1,55
10	41,7	35,5	1,85
11	41	35,5	1,64
12	41,4	35,5	1,76
13	42,5	35,5	2,09
14	42,4	34,8	2,27
15	41,8	35,5	1,88
Jumlah	628,1	531,1	28,9
Rata-rata	41,9	35,4	1,9

Hasil dari perhitungan tabel di atas tabel 4.6 maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas penguapan terbesar terjadi pada nomor 14 atau pada tanggal 03 februari 2026 yaitu sebesar 2,27 (m^3/jam) dan terendah pada nomor 9 atau pada tanggal

28 januari

2020 yaitu dengan kapasitas sebesar 1.55 (m^3/jam). Kapasitas penguapan rata-rata yang dihasilkan pada tanggal 19 januari 2026 sampai dengan 04 februari 2026 atau nomor 15 adalah 1.43 m^3/jam . Penguapan pada nomor 14 atau tanggal 03 februari 2026 memiliki penguapan terbesar, dan mengakibatkan kehilangan air yang cukup banyak.

4.2 Analisa Kinerja Main Gas Blower

Analisa perhitungan efisiensi main gas blower didasarkan pada perbandingan persentase antara daya mekanik yang dihasilkan motor (daya output) dengan daya listrik yang diserap oleh sistem (daya input) di Acid Area PT. XYZ. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi MGB } (\eta) = (P_{out}) / (P_{in}) \times 100\%$$

4.2.1 Daya input (Listrik)

Pada sistem motor 3 fasa pada main gas blower, maka daya input diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$\text{Daya Input } (P_{in}) = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta$$

$$P_{in} = 1,73 \times 6000 \times 506 \times 0,8$$

$$P_{in} = 4.206,8 \text{ kW}$$

4.2.2 Daya output (Mekanis)

Daya mekanis pada motor main gas blower dihitung menggunakan kecepatan putar dan torsi yang dihasilkan, diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{out} = (T \times n) / 9550$$

$$P_{out} = (27.899,3 \times 898,6) / 9550$$

$$P_{out} = 2.625,05 \text{ kW}$$

Daya mekanis yang dihasilkan dari main Gas Blower PT. XYZ dengan water basin standar cooling tower ialah 2.625,05 kW dan daya input listriknya ialah 4.206,8 kW. Maka dari perhitungan tersebut di dapatkan hasil pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Efisiensi Main Gas Blower dengan Water Basin Cooling Tower tipe Standar.

No.	Tanggal	Volume Water Basin (m ³)	Cooling Tower Temp. (°C)	P_{in} (kW)	P_{out} (kW)	Efisiensi (%)
1	19 Januari 2026	3.7	37.5	4,206.8	2,625.05	62.4
2	20 Januari 2026	3.7	37.5	4,206.8	3,231.22	76.8
3	21 Januari 2026	3.7	37.5	4,206.8	2,750.27	65.4
4	22 Januari 2026	3.7	37.5	4,206.8	2,451.58	58.3
5	23 Januari 2026	3.7	36.5	4,206.8	3,838.30	91.2
6	24 Januari 2026	3.7	38.0	4,206.8	2,449.84	58.2
7	26 Januari 2026	3.7	38.0	4,206.8	2,515.25	59.8
8	27 Januari 2026	3.7	38.0	4,206.8	2,329.93	55.4
9	28 Januari 2026	3.7	37.0	4,206.8	2,334.55	55.5
10	29 Januari 2026	3.7	38.0	4,206.8	2,099.60	49.9
11	30 Januari 2026	3.7	37.0	4,206.8	3,389.78	80.6
12	31 Januari 2026	3.7	37.0	4,206.8	3,448.96	82.0
13	02 Februari 2026	3.7	38.0	4,206.8	2,312.81	55.0
14	03 Februari 2026	3.7	37.5	4,206.8	2,239.18	53.2
15	04 Februari 2026	3.7	38.0	4,206.8	2,128.60	50.6
Jumlah		55.5	563.0	63102.1	40144.9	954.3
Rata-rata		3.7	37.5	4206.8	2676.3	63.6

Hasil dari perhitungan tabel di atas tabel 4.7 maka dapat disimpulkan bahwa main gas blower dengan water basin cooling tower tipe standar memiliki efisiensi terbesar terjadi pada nomor 5 atau pada tanggal 23 januari 2026 yaitu sebesar 91,2% dan terendah pada nomor 10 atau pada tanggal 29 januari 2026 yaitu dengan efisiensi 49,9 %. Efisiensi rata-rata yang dihasilkan pada tanggal 19 januari 2026 sampai dengan 04 februari 2026a tau nomor 15 adalah 63,6%. Nilai rata-rata efisiensi ini masih jauh dari yang diharapkan yaitu minimal 80% motor listrik industri yang mengacu pada regulasi hemat energi global.

Tabel 4.8 Efisiensi Main Gas Blower dengan Water Basin Cooling Tower tipe Modifikasi

No.	Tanggal	Volume Water Basin (m ³)	Cooling Tower Temp. (°C)	P_{in} (kW)	P_{out} (kW)	Efisiensi (%)
1	19 Januari 2026	17.31	35.4	4,206.8	3,760.71	89.4
2	20 Januari 2026	17.31	35.8	4,206.8	3,728.88	88.6
3	21 Januari 2026	17.31	35.5	4,206.8	3,772.92	89.7
4	22 Januari 2026	17.31	35.2	4,206.8	3,691.69	87.8
5	23 Januari 2026	17.31	35.2	4,206.8	3,691.69	87.8
6	24 Januari 2026	17.31	35.6	4,206.8	3,618.57	86.0
7	26 Januari 2026	17.31	35.6	4,206.8	3,568.26	84.8
8	27 Januari 2026	17.31	35.6	4,206.8	3,704.83	88.1
9	28 Januari 2026	17.31	34.9	4,206.8	3,943.26	93.7
10	29 Januari 2026	17.31	35.5	4,206.8	3,772.92	89.7
11	30 Januari 2026	17.31	35.5	4,206.8	3,902.85	92.8
12	31 Januari 2026	17.31	35.5	4,206.8	3,827.80	91.0
13	02 Februari 2026	17.31	35.5	4,206.8	3,632.22	86.3
14	03 Februari 2026	17.31	34.8	4,206.8	3,506.87	83.4
15	04 Februari 2026	17.31	35.5	4,206.8	3,754.89	89.3
Jumlah		259.7	531.1	63102.1	55878.3	1328.3
Rata-rata		17.3	35.4	4206.8	3725.2	88.6

Berbeda dari hasil table 4.7 bahwa hasil dari perhitungan tabel tabel 4.8 diatas main gas blower dengan water basin cooling tower tipe modifikasi atau tabahan volume air memiliki efisiensi terbesar terjadi pada nomor 9 atau pada tanggal 28 januari 2026 yaitu sebesar 93,7% dan terendah pada nomor 14 atau pada tanggal 03 februari 2026 yaitu dengan efisiensi 83,4 %. Efisiensi rata-rata yang dihasilkan pada dari tanggal 19 januari 2026 sampai dengan 04 februari 2026 atau nomor 15 adalah 88,6%. Nilai rata-rata efisiensi dan yang terendah pun masih sangat sesuai yang diharapkan yaitu minimal 80% motor listrik idustri yang mengacu pada regulasi hemat energi global.

5. Perbandingan

Kontribusi dan kebaruan dari penelitian ini dapat diukur secara terukur melalui perbandingan performa operasional antara sistem Water Basin Tank (WBT) standar bawaan pabrian dengan WBT yang telah dimodifikasi. Pada kondisi standar pabrian, kinerja Cooling Tower (CT) LBC 250 menunjukkan keterbatasan termal yang cukup signifikan, dengan nilai rata-rata range sebesar 5,3°C, approach yang lebar yaitu 10,78°C, serta efektivitas sistem yang hanya mencapai 50,79%. Rendahnya performa pendinginan bawaan ini berdampak langsung pada penurunan kinerja komponen kritis Main Gas Blower (MGB) di Acid Plant, di mana temperatur air pendingin tertahan di angka 37,5°C. Akibatnya, MGB beroperasi dengan efisiensi yang rendah sebesar 63,6%, menghasilkan daya output hanya 2676,3 kW, dan memicu kerugian daya (power loss) yang sangat besar mencapai 1530,5 kW. Keterbatasan parameter operasional konvensional ini menjadi bukti nyata perlunya dilakukan intervensi modifikasi pada sistem penampungan air pendingin. Melalui penerapan inovasi peningkatan

volume air pada WBT modifikasi, terjadi lompatan performa yang masif yang sekaligus menjadi kontribusi utama (state-of-the-art) lokal dalam riset ini. Modifikasi berhasil memperluas range temperatur menjadi $6,5^{\circ}\text{C}$ dan mempersempit approach hingga $8,4^{\circ}\text{C}$, yang mengindikasikan kemampuan transfer panas yang jauh lebih mendekati suhu ideal lingkungan. Dampak paling krusial terlihat pada lonjakan efektivitas CT yang meningkat drastis sebesar 26,16% hingga menyentuh angka 76,95%, meskipun konsekuensinya terjadi sedikit peningkatan kehilangan penguapan (evaporation loss) dari $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$ menjadi $1,9 \text{ m}^3/\text{h}$ akibat penambahan volume fluida. Perbaikan performa termal pada CT ini secara instan memperbaiki karakteristik operasional MGB; temperatur pendingin berhasil ditekan turun menjadi $35,4^{\circ}\text{C}$. Penurunan suhu ini memicu peningkatan daya output MGB secara signifikan menjadi 3725,2 kW, mendorong efisiensi total hingga mencapai 88,6%, dan berhasil memangkas power loss secara ekstrem sebesar 68,5% hingga tersisa 481,6 kW saja. Validasi kuantitatif ini membuktikan bahwa batas ambang operasional yang optimal pada proses produksi Asam Sulfat PT. XYZ dapat dicapai secara efektif melalui rekayasa kapasitas WBT.

6. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada analisis cooling tower dan main gas blower di Acid Plant PT. XYZ menunjukkan beberapa parameter perhitungan performa dari kinerja cooling tower dengan membandingkan water basin standar bawaan parbrikan dan water basin modifikasi atau penambahan volume air ialah dengan range, approach, efektivitas, kapasitas pendinginan dan juga kapasitas penguapan air. Untuk tipe water basin standar bawaan pabrikan nilai rata-rata range $5,3^{\circ}\text{C}$, approach $10,78^{\circ}\text{C}$, efektifitas 50,79%, kapasitas pendingin $0,9 \text{ m}^3/\text{h}$ dan kehilangan penguapan $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Sedangkan water basin modifikasi nilai rata-rata range $6,5^{\circ}\text{C}$, approach $8,4^{\circ}\text{C}$, efektifitas 76,95%, kapasitas pendingin $1,1 \text{ m}^3/\text{h}$ dan kehilangan penguapan $1,9 \text{ m}^3/\text{h}$. Perbandingan kedua tipe water basin tersebut menunjukkan hasil yang jauh berbeda, dimana penggunaan water basin modifikasi dengan penambahan volume water basin menunjukkan nilai efektifitas dan efisiensi yang lebih bagus dari pada menggunakan tipe water basin bawaan pabrikan. Maka dari hasil yang diperoleh, cooling tower LBC 250 dengan water basin modifikasi menunjukkan performa baik untuk digunakan sebagai sistem pendingin Main Gas Blower di Acid Plant PT. XYZ.

2. Dapat disimpulkan bahwasanya temperatur air pendingin atau cooling tower temperature sangat berhubungan dengan daya output dan efisiensi dari main gas blower, seperti kita lihat pada tabel 4.7 menunjukkan nilai temperatur cooling $37,5^{\circ}\text{C}$, daya output 2676,3kW, efisiensi 63,6% dan power loss 1530,5 kW. Sedangkan kita bandingkan dengan table 4.8 menunjukkan nilai temperatur cooling $35,4^{\circ}\text{C}$, daya output 3725,2kW, efisiensi 88,6% dan power loss 481.6kW. Dari perbandingan tabel tersebut dihasilkan bahwa semakin rendah temperatur dari cooling tower semakin tinggi daya output, semakin tinggi pula efisiensi dan power loss yang rendah dari Main Gas Blower..

Kontribusi Penulis: Konseptualisasi: Robert Candra Taruna, Lisa Puspita Aryanto, dan Putri Sundari; Metodologi: Robert Candra Taruna; Perangkat Lunak: Robert Candra Taruna; Validasi: Robert Candra Taruna, Lisa Puspita Aryanto, dan Putri Sundari; Analisis formal: Robert Candra Taruna; Investigasi: Robert Candra Taruna; Sumber daya: Robert Candra Taruna; Kurasi data: Robert Candra Taruna; Penulisan—persiapan draf asli: Robert Candra Taruna; Penulisan—peninjauan dan penyuntingan: Lisa Puspita Aryanto dan Putri Sundari; Visualisasi: Robert Candra Taruna; Supervisi: Lisa Puspita Aryanto dan Putri Sundari; Administrasi proyek: Robert Candra Taruna; Akuisisi pendanaan: Robert Candra Taruna. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi manuskrip yang diterbitkan in

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang mendukung temuan penelitian ini bersifat rahasia secara komersial dan merupakan hak milik PT. XYZ. Karena adanya batasan privasi dan kebijakan keamanan industri, data mentah tidak tersedia secara publik. Namun, data operasional dan parameter kinerja yang dianalisis telah disajikan secara lengkap di dalam artikel ini. Permintaan akses informasi lebih lanjut untuk keperluan akademik dapat diajukan kepada penulis korespondensi dengan izin dari pihak perusahaan terkait

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Lisa Puspita Aryanto, S.Si., M.Si. dan Ibu Putri Sundari, ST., MT atas bimbingan, arahan, dan saran berharga yang diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ilmiah ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada PT. XYZ yang telah memfasilitasi dan menyediakan tempat selama berlangsungnya penelitian.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan terkait dengan publikasi artikel ini. Seluruh analisis data operasional dan evaluasi modifikasi Water Basin Tank dilakukan murni untuk kepentingan ilmiah dan peningkatan efisiensi termal pada Acid Plant PT. XYZ, tanpa adanya kepentingan pribadi atau komersial yang dapat memengaruhi interpretasi hasil penelitian secara tidak pantas. Pendana tidak memiliki peran dalam desain studi; dalam pengumpulan, analisis, atau interpretasi data; dalam penulisan naskah; atau dalam keputusan untuk menerbitkan hasil.

Referensi

- [1] F. M. Panjaitan and I. Z. Putra, "Analisis pengaruh temperatur ambient terhadap kinerja cooling tower unit 2 berdasarkan evaluasi range dan approach pada PLTGU PT Mitra Energi Batam," **Jurnal Integrasi**, vol. 17, no. 1, pp. 32–39, Apr. 2025, doi: 10.30871/ji.v17i1.9344.
- [2] A. A. M. Pratiwi and A. R. N. H. Podhey, "Optimasi pabrik asam sulfat dari sulfur dengan proses double contact double absorber (DCDA) menggunakan metode pinch kapasitas 700.000 ton/tahun," Undergraduate thesis, Dept. Ind. Chem. Eng., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2021. [Online]. Available: <http://its.ac.id>
- [3] E. Sihombing, Sutrisno, and S. Dibyo, "Evaluasi kemampuan sistem menara pendingin reaktor RSG-GAS," **Jurnal Pengembangan Energi Nuklir**, vol. 19, no. 2, pp. 89–94, Dec. 2017, doi: 10.17146/jpen.2017.19.2.4323.
- [4] R. D. Rahayu, E. A. Putri, Y. Maryanty, and V. Hidayat, "Analisis performa cooling tower T-1201A dan T-2211A/B pada unit utilitas Departemen Produksi 1A PT Petrokimia Gresik," **Distilat: Jurnal Teknologi Separasi**, vol. 11, no. 2, pp. 333–342, Jun. 2025, doi: 10.33795/distilat.v11i2.6898.
- [5] J. M. Walangitan, C. Bujung, and F. Tumimomor, "Analisis performa menara pendingin mechanical induced draught aliran counterflow pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Lahendong Unit 5," **Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya**, vol. 2, no. 2, pp. 100–104, Oct. 2021.
- [6] Damaputra, M. K., Rachmat, A., & Koswara, E. (2019). Proses Pendinginan Dan Perbandingan Efisiensi Cooling Tower Unit 3 Di PT. Indonesia Power Unit Pembangkit Dan Jasa Pembangkitan (UPJP) Kamojang Muhamad. 43–46.
- [7] Muhsin, A., & Pratama, Z. (2018). Analisis Efektivitas Mesin Cooling Tower Menggunakan Range and Approach. Opsi, 11(2), 119. <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i2.2552>
- [8] Handoyo, Y. (2015). Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma "45" Bekasi, 3(1), 38–52.
- [9] Y. Panjaitan and A. Putra, "Analisis Pengaruh Temperatur Ambient Terhadap Kinerja Cooling Tower Unit 2 Berdasarkan Evaluasi Range dan Approach pada PLTGU PT Mitra Energi Batam," *Jurnal Integrasi*, vol. 17, no. 1, pp. 55–62, Apr. 2025, doi: 10.30871/ji.v17i1.9344.
- [10] M. S. Al Amin and Emidiana, "Efisiensi Motor Induksi Jenis Shaded Pole Sebagai Penggerak Blower," *Jurnal Ampere*, vol. 5, no. 2, pp. 85–92, Des. 2020, doi: 10.31851/ampere.v5i2.5185
- [11] Leda, J., Atma, U., & Makassar, J. (2018). Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) (Issue October 2010). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17039.28321>.
- [12] Pratiwi, N. P., Nugroho, G., & Hamidah, N. L. (2014). Analisa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Tipe LBC W-300 terhadap Temperatur Lingkungan. Jurnal Teknik Pomits, 7(7), 1–6.
- [13] Aliansyah, E., Elektro, D. T., Pendidikan, P., Ekstension, S., Teknik, F., & Utara, U. S. (2008). Generator Sinkron Tiga Fasa Dengan Rotor Silinder. 1–52.
- [14] Fauzi, D. A., Rudyanto, B., Dieng, U., Fauzi, D. A., Rudyanto, B., Terbarukan, T. E., Teknik, J., & Jember, P. N. (2015). Analisa Performa Menara Pendingin Pada Pt . Geo Dipa. Jurnal Ilmiah Rotari.
- [15] Siregar and S. Lubis, "Analisa Pengaruh Sudut Sudu Impeller Pada Unjuk Kerja Blower Sentrifugal," *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 1, no. 1, pp. 11–18, Jun. 2020, doi: 10.53695/jm.v1i1.9.