

Teknik Kimia

PERHITUNGAN EFISIENSI PERPINDAHAN PANAS PADA UNIT COOLER DI PT. XY

Ratna Kristina Tarigan¹

¹ Teknik Kimia, Politeknik Teknologi Kimia Industri, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 15 Desember 2023
Revisi Akhir: 15 Desember 2023
Diterbitkan Online: 16 Desember 2023

KATA KUNCI

Cooler, Pupuk NPK formula, Efisiensi perpindahan panas

Keywords:

Cooler, NPK fertilizer formula, Heat transfer efficiency

KORESPONDENSI

E-mail: ratnakristinatarigan70@gmail.com

A B S T R A K

PT. XY - Medan merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi pupuk NPK. Salah satu produk pupuk NPK yang dihasilkan adalah produk pupuk NPK formula 12:12:17:2. Pada pupuk NPK 12:12:17:2 memiliki 12% unsur N (urea) 12% unsur P (P₂O₅), 17% unsur K (KCl), dan 2% Mg (MgO). Salah satu tahap dalam pembuatan pupuk NPK yaitu proses Cooler (pendinginan). Jenis Cooler yang digunakan adalah rotary cooler. Dimana Cooler memiliki kecepatan putaran 7 rpm dan kemiringan 2°. Pendingin yang digunakan adalah udara yang berasal dari udara luar Cooler yang dihisap kedalam ruang menggunakan exhaust fan. Efisiensi perpindahan panas sangatlah penting untuk diperhatikan karena panas yang tidak sesuai akan mempengaruhi produk produk pupuk NPK. Selain menjaga agar produk pupuk NPK yang diperoleh sesuai, perhitungan efisiensi juga diperlukan guna mengetahui apakah perpindahan panas pada alat berlangsung dengan efisien atau tidak. Sehingga dapat diketahui apakah suatu alat tersebut membutuhkan perbaikan (pengoptimalan) atau tidak. Lama pupuk NPK di dalam Cooler yaitu selama 10 menit Suhu dari pupuk NPK rata-rata yang masuk kedalam rotary Cooler ialah 66,8°C dengan laju alir sebesar 6000 kg jam dan suhu masuk udara rata-rata ialah 34°C dengan laju alir rata-rata udara sebesar 12.626,6132 kg/jam. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa jumlah panas rata-rata yang dilepaskan pupuk NPK formula 12:12:17:2 pada proses pendinginan adalah sebesar 28.478,9244kkal/jam dan panas yang diserap udara rata-rata sebesar 26.332,98 kkal/jam. Sehingga Efisiensi Perpindahan Panas rata-rata yang dari hasil perhitungan sebesar 82,09%. Standar kadar air pada pupuk NPK formula 12:12:17:2 maksimal 2% dan kadar air rata-rata pada saat selesai proses adalah 1,444%.

A B S T R A C T

PT. XY - Medan is a company engaged in the production of NPK fertilizer. One of the NPK fertilizer products produced is the NPK fertilizer product formula 12:12:17:2. NPK 12:12:17:2 fertilizer has 12% N elements (urea), 12% P elements (P₂O₅), 17% K elements (KCl), and 2% Mg (MgO). One of the stages in making NPK fertilizer is the Cooler process. The type of cooler used is a rotary cooler. Where the Cooler has a rotation speed of 7 rpm and an inclination of 2°. The cooling used is air that comes from outside the cooler which is sucked into the room using an exhaust fan. Heat transfer efficiency is very important to pay attention to because inappropriate heat will affect NPK fertilizer products. Apart from ensuring that the NPK fertilizer product obtained is appropriate, efficiency calculations are also needed to determine whether heat transfer in the equipment is efficient or not. So you can know whether a tool needs improvement (optimization) or not. The duration of the NPK fertilizer in the Cooler is 10 minutes. The average temperature of the NPK fertilizer entering the rotary Cooler is 66.8oC with a flow rate of 6000 kg jam and the average air inlet temperature is 34oC with an average air flow rate of 12,626.6132 kg/jam. From the calculation results it was found that the average amount of heat released by NPK formula 12:12:17:2 fertilizer during the cooling process was 28,478.9244kkal/jam and the average heat absorbed by the air was 26,332.98 kkal/jam. So the average Heat Transfer Efficiency from the calculation results is 82.09%. The standard water content in NPK fertilizer formula 12:12:17:2 is a maximum of 2% and the average water content at the end of the process is 1.444%.

PENDAHULUAN

Pupuk Nitrogen, Fosfor, Kalium (NPK) granul adalah pupuk majemuk yang berbentuk granul. Pupuk NPK Granul berukuran relatif kecil, yaitu berdiameter 2-5 mm. Pupuk NPK merupakan pupuk majemuk dengan kandungan unsur hara. Pupuk NPK merupakan salah satu jenis pupuk majemuk yang kandungan unsur utamanya terdiri dari tiga unsur hara sekaligus[1]. Pupuk ini merupakan unsur makro yang sangat mutlak dibutuhkan tanaman. Sesuai dengan namanya, unsur-unsur tersebut terdiri dari unsur N (nitrogen), P (fosfor) dan K (kalium). Unsur NPK ini adalah unsur penting yang membantu tanaman melangsungkan serangkaian proses pertumbuhan. Jika tanaman kekurangan salah satu unsur hara, maka dapat dipastikan pertumbuhan tanaman akan terhambat. Sebagai contoh, jika tanaman kekurangan unsur N, sementara kebutuhan unsur P dan K masih terpenuhi, maka tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik, warna hijau daun memudar hingga menguning (Dermiyanti, 2015). PT. XYZ merupakan salah satu pabrik yang memproduksi pupuk NPK granul. Salah satu produk yang dihasilkan yaitu pupuk ini adalah 12:12:17:2, dengan memasukkan seluruh bahan yaitu Urea, P₂O₅, KCl, MgO serta Clay sebagai Trace Element[2]. Dalam pembentukan pupuk dibutuhkan proses pendinginan yang dilakukan di unit Cooler dengan mengumpulkan udara sekitar sebagai media pendingin sehingga mencapai kondisi produk pada suhu antara 45°C sampai dengan 55°C. Cooler atau pendingin merupakan alat penukar kalor yang berfungsi sebagai pendingin atau dengan kata lain berfungsi untuk mendinginkan fluida panas pada proses. Prinsip kerja Cooler adalah menarik udara segar dari luar dengan menggunakan exhaust fan, sistem pertukaran alat pendingin adalah sistem perpindahan panas berlawanan arah. Jenis Cooler yang digunakan dalam proses ini merupakan Rotary Cooler dengan kecepatan udara yang disupply sebesar 2 m/s. Panas yang dilepas oleh bahan baku pupuk NPK tersebut akan terserap oleh udara yang disupply ke dalam alat Cooler[3]. Perbandingan panas yang dilepas antara produk pupuk NPK dengan panas yang diserap oleh udara inilah yang dimaksud dengan efisiensi perpindahan panas. Nilai efisiensi perpindahan panas dari alat Cooler dapat menurun dan mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas produk apabila suhu standar tidak tercapai dengan yang diharapkan setelah pendinginan produk, maka akan terjadi masalah pada tangka penyimpanan akibat suhu yang berlebihan (*over heating*) dan juga pada produk yang diinginkan. Dengan demikian, mengingat begitu pentingnya proses perpindahan panas pada alat pendingin (Cooler) bagi pabrik pupuk granul NPK maka penulis tertarik untuk membahasnya[4].

TINJAUAN PUSTAKA

1. Pupuk Sintesis

Seluruh pupuk sintesis merupakan pupuk buatan pabrik. Secara umum ada dua jenis pupuk sintesis yang tersedia dipasaran, yaitu:

- Pupuk Tunggal: Pupuk yang dibuat dari satu unsur secara dominan. Contohnya: urea yang mengandung N, TSP, atau SP 36 dengan P, dan KCL atau ZK dengan unsur K yang dominan.
- Pupuk Majemuk: Pupuk yang mengandung lebih dari satu jenis unsur. Contoh: pupuk DAP dan amofos yang terbuat dari N dan P. Pupuk majemuk juga bisa tersusun dari 3 unsur. Sebut juga Rustika Yellow dan Mutiara, kedua pupuk itu dilengkapi dengan kandungan N, P dan K. Produsen pupuk biasanya juga menambahkan unsur-unsur mikro seperti Fe, B, Mo, Mn dan Cu[5].

2. Pupuk NPK

Pupuk NPK ini adalah pupuk buatan yang berbentuk cair atau padat yang mengandung unsur hara utama nitrogen, fosfor, dan kalium. Pupuk NPK merupakan salah satu jenis produk majemuk yang paling umum digunakan. Pupuk majemuk yang satu ini tidak hanya mengandung dua unsur saja tapi tiga unsur sekaligus

yang tak lain dari gabungan pupuk tunggal N, P, K. Belakangan ini NPK ini amat digemari oleh petani. Dahulu sebelum PD II kadar pupuk campuran ini masih terbatas, yakni tak lebih dari 20 % dengan merk hampir 50 jenis[6].

3. Bahan Baku Pembuatan Pupuk NPK

Bahan baku dalam pembuatan pupuk NPK diantaranya berupa, Urea/ZA, KCl, Nutrient, Micronutrient dan clay diumpungkan ke hopper masing masing untuk kemudian ditimbang sesuai dengan formula yang telah direncanakan.

a. Urea

Urea adalah senyawa organik tunggal yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Pertama kali ditemukan oleh Hilaire Roulle pada tahun 1773. Manfaat utama dari urea adalah sebagai pupuk kimia yang memasok unsur nitrogen yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Unsur hara nitrogen berperan penting dalam pembentukan akar, daun, batang muda, dan menghijaukan daun (Sutriyono : 20).

1) Karakterisasi:

- a) Rumus kimia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- b) Pupuk urea adalah pupuk yang dibuat dari percampuran gas amoniak (NH_3) dan gas asam arang (CO_2).
- c) Pupuk Urea berbentuk kristal, warnanya beragam antara lain putih dan merah muda (bersubsidi).
- d) Pupuk Urea bersifat higroskopis, sehingga pupuk urea ini mudah larut dalam air dan mudah diserap tanaman.
- e) Reaksinya sedikit asam
- f) Selain mudah tercuci oleh air, juga mudah terbakar oleh sinar matahari[7].

b. Phospate

Mengandung 36% fosfor dalam bentuk P_2O_5 . pupuk ini terbuat dari fosfat alam dan sulfat. Berbentuk butiran dan berwarna abu-abu. Sifatnya agak sulit larut dalam air dan bereaksi lambat sehingga selalu digunakan sebagai pupuk dasar. Reaksi kimianya tergolong netral, tidak higroskopis dan bersifat pembakar. Pupuk SP-36 merupakan hasil reaksi antara BP dengan asam sulfat, bersifat tidak higroskopis dan larut dalam air sehingga cepat tersedia[8]. Pupuk SP-36 pilihan terbaik untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan unsur hara fosfor karena keunggulan yang dimilikinya, kandungan hara fosfor dalam bentuk tinggi yaitu sebesar 36%, unsur hara fosfor yang terdapat dalam pupuk SP-36 hampir seluruhnya larut dalam air, tidak mudah menghisap air, sehingga dapat disimpan cukup lama dalam kondisi penyimpanan yang baik[9].

4. KCl (Kalium Klorida)

Pupuk KCl adalah pupuk yang sangat berguna untuk meningkatkan hasil tanaman melalui fungsinya yang mampu membantu pertumbuhan organ-organ generatif seperti biji, buah, dan bunga. Fungsi pupuk KCl tersebut diperoleh dari senyawa K_2O yang terkandung di dalamnya[10]. Berikut ini kami paparkan mengenai kandungan, manfaat, dan fungsi pupuk KCl bagi tanaman. Kandungan pupuk KCl terdiri dari 2 zat yaitu zat hara dan zat pembawa. Karena pupuk KCl dapat ditemukan dengan banyak jenis, maka perbandingan antara zat hara dan zat pembawanya pun berbeda-beda. Namun secara umum, saat ini yang ramai ditemui adalah pupuk KCl 80 yang memiliki kandungan zat hara sebesar 60% dan zat pembawa sebesar 40%. Hal ini berarti dalam 100 kg KCl terdapat 60 kg zat hara (K_2O) dan 40 kg zat pembawa[11].

5. Clay (Tanah liat/Lempung)

Ialah kata umum untuk partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika dan aluminium yang halus[12]. Unsur-unsur ini, silikon, oksigen, dan aluminium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasinya. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida aluminium yang membentuk kristalnya[13].

METODOLOGI

1. Alat yang digunakan :

a. Cooler



Gambar 1. Alat Cooler

Spesifikasi Alat:

- 1) Jenis Alat : *Rotary Cooler*
- 2) Panjang : 13,870 m
- 3) Diameter : 1,4 m
- 4) Kemiringan : 2°
- 5) Kecepatan Putaran : 7 rpm
- 6) Penggerak : Gear Box Motor Kw / 380 V / 28,5 A
- 7) Inverter : 15 kW ACS355-03Eao-4(ABB)
- 8) Kecepatan Udara : 2 m/s

b. Moisture Analyzer

c. Tembakan Infrared Thermometer Non-Kontak EM520

d. Blower

2. Bahan yang digunakan :

a. Nitrogen

b. Phospat

c. Kalium

d. Udara

3. Metode

A. Metode Tinjauan Pustaka Merupakan suatu penelitian yang dilakukan dengan menggunakan buku-buku literatur sebagai pertimbangan dalam mempelajari hubungan atau keterkaitan tempat kerja praktek atau objek yang dibahas.

B. Metode Studi Lapangan Metode ini merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan di tempat penelitian dengan kata lain melakukan kegiatan penelitian di lapangan. Cara pengumpulan data ini ada dua yaitu:

- 1) Metode Wawancara Yaitu suatu cara pengumpulan data dengan mengadakan wawancara atau tanya jawab secara langsung dengan karyawan atau pimpinan perusahaan tentang objek yang akan dipelajari.
- 2) Metode Observasi Yaitu suatu cara pengumpulan data dengan cara pengamatan langsung di lapangan maupun di laboratorium terhadap objek yang akan diteliti. Salah satu yang dilakukan dengan menganalisis kadar air. Adapun metodenya sebagai berikut: Analisa Kadar Air Pupuk NPK 12:12:17:2 Prosedur pengambilan Data Kadar Air pupuk NPK. Granular sebelum dan sesudah masuk cooler dilakukan prosedur sebagai berikut :
 - a. Bahan baku sebelum melewati unit Cooler di ambil secukupnya kemudian dimasukkan kedalam wadah yang telah disiapkan.
 - b. Pupuk NPK Granular yang sudah melewati Cooler diambil secukupnya kemudian dimasukkan wadah yang sudah disiapkan.
 - c. Kabel penghubung disambungkan dengan stop kontak.
 - d. Power on/off ditekan untuk menyalakan moisture analyzer.
 - e. Penutup moisture analyzer dibuka.

- f. Bahan baku pupuk NPK sebelum masuk alat Cooler dimasukkan ke dalam alat moisture analyzer sebanyak 5 gram.
- g. *Moisture analyzer* ditutup dan ditekan tombol start dengan suhu 160 oC.
- h. Ditunggu selama 10 menit atau sampai indikator dari alat berbunyi.
- g. *Moisture analyzer* akan berbunyi setelah 10 menit dan dicatat berapa besar kadar air pada bahan baku pupuk NPK Granular yang tertera pada alat.
- h. Untuk pupuk NPK Granular yang keluar dari unit Cooler, kadar airnya dapat diketahui dengan melakukan langkah yang sama.
- k. Dari metode analisa ini didapatkan kadar air rata-rata pada bahan masuk sebesar 1-2 % dari jumlah bahan. Sedangkan pada granul hasil keluaran Cooler kadar airnya mencapai 1-2 % jumlah bahan keluar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Data

Perhitungan efisiensi perpindahan panas pada unit *Cooler* dapat dihitung dengan persamaan:

$$\pi = \left(\frac{Q_{serap}}{Q_{lepas}} \right) \times 100\%$$

Untuk menghitung Panas yang diserap (Q_s) maupun panas yang dilepas dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

2. Perhitungan Neraca Massa Pupuk NPK 12:12:17:2

Untuk membuat pupuk NPK dengan formulasi 12:12:17:2 dilakukan dengan menghitung masing-masing komponen. Komponen N (Nitrogen) diperoleh dari Urea, sehingga untuk mengetahui kadar N sebanyak 12% pada Urea dapat dihitung dengan cara :

Tabel. Neraca Massa pada Unit *Cooler*

| Nama Komponen | Masuk | Keluar |
|---------------|----------------------|----------------------|
| | F1 Massa (Kg/Jam) | F3 Massa (Kg/Jam) |
| Urea | 1536,7304 | 1558,8663 |
| Phosphate | 1963,06 | 1991,8847 |
| KCl | 1669,06 | 1693,1020 |
| MgO | 436,2555 | 442,6410 |
| Clay | 285,05401 | 228,3057 |
| Air | 109,2 | 85,2 |
| total | 6000 | 6.000 |

3. Perhitungan Kapasitas Panas (Cp) Pupuk NPK 12:12:17:2

Contoh perhitungan dilakukan terhadap data 1 pada 4.1. Pada perhitungan kapasitas panas (C_p) pada pupuk NPK formula 12:12:17:2 yang digunakan adalah pada suhu rata-rata, karena selisih temperaturnya kurang dari 50.

$$T_{rata-rata} = \frac{\text{Temperatur NPK masuk cooler} + \text{Temperatur NPK keluar cooler}}{2}$$

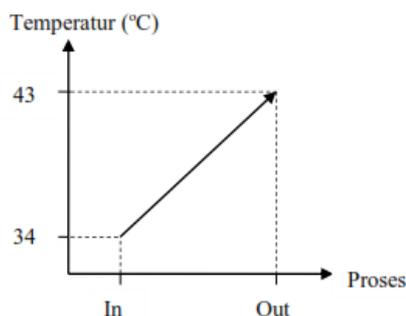
Untuk menghitung kapasitas panas (C_p) dapat digunakan Metode Goodman (*H.Perry, 2008:2-495*) dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{C_p}{J/(mol \cdot K)} = \frac{A}{1000} \left(\frac{T}{K} \right)^{0,79267}$$

$$A = \exp(6,7796 + \sum_{i=1}^N n\alpha + \sum_{i=1}^N n\beta)$$

- a. Menghitung Kapasitas Panas (C_p) P_2O_5
- b. Menghitung Kapasitas Panas (C_p) KCL
- c. Menghitung kapasitas panas (C_p) Clay
- d. Menghitung Kapasitas Panas (C_p) MgO
- e. Menghitung Kapasitas Panas (C_p) Air

- f. Perhitungan Panas yang diserap Udara pada Proses Pendinginan di Unit Cooler
Berikut merupakan diagram perubahan temperatur udara pada proses pendinginan pupuk NPK :



Gambar 1. Perubahan Temperatur Udara Pada Cooler

Untuk menghitung panas yang diserap oleh udara pendingin digunakan persamaan berikut :

$$Q_{\text{serap udara}} = m_{\text{udara}} \cdot C_{P_{\text{udara}}} \cdot \Delta T$$

Untuk menghitung massa udara dapat digunakan rumus:

$$m_{\text{udara}} = Q_{\text{debit}} \cdot \rho_{\text{udara}}$$

Untuk menghitung debit aliran () maka dapat ditentukan dengan rumus :

$$Q_{\text{debit}} = A \cdot \gamma$$

4. Perhitungan Efisiensi Perpindahan Panas Pada Unit Cooler

$$\eta = \frac{Q_{\text{yang diserap udara}}}{Q_{\text{yang dilepas pupuk NPK}}} \times 100\%$$

5. Tabulasi Data

Adapun tabulasi data yang lain dilakukan dengan cara yang sama dan hasil perhitungan dapat di lihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Tabulasi Data

| No | Pupuk NPK | | | | | Temperatur Udara | | Panas yang lepas NPK (Kkal/Kg.K) | Panas yang diserap Udara (Kkal/Kg.K) | Efisiensi Perpindahan Panas Unit Cooler (%) |
|-----------|---------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|
| | Masuk | | | Keluar | | Masuk (°C) | Keluar (°C) | | | |
| | Laju bahan (Kg/Jam) | Temperatur (°C) | Kadar Air (%) | Temperatur (°C) | Kadar Air (%) | | | | | |
| 1. | 6000 | 67 | 1,82 | 41 | 1,42 | 34 | 43 | 33.033,6829 | 27.542,78 | 83.37 |
| 2. | 6000 | 66 | 1,89 | 40 | 1,47 | 35 | 44 | 33.065,60358 | 27.450,58 | 83.01 |
| 3. | 6000 | 68 | 1,80 | 42 | 1,45 | 34 | 43 | 33.064,33175 | 27.542,78 | 83.30 |
| 4. | 6000 | 67 | 1,84 | 43 | 1,43 | 34 | 42 | 30.567,12985 | 24.523,44 | 80.22 |
| 5. | 6000 | 66 | 1,87 | 42 | 1,43 | 33 | 41 | 30.550,40982 | 24.605,35 | 80.54 |
| Rata-rata | 6000 | 66,8 | 1,844 | 41,6 | 1,444 | 34 | 41,6 | 32.056,23158 | 26.332,98 | 82.09 |

6. Pembahasan

Perhitungan Efisiensi perpindahan panas merupakan suatu evaluasi dari suatu alat penukar panas, apakah perpindahan panas yang terjadi berjalan baik ataukah tidak. Perpindahan panas yang terjadi pada alat penukar panas ditentukan oleh beberapa faktor yang saling berkaitan yaitu laju aliran fluida, jumlah bahan yang didinginkan, Temperatur inlet dan outlet fluida, temperature bahan yang didinginkan. Kegunaan Udara yang di PT. Artha Gita Sejahtera adalah untuk menurunkan Temperatur produk. Proses yang terjadi dalam alat Cooler adalah proses pendinginan produk pupuk NPK menggunakan udara sekitar. Proses pendinginan ini adalah dengan mengontakkan kedua fluida secara counter current unit (berlawanan arah) di dalam Cooler

tersebut, dimana udara dialirkan dari atas *Cooler*. Tujuan dari pendinginan ini adalah mendinginkan produk kemudian menghasilkan produk NPK dengan temperatur sekitaran 45°C agar produk tidak rusak saat di *packing* dan temperatur produk tidak terlalu panas, kemudian yang perlu diketahui bahwa produk akhir keluaran *Cooler* harus berada sekitar 5°C diatas suhu ruangan gunanya untuk menghindari produk menyerap kadar air. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan untuk menentukan efisiensi dari unit *Cooler* dapat ditentukan dengan menghitung jumlah panas yang dilepas oleh Pupuk NPK dan panas yang diserap udara pada proses pendinginan pupuk NPK 12:12:17:2 dengan laju alir 6000 yaitu 33.033,6829 dan 27.542,78, dengan demikian efisiensi perpindahan panas rata-rata dari unit *Cooler* sebesar 82,09%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari perhitungan yang telah diperoleh untuk laju bahan 6000 *Kg/Jam* pada pupuk NPK (pada T 67°C) dengan udara pendingin (pada T 34°C), jumlah panas yang diserap udara adalah 27.542,78 *Kkal/Jam*
2. Dari perhitungan yang telah diperoleh, efisiensi perpindahan panas untuk laju bahan 6000 *Kg/Jam* pada pupuk NPK menggunakan udara pendingin sebesar 12.617,75 *m³/Jam* didapatkan efisiensi perpindahan panas rata-rata dari unit *Cooler* sebesar 82,09%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wahyu, A. Mustain, and M. A. Rizky, "ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI COOLING TOWER 32 T 821 PADA UTILITAS II PRODUKSI II B PT PETROKIMIA GRESIK," *Distilat*, vol. 2023, no. 1, pp. 114–119, 2023, [Online]. Available: <http://distilat.polinema.ac.id>
- [2] A. Masyhuri, A. Puspawan, and A. Suandi, "ANALISA EFEKTIVITAS HEAT EXCHANGER OIL COOLER SEBELUM DAN SESUDAH MAINTENANCE The Effectiveness of Heat Exchanger Oil Cooler Before and After Maintenance," *REKAYASA MEKANIKA*, vol. 6, no. 1, pp. 23–30, 2022.
- [3] U. A. Gani and M. Taufiqurrahman, "PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN PADA SISTEM REFRIGERASI AIR BLAST FREEZER," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 6, no. 2, pp. 163–171, 2021.
- [4] H. Darmadi, G. Gultom, D. Kurnia, and I. Syabil, "PENGARUH GESEKAN MATERIAL RAW MIX PENYEBAB KEAUSAN TERHADAP VERTICAL MILL PADA TYRE VERTICAL MILL," *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika*, vol. 9, no. 1, pp. 9–15, 2023.
- [5] R. Fan Akbari, Y. Sirodz Gaos, and T. Hafzara Siregar, "ANALISIS KINERJA KONDENSOR PADA SISTEM PENDINGIN WATER CHILLER KAPASITAS 300 TR," *REKAYASA MEKANIKA*, vol. 3, no. 4, pp. 23–30, 2021.
- [6] I. Komang Gede Sastrawan and R. Subagyo, "ANALISA PERPINDAHAN PANAS COOLING TOWER (INDUCED DRAFT) PLTU I PULANG PISAU (2 x 60 MW)," *ROTARY*, vol. 2, no. 2, pp. 171–182, 2020, [Online]. Available: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/rot>
- [7] H. Darmadi, R. N. Oktavianus, D. Kurnia, T. Sastrawan Manik, and R. Marshall Ratlalan, "Analisa Hasil Gaya Tekan untuk Memecahkan Nut Pada Dinding Pemecah di Stasiun Ripple Mill," *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, vol. 8, no. 1, pp. 9–15, 2023.
- [8] B. Kurniawan Saputra, M. Ginting, and S. Witjahtjo, "ANALISA PENGARUH PENGGANTIAN MATERIAL TUBE TERHADAP KECEPATAN, SUHU DAN TEKANAN PADA LUBE OIL COOLER UNTUK PENDINGIN COMPRESSOR 103 DI PT PUSRI," *JURNAL AUSTENIT*, vol. 8, no. 2, pp. 33–35, 2016.
- [9] E. Yohanes Setyawan and D. Suhendra, "Analisis Perhitungan Evaporator dan Kondensor yang Digunakan pada Alat Desalinasi Air Laut Sistem Vakum Alami Menggunakan Energi Surya," *Jurnal Flywheel*, vol. 9, no. 1, pp. 22–29, 2018.
- [10] B. Wisely Ziliwu, J. Preston Siahaan, P. Kapal Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, J. Wan Amir No, K. Pangkalan Sesai, and K. Dumai Barat, "PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN PADA SISTEM REFRIGERASI AIR BLAST FREEZER (CALCULATION OF THE COOLING LOAD IN THE AIR BLAST FREEZER)," *Jurnal Teknologi Terapan*), vol. 6, no. 2, 2020.
- [11] A. Naufal, A. Ghifary, A. N. Hasya, T. Riadz, and L. Cundari, "EVALUASI KINERJA HEAT EXCHANGER E-401 PADA UNIT PE3 PT. LOTTE CHEMICAL TITAN NUSANTARA Performance evaluation of heat exchanger on PE3 unit of PT. Lotte Chemical Titan Nusantara," *Journal of Science and Technology*, vol. 20, no. 01, pp. 1–16, 2022.
- [12] D. Purnama, R. Nugraha, and D. V. Rizkia, "Analisis Perbandingan Laju Perpindahan Panas Antara Stainless Steel dan CuNi pada Air Cooler Generator PLTA Comparative Analysis of Heat Transfer Rates Between Stainless Steel and CuNi in PLTA Generator Air Coolers," *Jurnal Teknologika (Jurnal Teknik-Logika-Matematika)*, vol. 12, no. 2, pp. 216–233, 2022.
- [13] Y. Chan and H. Asbanu, "STUDI ANALISIS TIPE HEAT EXCHANGER TERHADAP KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK," *Jurnal Media Teknik*, vol. XII, no. 2, pp. 1–9, 2022.