

Analisis Neraca Panas *Cooler* pada Proses Pembuatan Magnesium Klorida dengan Proses Netralisasi

Putri Oktavia Wulandari¹, Devie Mirza Zulaikha², Siti Nur Fadilah³, Erlinda Ningsih⁴

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2,3,4}

e-mail: poktavia800@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is a maritime country that has many natural resources on land and at sea. One of my natural sources that has not been utilized optimally is salt. Magnesium chloride ($MgCl_2$) is a salt that can not be produced because the supply of raw materials for the magnesium chloride ($MgCl_2$) industry has not been resolved. Magnesium chloride ($MgCl_2$) is a compound that is included in the salt compound. Magnesium chloride production is usually used for the pulp, textile and pharmaceutical industries. The magnesium chloride compound is produced through a neutralization reaction between magnesium hydroxide and hydrochloric acid. The product of this reaction is concentrated in an evaporator, then cooled in a cooler. The cooling process in the cooler is an important stage, in this case to reduce the load on the crystallizer. Through data processing in the heat balance calculation process in the cooler, it was found that the heat of the air entering the system was 488,180,452 kJ. The heat of the air coming out is 142,858,499 kJ. The heat absorbed by the cooling water is 345,321, 953, so the total energy in the cooling water is 488,180,452 kJ.

Kata kunci: *Magnesium chloride, $Mg(OH)_2$, HCl, Cooler, heat balance*

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki banyak sumber alam di darat dan di laut. Salah satu sumber daya alam yang belum dimanfaatkan dengan optimal adalah garam. Magnesium klorida ($MgCl_2$) merupakan garam yang belum bisa diproduksi karena pemenuhan bahan baku untuk industri magnesium klorida ($MgCl_2$) belum bisa teratasi. Magnesium klorida ($MgCl_2$) adalah senyawa yang termasuk dalam senyawa garam. Produksi magnesium klorida biasanya digunakan untuk keperluan industri pulp, tekstil, dan farmasi. Senyawa magnesium klorida diproduksi melalui reaksi netralisasi antara magnesium hidroksida dan asam klorida. Hasil produk dari reaksi tersebut dipekatkan dalam evaporator, kemudian didinginkan dalam *cooler*. Proses pendinginan pada cooler merupakan tahap yang penting, dalam hal ini untuk mengurangi beban pada kristalisator. Melalui pengolahan data proses perhitungan neraca panas pada *cooler* diperoleh panas udara yang masuk ke dalam sistem adalah sebesar 488.180,452 kJ. Panas udara yang keluar adalah sebesar 142.858,499 kJ. Panas yang diserap oleh cooling water adalah sebesar 345.321, 953, sehingga total energi pada cooling water adalah sebesar 488.180,452 kJ.

Kata kunci: Magnesium klorida, $Mg(OH)_2$, HCl, *Cooler*, neraca panas.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim dengan banyak sumber daya dasar laut baik di lautan maupun daratan. Akan tetapi, sumber daya dasar laut yang tersedia tidak selalu dapat dimanfaatkan secara maksimal. Indonesia masih banyak mengimpor barang dari negara lain, yang paling menonjol adalah emas[1]. Salah satu mineral yang diekstraksi adalah magnesium klorida[2]. Sebagai negara berkembang, Indonesia melakukan penelitian di banyak bidang, yang paling menonjol adalah bidang industri. Industri Kimia masih belum dapat mencapai pemenuhan baku magnesium klorida[3], [4]. Hingga saat ini, Indonesia belum memiliki banyak produsen yang memproduksi magnesium klorida. Magnesium merupakan senyawa garam yang berlimpah dan keberadaannya terdapat di dalam laut.

Magnesium terbentuk secara alami berkombinasi dengan unsur lain sehingga magnesium tidak dapat ditemukan dalam keadaan murni. Magnesium klorida menjadi salah satu garam yang memiliki peranan penting dalam proses industri kimia.

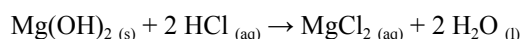
TINJAUAN PUSTAKA

Magnesium Klorida ($MgCl_2$)

Magnesium klorida, atau magnesium hidroksida, adalah garam kimia yang umumnya ditemukan di air laut dan rumput laut. Senyawa magnesium klorida tersebar luas di seluruh lautan. Senyawa magnesium klorida dapat diproduksi melalui reaksi senyawa magnesium hidroksida dengan asam yang mengandung klorida. Magnesium klorida dapat diproduksi dari mineral (karnalit) atau dari air laut (air garam alami). Produk akhir magnesium klorida biasanya berupa heksahidrat ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) atau anhidrat ($MgCl_2$). Pada tahun 1863, Deville dan Caron memproduksi magnesium untuk pertama kalinya di Prancis dengan menggunakan natrium untuk melarutkan kristal magnesium klorida. Michael Faraday pertama kali mengisolasi magnesium pada tahun 1883 dengan mengelektrolisis magnesium klorida. Magnesium klorida adalah bahan kimia yang mendukung berbagai industri, termasuk industri pulp, tekstil, farmasi, dan industri lainnya[5], [6].

Reaksi Netralisasi

Proses pembuatan magnesium klorida secara netralisasi menggunakan bahan baku magnesium hidroksida $Mg(OH)_2$ yang direaksikan dengan asam klorida (HCL) sehingga menghasilkan produk magnesium klorida ($MgCl_2$). Reaksi yang terjadi pada proses ini merupakan reaksi netralisasi[7]. Reaksi netralisasi melibatkan ion H^+ dari senyawa asam dan kation OH^- dari senyawa basa untuk membentuk garam dan air. Reaksi netralisasi adalah reaksi antara asam dan basa yang menghasilkan garam. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah reaksi antara magnesium hidroksida dengan asam klorida yang menghasilkan magnesium klorida. Berikut adalah persamaan reaksi yang terjadi:



Cooler

Cooler merupakan komponen pendingin yang berfungsi menurunkan udara. Hasil produk dari reaksi antara magnesium klorida dan asam klorida adalah magnesium klorida dan air. Produk berupa larutan magnesium klorida dipekatkan untuk mendapatkan konsentrasi yang lebih tinggi. Produk magnesium klorida yang sudah dipekatkan kemudian dialir ke dalam *cooler*. Proses pendinginan dalam *cooler* merupakan proses yang sangat penting, dalam hal ini berfungsi untuk mengurangi beban kristalisator pada proses kristalisasi[8]. Dalam alat ini terjadi proses pendinginan dan kristalisasi awal sebelum produk magnesium klorida masuk dalam kristalisator.

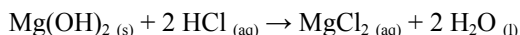
METODE

Pengumpulan data dilakukan dengan mengolah data perhitungan neraca panas pada *cooling water*. Langkah pertama diawali dengan studi tinjauan pustaka mengenai pembuatan magnesium klorida dan proses pada *cooler* dari berbagai sumber buku, jurnal, dan lain-lain. Langkah selanjutnya yaitu proses pengolahan data perhitungan neraca pada *cooler* berdasarkan data komponen masuk dan keluar dari $MgCl_2$ dan H_2O , entalpi bahan masuk dan keluar dari $MgCl_2$ dan H_2O pada *cooler*[9], [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

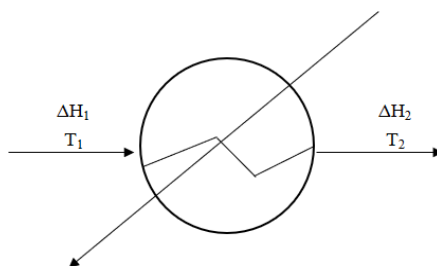
Proses pembuatan MgCl₂ dengan reaksi netralisasi

Pada proses pembuatan magnesium klorida (MgCl₂) menggunakan bahan baku HCl dengan konsentrasi 37% dalam tangki lalu diencerkan dengan air dalam suhu 30°C diperoleh larutan HCl 10%. Bahan baku kedua berupa padatan magnesium hidroksida (Mg(OH)₂). Larutan HCl 10% dan (Mg(OH)₂) direaksikan dalam reaktor, reaksi yang berlangsung yaitu:



Reaksi tersebut berjalan pada suhu 50°C dengan konversi reaksi sebesar 94,5%. Produk yang terbentuk berupa magnesium klorida (MgCl₂), air (H₂O), dan sisa HCl dikarenakan pada reaksi ini Mg(OH)₂ berperan sebagai *limiting reactant*[11], [12]. Hasil produk dari tersebut dipekatkan dengan evaporator dan menguapkan sebagian air dan HCl. Produk berupa larutan MgCl₂ kemudian dialirkan ke dalam *cooler*[13], [14]. Cooler berfungsi sebagai pendingin agar kebutuhan pendingin pada *crystallizer* tidak terlalu banyak. Pada *crystallizer* terjadi proses kristalisasi MgCl₂. Kristal MgCl₂ kemudian dialirkan menuju *rotary dryer* untuk mendapatkan kristal anhidrat pada temperatur 240°C. Kristal MgCl₂ yang berukuran 20 mesh akan lolos menuju ke silo, sedangkan kristal yang berukuran lebih dari 20 mesh akan dikecilkan ukurannya menggunakan *ball mill* sampai ukurannya menjadi 20 mesh.

Neraca Panas pada Cooler



Neraca panas total:

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + Q$$

ΔH_1 = Panas udara masuk (kJ)

ΔH_2 = Panas udara keluar (kJ)

Q = Panas diserap cooling water (kJ)

ΔH = $m \cdot C_p \cdot \Delta T$

Heat Capacity

Komponen	A	B	C	D	E
H ₂ O (l)	18,2964	0,47212	-0,0013388	1,3142E-06	
<i>(Himmelblau Appendiks E)</i>					
MgCl ₂	102,09	-0,0063316	-9,3842E-06	6,1211E-09	
<i>(Yaws Chemical Properties Handbook Page 79)</i>					

Menghitung panas bahan masuk ΔH_1

Data komponen masuk

Komponen	Massa (kg)	BM	Kmol
MgCl ₂	1254,5038	95,2080	13,1765
H ₂ O	1055,8163	18,0150	58,6076
Total	2310,3201	-	71,7841

Menghitung ΔH komponen masuk

$$\begin{aligned} \Delta H_{MgCl_2} &= \\ n \cdot \int_{298,15}^{383,15} 102,09 + (-0,0063316)T + (-93842 \times 10^{-6})T^2 + (6,1211 \times 10^{-6})T^3 dT \\ &= 110.974,225 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{H_2O} &= \\ n \cdot \int_{298,15}^{383,15} 18,2964 + 0,47212T + (-0,0013388)T^2 + (1,2142 \times 10^{-6})T^3 dT \\ &= 377.206,227 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Entalpi bahan masuk (ΔH_1)

Komponen	Massa (kg)	BM	Kmol	ΔH (kJ)
MgCl ₂	1254,5038	95,2080	13,1765	110974,2252
H ₂ O	1055,8163	18,0150	58,6076	377206,2270
Total	2310,3201	-	71,7841	488180,4522

Menghitung panas bahan keluar (ΔH_2)

$$\begin{aligned} T_{ref} &= 25^\circ\text{C} = 298,15\text{K} \\ T_1 &= 50^\circ\text{C} = 323,15\text{K} \end{aligned}$$

Data komponen keluar

Komponen	Massa (kg)	BM	Kmol
MgCl ₂	1.254,504	95,208	13,176
H ₂ O	1.055,816	18,015	58,608
Total	2.310,320	-	71,784

Menghitung ΔH komponen masuk

$$\begin{aligned} \Delta H_{MgCl_2} &= \\ n \cdot \int_{298,15}^{323,15} 102,09 + (-0,0063316)T + (-93842 \times 10^{-6})T^2 + (6,1211 \times 10^{-6})T^3 dT \\ &= 32.743,748 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{H_2O} = n \cdot \int_{298,15}^{323,15} 18.2964 + 0,47212T + (-0,0013388)T^2 + (1,2142 \times 10^{-6})T^3 dT = 110.114,751 \text{ kJ}$$

Entalpi bahan keluar (ΔH_2)

Komponen	Massa (kg)	BM	Kmol	ΔH (kJ)
MgCl ₂	1.254,504	95,208	13,176	32.743,748
H ₂ O	1.055,816	18,015	58,608	110.114,751
Total	2.310,320	-	71,784	142.858,499

Menghitung kebutuhan *cooling water*

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_1 = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 303,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$C_p = 4,181 \text{ kJ/kg.K}$$

Air keluar

$$T_{ref} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 45 \text{ } ^\circ\text{C} = 318,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Cp air

(Geankoplis App. A.2-5)

Interpolasi

Suhu (K)	Cp (kJ/kg.K)
313,15	4,1810
323,15	4,1830
318,15	4,1820

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = m \cdot 4,181 \cdot 15 = 62,715 \text{ m}$$

Neraca panas total

$$\begin{aligned} \Delta H_1 + Q &= \Delta H_2 + Q \\ 488.180,452 &= 142.858,499 + 62,715 \text{ m} \\ 345.321,953 &= 62,715 \text{ m} \\ m &= 5.506,210 \text{ kg air pendingin} \end{aligned}$$

$$Q = 62,715 \times 5.506,210 = 345.321,953 \text{ kJ}$$

Tabel 1. Neraca Panas *Cooler*

Masuk (kJ)		Keluar (kJ)	
ΔH_1	488.180,452	ΔH_2	142.858,499
-	-	Q	345.321,953
Total	488.180,452	Total	488.180,452

Berdasarkan Tabel.1 neraca panas *cooler* panas udara yang masuk ke dalam sistem adalah sebesar 488.180,452 kJ. Panas udara yang keluar adalah sebesar 142.858,499 kJ. Panas yang diserap oleh cooling water adalah sebesar 345.321, 953, sehingga total energi pada cooling water adalah sebesar 488.180,452 kJ.

KESIMPULAN

Proses pembuatan magnesium klorida ($MgCl_2$) dengan reaksi netralisasi menghasilkan produk berupa padatan magnesium klorida ($MgCl_2$). *Cooler* berfungsi sebagai pendingin produk magnesium klorida yang masih berupa larutan agar mengurangi kebutuhan air pada proses *crystallizer*. Total energi panas pada *cooler* adalah sebesar 488.180,452 kJ.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. W. Lund, "Direct utilization of geothermal energy," *Energies*, vol. 3, no. 8, pp. 1443–1471, 2010, doi: 10.3390/en3081443.
- [2] E. Ningsih, S. R. Juliastuti, R. Darmawan, and N. Hendriane, "Helion Initial extraction of sodium silicate from sidoarjo mud by alkaline fusion and water leaching," *Helion*, vol. 9, no. 6, p. e17095, 2024, doi: 10.1016/j.helion.2023.e17095.
- [3] C. B. Nugroho, S. Gawan, M. Abulija, and M. G. Syafei, "Desain dan Pembuatan Faceshield Sebagai Alat Perlindungan Diri Penyebaran Covid19," vol. 2, no. 1, pp. 1–16, 2020.
- [4] S. W. Putrisya, S. D. Cahyo, A. Budianto, and E. Ningsih, "Analisa Neraca Massa Pada Alat Vertical Roller Mill," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2023.
- [5] A. P. Witari, G. L. Anggraini, and E. Ningsih, "Studi Kelayakan Pabrik Gula Rafinasi dengan Kapasitas 100000 ton/tahun melalui Analisa Ekonomi," vol. 1, no. 1, pp. 7–12, 2021.
- [6] E. Ningsih, K. Udyani, A. Maharani, and D. Setiawan, "Pra Perancangan Pabrik Diamonium Fosfat dengan Proses Tennessee Valley Authority (TVA)," pp. 255–260, 2012.
- [7] F. Eghbali Babadi, R. Yunus, S. Abdul Rashid, M. A. Mohd Salleh, and S. Ali, "New coating formulation for the slow release of urea using a mixture of gypsum and dolomitic limestone," *Particuology*, vol. 23, pp. 62–67, 2015, doi: 10.1016/j.partic.2014.12.011.
- [8] E. Trinovita, F. D. Alexandra, S. P. Dokter, F. Kedokteran, and U. P. Raya, "Penerapan Teknologi Kristalisasi Dalam Pengolahan Produk Pangan Serbuk Herbal Instan di Kelurahan Kereng Bangkirai," vol. 1, no. 2, pp. 63–72, 2021.
- [9] D. Q. Kern, *Process Heat Transfer*.
- [10] C. Abeykoon, "Compact heat exchangers – Design and optimization with CFD," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 146, p. 118766, 2020, doi:

- 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.118766.
- [11] M.-S. Low, "Material Flow Analysis of Concrete in the United States," *Dep. Archit.*, p. 189, 2005.
- [12] H. Widwastuti, C. Bisri, and B. Rumhayati, "Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Fosfat menggunakan Kitin Hasil Isolasi dari Cangkang Udang," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind.*, pp. 93–98, 2019.
- [13] E. Ningsih, Fitriana, and D. Pratiwi, "Desain Alat Penukar Panas Tipe Shell and Tube dengan Material Stainless Steel," pp. 81–89, 2022.
- [14] A. Shalsa, B. Wardhani, and A. T. Labumay, "Influence of Fluid Inflow Rate on Performance Effectiveness of Shell and Tube Type Heat Exchanger," 2022, doi: 10.31284/j.jmesi.2022.v2i1.2993.