

Analisis Kebutuhan Air Pendingn pada *Gas Conditioning Tower* (GCT) *Raw Mill*

Gilang Lukman Hakim, Herliati Rahman^{*)}, Ali Akbar

Teknik Kimia, Universitas Jayabaya, Jalan Raya Bogor km 28,8
Cimanggis Jakarta Timur.

^{*)} *Corresponding author:* herliatimulyono@gmail.com

Abstract

Gas Conditioning Tower (GCT) is a tower that functions to cool hot exhaust gases from the suspension preheater and raw mill. For this reason, it is necessary to analyze the cooling water requirements in the GCT unit, which aims to determine the cooling water needs in this unit. In addition, this study also intends to determine the effect of mass flow rate and temperature of GCT feed hot gas on water demand. The measurement method is carried out manually, namely by recording the pressure directly on the GCT unit and indirectly by taking data from the Central Control Room (CCR). Measurements are made when the Raw Mill is operating and when it is stopped. The analysis results show that the demand for cooling water is significantly affected by the difference between the input and output temperatures of the GCT. It turns out that the need for cooling water is more when the Raw Mill is not operating. This result due to the higher temperature conditions of the hot gas entering the GCT unit when the Raw Mill is not operating.

Abstrak

Gas Conditioning Tower (GCT) adalah menara yang berfungsi untuk mendinginkan gas panas buangan dari suspension preheater dan raw mill. Untuk itu perlu dilakukan analisis kebutuhan air pendingin pada unit GCT yang mana bertujuan untuk mengetahui kebutuhan air pendingin pada unit ini. Selain itu, penelitian ini juga bermaksud mengetahui pengaruh laju alir massa dan temperatur inlet dan outlet hot gas umpan GCT terhadap kebutuhan air. Metode pengukuran dilakukan secara manual yaitu dengan mencatat secara langsung tekanan pada unit GCT dan secara tidak langsung dengan mengambil data dari Central Control Room (CCR). Pengukuran dilakukan pada saat Raw Mill beroperasi dan pada saat berhenti. Hasil analisis menunjukkan bahwa kebutuhan air pendingin dipengaruhi secara signifikan oleh selisih temperatur inlet dan outlet GCT. Ternyata kebutuhan air pendingin lebih banyak ketika Raw Mill tidak beroperasi hal ini disebabkan oleh kondisi suhu hot gas yang masuk pada unit GCT lebih tinggi saat Raw Mill tidak beroperasi.

Kata kunci : *Cooler, Tepung Baku, Vertical Roller Mill*

PENDAHULUAN

Pada industri semen, *raw mill* adalah peralatan yang digunakan untuk menggiling bahan baku menjadi tepung baku selama proses pembuatan semen [1]. Di dalam *raw mill* selain terjadi proses pengecilan ukuran juga terjadi pengeringan material sehingga kadar air tidak lebih dari 1%. Panas yang digunakan berasal dari gas panas buang dari unit *Kiln* dan *Suspension Preheater*. Output dari *raw mill* akan diumpankan ke dalam unit penangkap debu yaitu *Electrostatic Precipitator*. Namun sebelum masuk ke dalam *Electrostatic Precipitator*, gas panas tersebut didinginkan terlebih dahulu melalui alat *Gas Conditioning Tower*. *Gas Conditioning Tower* (GCT) adalah menara yang berfungsi untuk mendinginkan gas panas buangan dari *suspension preheater* dan *raw mill* [2]. Selain itu, *Gas Conditioning Tower* juga berfungsi menangkap *kiln dust* yang terikut di udara panas [3]. Energi buang dari GCT dimanfaatkan oleh *Raw Mill* untuk mengeringkan bahan baku [4]. Partikel debu yang terbawa pada *hot gas* ditangkap oleh *Electrostatic Precipitator* sebelum kemudian dibuang ke lingkungan melalui *stack/chimney*.

Pada kondisi aktual saat *Raw Mill* tidak beroperasi batas temperatur gas umpan *Electrostatic Precipitator* (EP) pada kisaran 150°C sampai 200°C [5]. Suhu di atas 200°C tidak diizinkan karena partikel debu yang terikut akan kehilangan *moisture content* (kekurangan molekul H₂O) [6]. Molekul H₂O tersebut berfungsi sebagai penghantar muatan yang memudahkan partikel debu ditangkap oleh *Electrostatic Precipitator* (EP). Namun, ketika *Raw Mill* sedang beroperasi, temperatur yang keluar dari *Gas Conditioning Tower* diizinkan lebih dari 200°C karena panas yang dihasilkan digunakan sebagai media pengering bahan baku umpan *raw mill* [7].

Gas panas keluaran *Suspension Precipitator* (SP) didinginkan pada *Gas Conditioning Tower* dengan menggunakan media pendingin air yang disemprotkan menggunakan pompa bertekanan 25-40 bar. Temperatur inlet *Electrostatic Precipitator* (EP) dijaga agar tidak melampaui ketentuan agar *dust* emisi yang dibuang ke lingkungan tidak melebihi nilai ambang batas (NAB). Oleh karena tidak tersedia *flowmeter* pada *Gas Conditioning Tower*, hal ini menarik untuk melakukan analisis kebutuhan air pendingin pada *Gas Conditioning Tower* sehingga temperatur outlet GCT dapat dikontrol.

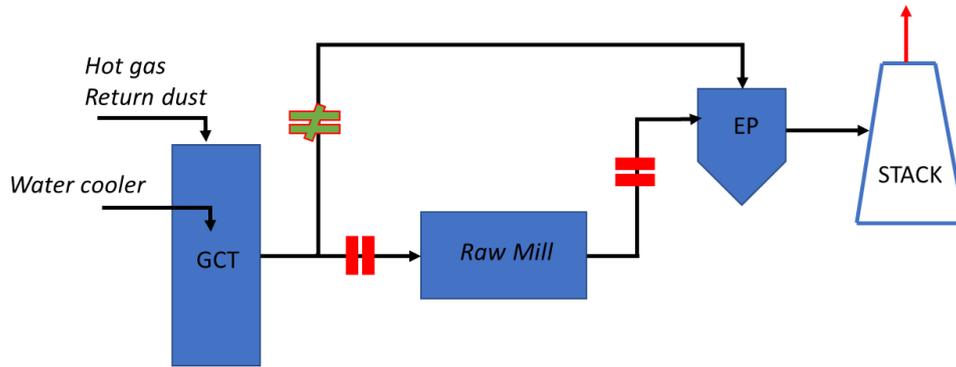
METODE PENELITIAN

Alat

Untuk mengukur tekanan gas, menggunakan alat pitot tube dengan prinsip perbedaan ketinggian antara tekanan statik dan tekanan dinamik yang dihubungkan dengan omegameter. Omegameter berfungsi untuk mengukur perbedaan tekanan dalam sebuah pipa jika terdapat fluida yang mengalir di dalamnya. Tujuan dari pengukuran dengan pitot tube yaitu untuk mengetahui distribusi kecepatan tiap titik di dalam pipa. Pitot tube yang digunakan yaitu jenis dua keluaran tekanan. Selain itu juga menggunakan alat tambahan seperti kunci Inggris untuk membuka *check hole inlet* GCT, kunci pas 19 untuk membuka *check hole inlet* GCT, kunci pas 24 untuk membuka *check hole inlet* GCT, WD-40 untuk membersihkan karat yang menempel pada baut-baut, dan *Handy Talky* (HT) untuk berkomunikasi dengan *CCR operator*.

Persiapan dan Prosedur Pengambilan Data

Sebelum pengambilan data, terlebih dahulu ditetapkan kondisi operasi *Raw Mill* berhenti atau saat *Raw Mill* beroperasi. Pengukuran langsung pada inlet *Gas Conditioning Tower* berupa data tekanan (*Pressure dinamic*). Data massa umpan kiln, temperatur inlet dan outlet GCT diperoleh dari CCR. Gambar 1 menyajikan diagram alir sistem GCT-*Raw Mill*.



Gambar 1. Diagram Alir GCT-Raw Mill

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data

Dari pengamatan yang dilakukan, diperoleh data hasil pengukuran tekanan pada *inlet* GCT, temperatur *inlet* dan *outlet* GCT melalui CCR. Data tersebut dijadikan sebagai dasar perhitungan neraca massa maupun neraca panas [8].

Tabel 1. Pressure di inlet GCT, temperatur inlet dan outlet GCT

Running	Temp. Hot Gas		Temp. Kiln Dust		Pv in. GCT (mmH ₂ O)	Massa In. Hot gas (Ton/jam)	Temp. Air Pendingin In. GCT (°C)
	In. (°C)	Out. (°C)	In. (°C)	Out. (°C)			
Obs.1	347.0	185	18.2	136	18.2	514	30
Obs. 2	344.5	178	15.9	128	15.9	522	30
Obs. 3	333.2	213	13.3	152	13.3	547	30
Obs. 4	328.0	257	15.4	168	15.4	550	30

Tabel 2. Kebutuhan Air Pendingin Gas Conditioning Tower (GCT) Raw Mill

Parameter	Observasi			
	1	2	3	4
Massa Hot Gas Inlet GCT (Ton/jam)	815.21	763.24	705.56	763.46
Massa Return Dust (Ton/jam)	35.980	36.540	38.290	38.500
Massa Clinker Product (Ton/jam)	313.41	318.30	333.54	335.37
Total Qin (GJ/jam)	286.74	267.055	238.91	253.19
Total Qout (GJ/jam)	136.67	122.327	140.32	187.84
Q air Pendingin (GJ/jam)	150.07	144.728	98.58	65.35
Massa air pendingin (Ton/jam)	70.078	66.96	47.819	33.743

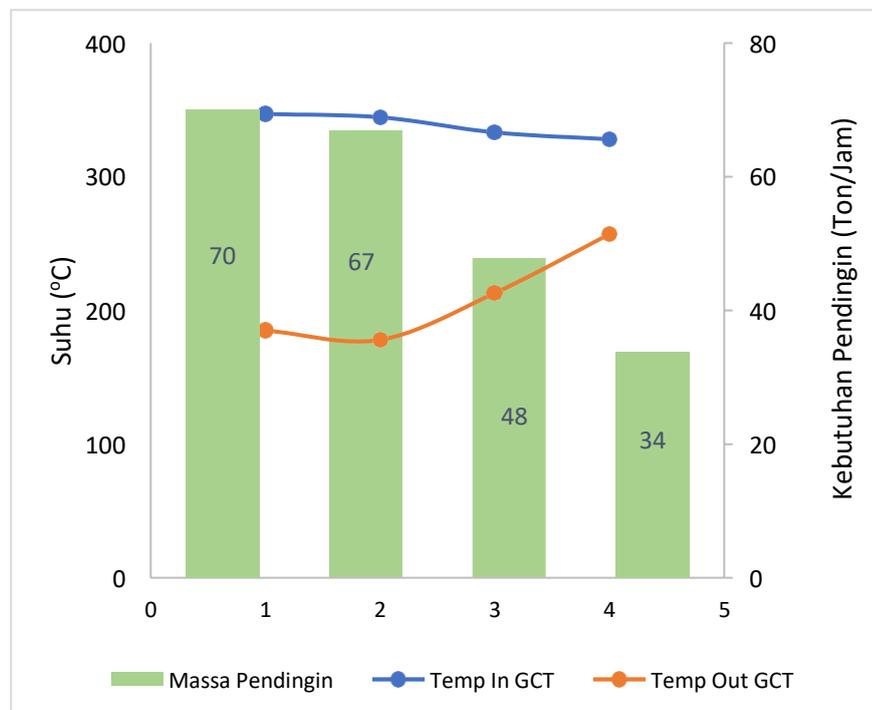
Data yang ditampilkan pada Tabel 1 adalah data hasil pengamatan sedangkan Tabel 2 menyajikan data hasil pengolahan. Massa *hot gas* inlet yang disajikan pada Tabel 2 diperoleh dengan cara mengalikan *flow rate* dengan densitas gas pada temperatur saat pengukuran. Massa

return dust diperoleh dengan cara mengalikan massa umpan kiln yang dicatat dari CCR dengan faktor pengali 7%. Dan massa air pendingin yang diperlukan diperoleh dengan perhitungan neraca energi dimana asumsi suhu umpan air pendingin pada 30°C dan kapasitas panas dihitung dengan formula polinomial sebagai fungsi suhu .

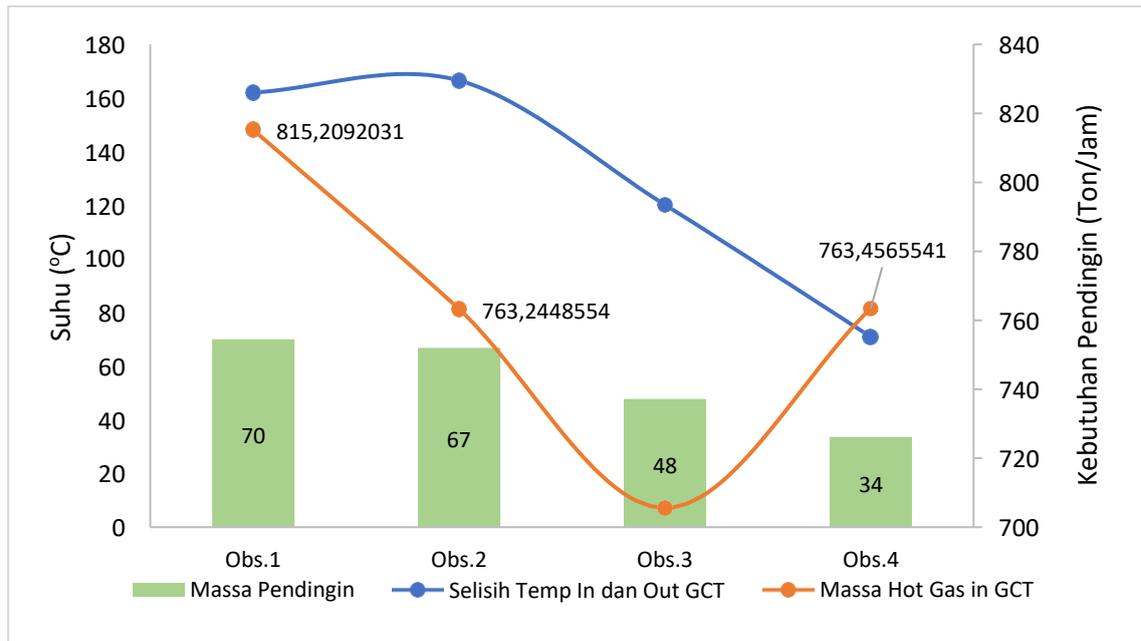
Analisis Data

Pengukuran kebutuhan pendingin pada *Gas Conditioning Tower* yang dilakukan saat *Raw Mill* berhenti dan saat beroperasi memiliki karakteristik yang berbeda. Dari hasil analisis yang dilakukan diketahui bahwa saat *Raw Mill* berhenti, GCT membutuhkan air pendingin lebih banyak dibandingkan ketika *Raw Mill* beroperasi. Temperatur outlet unit GCT menjadi faktor yang berpengaruh terhadap kebutuhan air pendingin. Pada saat *raw mill* beroperasi, suhu outlet GCT diizinkan lebih tinggi dibandingkan saat *raw mill* berhenti. Selain itu total *pressure dinamic* (Pv) yang masuk pada GCT berpengaruh langsung pada jumlah massa *hot gas* yang masuk. Temperatur *hot gas* setelah didinginkan atau outlet GCT juga sangat berpengaruh terhadap kinerja *Electrostatic Precipitator* (EP) [9]. Karena ketika *raw mill* tidak beroperasi *hot gas* keluaran GCT langsung masuk ke unit EP, maka konsekuensinya penggunaan air pendingin di unit GCT akan lebih banyak [10]. Hal ini untuk menjaga agar emisi debu yang dihasilkan masih dibawah Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditetapkan pemerintah untuk sebuah industri semen [11].

Gambar 1 menunjukkan pengaruh temperatur masuk dan keluar GCT terhadap kebutuhan air pendingin. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kebutuhan air pendingin dipengaruhi oleh temperatur *hot gas* masuk maupun keluar. Semakin tinggi temperatur *hot gas* yang masuk maka kebutuhan air pendingin juga besar. Namun, selain temperatur yang masuk ke sistem GCT, hal yang juga berpengaruh adalah temperatur outlet unit GCT. Gambar 2 menunjukkan, semakin besar selisih temperatur antara inlet dan outlet, maka semakin banyak pula air pendingin yang diperlukan untuk mendinginkan *hot gas*.



Gambar 1. Pengaruh Temperatur masuk dan keluar GCT terhadap kebutuhan air pendingin



Gambar 2. Pengaruh Temperatur dan massa gas inlet GCT terhadap kebutuhan air

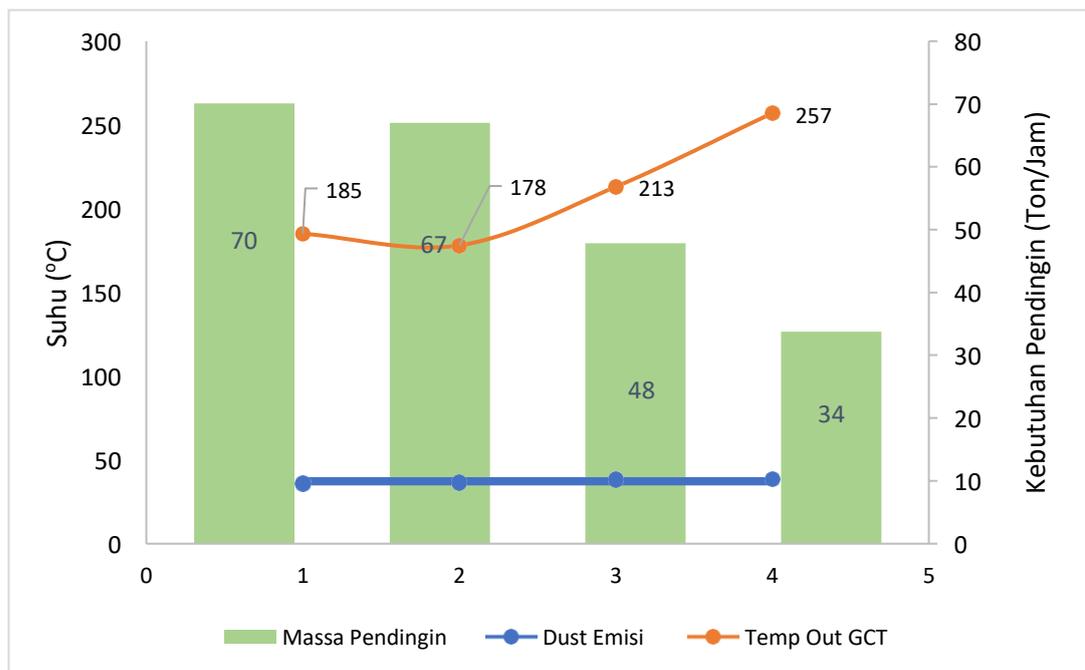
Gambar 2 menggambarkan kebutuhan air pendingin pada saat *raw mill* tidak beroperasi pada Obs.1 yaitu sebesar 70.0784 T/Jam dengan temperatur inlet 347°C dan outlet 185°C atau terdapat selisih 162 °C. Data Obs.2 menunjukkan kebutuhan air pendingin sebesar 66.9562 T/jam dimana temperatur inlet 344.5°C dan outlet 178°C atau selisih 166.5 °C. Di sini dapat dilihat bahwa jika selisih antara suhu inlet dan outlet sangat besar, maka kebutuhan air pendingin juga lebih banyak. Namun demikian, selisih temperatur inlet dan outlet bukan satu-satunya parameter untuk menentukan total air pendingin yang dibutuhkan karena ada parameter lain yang berpengaruh yaitu massa *hot gas* yang masuk ke dalam unit GCT. Dapat dilihat pada Gambar 2 pada Obs.4, meskipun massa *hot gas* yang masuk cukup besar yaitu 763. 49 T/jam tetapi selisih temperatur yang terjadi sangat kecil dibandingkan yang lain sehingga kebutuhan air untuk mendinginkan juga sedikit.

Sehingga dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa total kebutuhan air pendingin dipengaruhi oleh selisih temperatur inlet dan outlet serta massa *hot gas* pada unit GCT [12]. Selain itu juga tergantung pada apakah *raw mill* dalam kondisi beroperasi atau tidak. Kebutuhan air pendingin lebih besar pada saat *raw mill* tidak beroperasi karena pada saat ini *hot gas* akan langsung menuju ke unit EP, dimana untuk menjaga kinerja EP temperatur yang masuk tidak boleh lebih dari 200°C [13].

Gambar 3 memperlihatkan bahwa saat *raw mill* beroperasi pada temperatur outlet di atas 200°C produksi klinker berkurang [14]. Hal ini dapat disimpulkan bahwa emisi debu meningkat sehingga mengurangi produksi klinker. Gambar 4 menunjukkan pengaruh temperatur outlet GCT terhadap emisi. Ketika Raw Mill beroperasi udara panas keluaran GCT akan masuk langsung masuk ke dalam Vertical Roller Mill dan panasnya akan digunakan sebagai media pengeringan untuk bahan baku material sehingga panas akan berkurang ketika masuk ke dalam Electrostatic Precipitator. Meskipun terdapat peningkatan emisi debu, namun yang akan dibuang ke lingkungan masih memenuhi yaitu 38.5 mg/Nm³. Nilai ini masih lebih kecil dari NAB 80 mg/Nm³ [13].



Gambar 3. Pengaruh Temperatur outlet *GCT* terhadap Produksi Klinker



Gambar 4. Pengaruh Temperatur Outlet *GCT* terhadap *dust emisi Raw Mill Stop*

KESIMPULAN

Dari serangkaian pengamatan dan analisis dapat disimpulkan bahwa kebutuhan air pendingin lebih banyak 30 % ketika *raw mill* tidak beroperasi dibandingkan pada saat beroperasi. Kebutuhan air pendingin sangat dipengaruhi oleh kondisi temperatur *hot gas* inlet dan outlet unit *GCT*. Pada saat *raw mill* tidak beroperasi, outlet *hot gas* tidak boleh lebih dari 200°C karena akan langsung masuk ke dalam unit EP. Jika suhu di atas ketentuan ini, maka akan berpengaruh

terhadap kinerja dari EP itu sendiri. Sehingga sebagai konsekuensinya, diperlukan air pendingin yang lebih banyak untuk menjaga suhu outlet kurang dari 200°C. Selain suhu outlet *hot gas*, laju alir massa *hot gas* juga berpengaruh terhadap kebutuhan air pendingin. Jika total massa *hot gas* yang masuk unit GCT besar dan selisih temperatur inlet dan outlet besar, maka kebutuhan air pendingin juga sedikit, begitu sebaliknya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada P.T Indocement Tunggal Prakasa Tbk. yang telah memberikan dukungan fasilitas laboratorium dan perpustakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. H. Duda, *Cement Data Book, International Process Engineering In Cement Industry*, 3 penyunt., Berlin.: Weis Baden , 1985.
- [2] C. W. Purnomo, R. B. Cahyono, N. A. A Setiawan³ dan Triyono, “Water and power consumption reduction by gas conditioning tower system modification in cement industry,” dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Sumatera Barat, Padang, 2019.
- [3] U. W. Aji, Hamdi dan A. Suryono, “Modifikasi Sistem Slide Gate 392-SG1/2/3 Under Gas Conditioning,” dalam *Seminar Nasional Teknik Mesin PNJ*, Jakarta, 2018.
- [4] F. Kasin, A. Larsen, C. Andersen, R. Jaiswal dan R. K. Thapa, “Improving Gas Distribution and Evaporation in Gas Cooling Tower at Norcem Brevik,” Department of Process, Energy and Environmental Technology, University of South-Eastern Norway, Norway, 2021.
- [5] A. Otaru, J. Odigure, J. Okafor dan A. Abdulkareem, “Investigation into Particulate Pollutant Concentration From A Cement Plant,” *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT)*, vol. 3, no. 2, pp. 89-96, 2013.
- [6] A. Atmaca dan M. Kanoglu, “Reducing energy consumption of a raw mill in cement industry,” *Energy*, vol. 42, no. 1, pp. 261-269, 2012.
- [7] P. Pareek dan .. S. Sankhla, “Review on vertical roller mill in cement industry & its performance parameters,” *Materials Today*, vol. 44, no. 6, pp. 4621-4627, 2021.
- [8] A. Mokhtar dan M. Nasooti, “A decision support tool for cement industry to select energy efficiency measures,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 28, 2020.
- [9] K. Devi, V. Lakshmi dan A. Alakanandana, “Impact of Cement Industry on Environment- An Overview,” *Asia Pasific Journal of Research*, vol. 1, no. 57, pp. 156-161, 2017.
- [10] U. Sethi, M. Kumari dan D. Shah, “A Review in Desgn and Performance Analysis of Cooling,” *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 3, no. 12, pp. 1553-1556, 2016.
- [11] S. Arba, “Kosentrasi Respirable Debu Particulate Matter (Pm_{2,5}) Dan Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat Di Pemukiman Sekitar PLTU,” *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 9, no. 2, pp. 178-184, 2019.

- [12] XiuXiong, LiLi dan X.-q. Zhou, “Numerical Analysis and Optimization Research on Backflow Effect of Cooling Tower,” *Procedia Engineering*, vol. 2015, pp. 2003-2010, 2017.
- [13] Yuliani, “Incinerator for Municipal Solid Waste Treatment,” *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, vol. 9, no. 2, pp. 89 -96, 2016.
- [14] T. Gao, L. Shen, M. Shen, L. Liu dan F. Chen, “Analysis of material flow and consumption in cement production process,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, no. 1, pp. 553-565, 2016.