

No Urut: 055 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2023  
056 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2023  
057 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/IX/2023

**Laporan Tugas Akhir**

**DESAIN ALAT PENGENDALI PENCEMARAN  
UDARA EMISI GAS ALAT BOILER DAN HEATER DI  
UNIT 101 DAN 105 RFCC KILANG PERTAMINA  
INTERNASIONAL RU IV CILACAP**



**Disusun Oleh :**

**Riesya Dayanti Ibrano / 21080120140154**

**Salwa Nabilah Muaadzah / 21080120140167**

**Theresia Elisabeth A.P / 21080120140151**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul

**DESAIN ALAT PENGENDALI PENCEMARAN UDARA EMISI GAS  
ALAT BOILER DAN HEATER DI UNIT 101&105 RFCC KILANG  
PERTAMINA KILANG INTERNASIONAL RU IV CILACAP.**

Disusun oleh :

Riesya Dayanti Ibrano – 21080120140154  
Salwa Nabiilah Muadzah – 21080120140167  
Theresia Elisabeth A.P. – 21080120140151

Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari :  
Tanggal:

Menyetujui,

Penguji 1

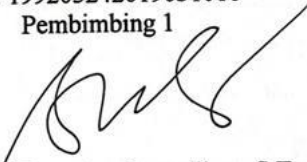


Dr. Eng. Bimastyaji Surya Ramadan  
S.T., M.T.  
NIP. 199203242019031016  
Pembimbing 1

Penguji 2



Dr. Ing. Ir. Sudarno S.T., M.Sc.  
NIP. 197401311999031003  
Pembimbing 2



Dr. Ir. Budi Prasetyo Samadikun, S.T.,  
M.Si., IPM, ASEAN Eng.  
NIP. 197805142005011001



Dr. Ir. Haryono Setiyo Huboyo, S.T.,  
M.T., IPM, ASEAN Eng.  
NIP. 197402141999031002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Ing. Ir. Sudarno S.T., M.Sc.  
NIP. 197401311999031003

---

**Abstrak**

PT. Pertamina RU IV Cilacap merupakan perusahaan yang bergerak di bidang minyak bumi dan gas dengan kapasitas produksi terbesar yaitu 348.000 barrel/hari. Kilang ini menghasilkan emisi pencemaran udara konvensional dari hasil pembakaran sempurna dan tidak sempurna, berupa CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, HC, CO, SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub>. PT. Pertamina RU IV Cilacap berlokasi cukup dekat dengan pemukiman masyarakat sehingga berpotensi meningkatkan polusi atmosfer lokal serta dampak negatif bagi ekosistem dan masyarakat sekitar. Selain itu, PT. Pertamina RU IV Cilacap berencana meningkatkan kapasitas produksi yang dapat meningkatkan emisi udara. Maka dari itu, diperlukan alat pengendali pencemaran udara. Penulisan perancangan ini bertujuan untuk membuat desain alat pengendali pencemaran udara pada Boiler dan Heater unit 101 dan 105 RFCC dengan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 13 Tahun 2009. Hasil dari perancangan ini yaitu boiler dan heater menghasilkan 4 jenis polutan emisi antara lain NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, dan Partikulat (TSP). Alat Pengendali Pencemaran Udara yang akan digunakan adalah Wet Scrubber jenis Packed Tower dengan efisiensi removal sebesar 90-99%, yang mampu mengurangi konsentrasi emisi SO<sub>2</sub>: 90%, NO<sub>2</sub>: 80%, dan Partikulat: 99%.

**Keywords:** Gas Konvensional, Wet Scrubber, Boiler, Heater, Industri Minyak dan Gas.

---

**Abstrack**

*PT. Pertamina RU IV Cilacap is a company engaged in the oil and gas sector with the largest production capacity of 348,000 barrels per day. This refinery produces conventional air pollution emissions from both complete and incomplete combustion, including CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, HC, CO, SO<sub>x</sub>, and NO<sub>x</sub>. PT. Pertamina RU IV Cilacap is located quite close to residential areas, which has the potential to increase local atmospheric pollution and negatively impact the surrounding ecosystem and community. Additionally, PT. Pertamina RU IV Cilacap plans to increase production capacity, which could increase air emissions. This design aims to create an air pollution control for Boiler and Heater units 101 and 105 RFCC, in accordance with the Regulation of the Minister of Environment and Forestry No. 13 of 2009. The design results show that the boiler and heater produce four types of pollutant emissions: NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, and Particulates (TSP). The air pollution control device to be used is a Packed Tower Wet Scrubber with a removal efficiency of 90-99%, capable of reducing SO<sub>2</sub> emissions by 90%, NO<sub>2</sub> by 80%, and Particulates by 99%.*

**Keywords:** Conventional Gasses, Wet Scrubber, Boiler, Heater, Oil and Gas Industry.

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, diketahui bahwa jumlah emisi gas rumah kaca (GRK) yang berasal dari sektor industri di Indonesia sebesar 259 juta ton CO<sub>2</sub>. Salah satu industri dengan angka pertumbuhan yang cukup tinggi di Indonesia adalah sektor industri minyak dan gas bumi. Pengolahan minyak dan gas bumi tentunya membutuhkan bahan baku serta energi yang besar. Disamping proses fisik dan kimia pada proses pengolahan bahan baku, tentu kegiatan ini menghasilkan polusi seperti emisi gas rumah kaca (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, dan emisi lainnya). Hal tersebut dibuktikan melalui data BPS pada tahun 2021, dimana disebutkan bahwa industri minyak dan gas bumi turut menyumbang emisi gas rumah kaca sebesar 35,7 juta ton CO<sub>2</sub>.

PT. Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap merupakan salah satu dari tujuh kilang pengolahan yang ada di Indonesia dengan kapasitas produksi terbesar yaitu 348.000 barrel/hari, yang melakukan pengolahan crude oil menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM), Non Bahan Bakar Minyak (Non BBM), dan petrokimia. Kilang pengolahannya terdiri dari kilang *Fuel Oil Complex* (FOC) I, kilang FOC II, kilang *Lube Oil Complex* (LOC) I, Kilang LOC II, kilang *Utilitas Complex* (UC) I, kilang *Paraxylene*, kilang *Sulfur Recovery Unit* (SRU), dan kilang *Residual Fluid Catalytic Cracking* (RFCC).

Salah satu kilang minyak terbesar di Asia Tenggara adalah Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap. Sebagai fasilitas industri yang beroperasi dalam produksi minyak dan gas, kilang ini menghasilkan emisi pencemaran udara konvensional apabila terjadi pembakaran sempurna dan tidak sempurna, maka gas buang yang dihasilkan selain gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, juga menghasilkan gas beracun seperti HC, CO, SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> (Furhaid dkk, 2011). Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan global yang mempengaruhi kualitas udara dan kesehatan manusia. pencemaran udara menjadi masalah serius dalam industri minyak dan gas

seperti kilang Pertamina. Emisi dari cerobong atau *stack* yang dihasilkan oleh unit *Heater* dan unit *Boiler* dapat berkontribusi terhadap kualitas udara yang buruk. Emisi dari aktivitas industri, termasuk kilang minyak, dapat menyebabkan peningkatan polusi atmosfer lokal serta dampak negatif bagi ekosistem dan masyarakat sekitarnya. Beberapa penyakit yang dapat ditularkan melalui udara yaitu, pneumonia, ISPA, tuberkulosis paru. Contoh penyakit kronisnya yaitu *bronchitis* dan *emphysema* (Safmila & Risnawati, 2018).

Emisi yang berasal dari proses pengolahan minyak dan gas bumi perlu mendapat perhatian khusus, dikarenakan gas yang diemisikan sebagian bersifat toksik dan dapat membahayakan manusia serta lingkungan pemukiman sekitar. Agar tercipta udara yang baik di sekitar wilayah industri diperlukan suatu sistem pengelolaan pencemaran udara yang mencakup proses pemantauan (monitoring) dan pengendalian (*controlling*) pencemaran udara. Berdasarkan informasi yang kami dapatkan melalui wawancara dengan *Head Section* ELCC, Pemantauan (monitoring) kualitas udara yang dilakukan oleh PT. Kilang Pertamina RU IV Cilacap dilakukan dengan dua metode yaitu metode manual yang dilakukan setiap 6 bulan sekali serta metode *Continuous Emission Measurement System* (CEMS). Sedangkan untuk sistem pengendalian pencemaran udara, dimana penelitian Tugas Akhir ini ditempatkan pada Kilang *Residual Fluid Catalytic Cracking* (RFCC) menggunakan alat pengendali pencemar udara emisi gas.

*Cyclone* (101-V-511) sendiri merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan *solid particle* dengan *fuel gas* dari hasil pembakaran katalis agar tidak terbang ke udara. *Cyclone* yang digunakan dengan volume tinggi dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengumpulan, sehingga umumnya digunakan sebagai pembersih awal untuk menghilangkan partikel yang lebih besar sebelum gas melewati peralatan *cyclone* lainnya. *Cyclone* dapat dioptimalkan untuk mendapatkan efisiensi pengumpulan yang tinggi dengan menggunakan diameter kecil, silinder panjang, dan kecepatan saluran masuk tinggi (Miller, 2017). Faktor yang mempengaruhi kinerja *cyclone*, yaitu dimensi *cyclone* pemisah (Hsu *et al.*, 2014), sifat fisik gas, umur alat, dan kondisi operasi (Gimbun *et al.*, 2004). Sifat fisik tersebut adalah densitas dan viskositas gas. Kondisi operasi dapat meliputi

suhu, kecepatan masuk gas dan geometri *cyclone*. Suhu gas yang masuk ke peralatan perlu mendapat perhatian karena penurunan suhu dapat menyebabkan penggumpalan senyawa yang terkondensasi sepanjang saluran pipa dan peralatan lainnya.

Revolusi industri dan kemakmuran sosial ekonomi berkaitan dengan penggunaan bejana tekan atau *boiler* yang akan meningkatkan bahaya bahaya termasuk ledakan *boiler*/bejana tekan, kematian, cedera, kebakaran, kerusakan properti, kerugian komersial dan finansial (Paul at al., 2020) . Jika *boiler* retak oleh tekanan internal, uap jenuh dan air menguap secara tiba-tiba. Pada saat itu, volume uap jenuh dan air meningkat hingga ribuan volume. Kegagalan *boiler burner* ini dapat menyebabkan bencana yang fatal (Kim, 2017). Dilansir pada detik.com terjadi 6 kecelakaan yang disebabkan oleh *Boiler* dari tahun 2016-2023. Salah satunya yaitu di PT. Pertamina Refinery Unit Balongan pada tahun 2019 dan PT. Pertamina Refinery pada tahun 2023 (Endra Yuafendi, DKK. 2023). Ada beberapa hal yang menyebabkan *Boiler* mengalami penurunan efisiensi hingga dapat menyebabkan kecelakaan kerja, seperti kebocoran pipa, kualitas bahan bakar, kualitas air yang buruk sehingga dapat menyebabkan korosi. Efisiensi pada *Boiler* dapat didefinisikan kedalam tiga acara yaitu efisiensi pembakaran, efisiensi termal, dan efisiensi bahan bakar- uap air. Efisiensi *Boiler* memiliki rata-rata 75%-80% (Hendaryati,2012). Asap yang akan dihasilkan dari pembakaran *boiler* juga bisa menjadi boomerang apabila terjadi ketidaksesuaian antara jumlah udara yang di *supply* dengan bahan bakar yang di transfer kedalam burner, maka akan terbentuk *unburned fuel*, jelaga (*soot*), asap dan karbon monoksida yang keluar melalui *stack*. Sehingga mengakibatkan perpindahan panas di dalam *boiler* akan terhambat, terjadinya polusi, efisiensi pembakaran menjadi rendah, pola api menjadi tidak stabil dan menyebabkan adanya potensi ledakan. (Monce.K, 2018).

Selain itu alat yang digunakan oleh PT. Pertamina Cilacap menggunakan sistem *Heater*, sebagai media penerima panas ditempatkan di dalam pipa- pipa spiral yang ditempatkan di dalam tungku pemanas yang dirancang sedemikian rupa, kemudian dipanaskan dengan api yang bersumber dari *burner* (pemanas) berbahan bakar tertentu. *Heater* berkapasitas kecil cukup menggunakan energi listrik (*electrical*

*heater*) sebagai pemanas, namun untuk skala besar penggunaan energi listrik tidak lagi efisiensi. Oleh karena itu lebih efektif menggunakan gas, solar atau bahan bakar padat (batu bara atau biomassa) *temperature* pada *Heater* 300 derajat.

Semakin meningkatnya jumlah kapasitas produksi di PT. Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap, maka penggunaan *Heater* akan semakin tinggi, serta umur alat yang semakin bertambah dapat menyebabkan penurunan efisiensi dari kinerja *Heater*. Mengingat beberapa peralatan proses produksi dan *system utilitas* di PT. Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap telah memiliki umur pakai yang sudah harus mengalami revitalisasi, diantaranya adalah *Heater*.

Oleh karena itu, perlu dilakukan Desain alat pengendali pencemaran udara emisi gas unit *Boiler* dan *Heater* sangat penting untuk mengurangi emisi gas polutan ke *atmosfer*. Alat pengendali pencemaran udara emisi gas ini bertujuan untuk menangkap partikel-partikel dan gas berbahaya sebelum dilepaskan ke lingkungan. Beberapa teknologi kontrol pencemaran udara yang umum digunakan termasuk filter partikel, *wet gas scrubber*, *electrostatic precipitator*, *FGD*, siklon dan lain-lain.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka dapat ditemukan idenifikasi masalah sebagai acuan perencanaan yaitu:

1. Pengendalian emisi pada unit *Heater* dan *Boiler* di Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap yang masih melebihi standar baku mutu sehingga mencemari pemukiman warga sekitar.
2. Desain alat pengendali pencemaran udara *unit Heater* dan *Boiler* Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap dikarenakan belum adanya alat pengendali pencemaran udara emisi gas.
3. Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap belum memiliki alat pengendali pencemar udara sehingga belum memiliki gambaran rencana anggaran biaya yang tepat

### 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam desain alat pengendali pencemaran udara dan Re-Desain alat heater dan unit Boiler di Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap meliputi :

1. Bagaimana emisi yang dihasilkan dari proses produksi Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap?
2. Bagaimana kondisi eksisting alat pengendalian pencemaran udara di Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap?
3. Bagaimana perancangan alat pengendali pencemaran udara yang sesuai dengan kebutuhan produksi Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap?

### 1.4 Rumusan Tujuan

Tujuan dari perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan mengestimasi timbulan emisi serta sebarannya dari unit *Heater* dan *Boiler* Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap.
2. Menganalisis kondisi eksisting alat pengendali pencemaran udara di Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap.
3. Merancang alat pengendali pencemaran udara yang sesuai dengan kebutuhan produksi Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap dalam meningkatkan kualitas udara.

### 1.5 Pembatasan Masalah

Tugas akhir ini dibatasi pada bahasan yang terdiri dari:

1. Lokasi perencanaan yang dipilih yaitu Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap, Jalan M.T. Haryono No.77, Lomanis, Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah 53221, Indonesia.
2. Data yang digunakan baik data primer maupun sekunder bersumber dari Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap
3. Perencanaan alat pengendali pencemaran udara hanya mencakup unit *Heater* dan *Boiler* di Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap.



## 1.6 Rumusan Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari perencanaan ini meliputi

1. Bagi mahasiswa
  - Memberikan referensi alat pengendali pencemaran udara khususnya pada industri minyak dan gas.
  - Memberikan informasi pengaruh pencemaran udara khususnya pada industri minyak dan gas.
2. Bagi masyarakat
  - Meningkatkan kualitas udara di masyarakat sekitar area Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap.
  - Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kualitas udara di sekitar area Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap.
3. Bagi perusahaan terkait

Memberikan usulan desain alat pengendali pencemaran udara yang dapat diaplikasikan pada usaha yang dijalankan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R. D. (2017). *Strategi Pengendalian Pencemaran Gas CO dari Aktivitas Transportasi di Kota Batu, Jawa Timur*. Surabaya: Institusi Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ariyani, R. Nurinayah, F., Yayuk, Z. (2022). *Perencanaan Mitigasi Pencemaran Udara Kota Surakarta*. Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Bennett, G. F. (1994). *Alat pengendali pencemaran udara and design for industry*: edited by P.N. Cherimisinoff, Marcel Dekker, New York, NY, 1993, 589 pages, price US\$ 150, ISBN 0-8247-9057-X. *Journal of Hazardous Materials*.
- Daly, A., & Zannetti, P. (2007). *An Introduction to Air Pollution – Definitions, Classifications, and History: Ambient Air Pollution*. The Arab School for Science and Technology (ASST), The Enviro Comp Institute: Fremont, CA, USA di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean. *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 25-26 Agustus*. pp. 99-106.
- Endra Yuafanedi Arifianto, Ahmad Safii, Syarip Hidayat. (2023). Analisis HIRARC pada Pekerjaan Boiler di Unit Utilities PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) Refinery Unit (RU) VI Balongan. *Jurnal of Industrial View*. Vol 5, No 1, Hal 81-90.
- Furhaid, N., Sahbana, M.A dan Arianto, A. (2011). Pengaruh Medan Elektromagnet terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Motor Bensin. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Mesin*, Vol. 3, No.1.
- Gimbin, -J., Choong, T, S, -Y., Razi, A, -F., Ghuah, T, -G., (2004). *Prediction of the effect of dimension, particle density, temperature, and inlet velocity on cyclone collection efficiency*. *Jurnal Teknologi Universiti Teknologi Malaysia*. 40, 37-50. <https://doi.org/10.11113/jt.v40.421>
- Giyatmi. (2008). Penurunan Kadar Cu, Cr dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak
- Haryanti, N., Sanjaya, F. L., & Suprihadi, A. (2021). *Rancang Bangun Kerangka Turbin Ulir Archimedes Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbantu Perangkat Lunak Solidworks 2016*. Politeknik Harapan Bersama.
- Hendaryati, H. (2012), Analisis Efisiensi Termal pada Ketel Uap di Pabrik Gula Kebun Agung Malang, *Jurnal Gamma*, Volume 8, Nomor 1, September 2012: 148 - 153.
- Hsu, C, -W., Huang, S, -H., Lin, C, -W., Hsiao, T, -C., Lin, W, -Y., Chen, C, -C., (2014). *An experimental study on performance improvement of the stairmang cyclone design*. *Aerosol and Air Quality Research*. 14(3), 1003-1016. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2013.04.0129>
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 1, 241–248.

- Keputusan Kepala Bapedal No. 205. (1996). *Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara Sumber Tidak Bergerak*.
- Kim, E. S. (2017). Fracture Analysis of Tube Boiler for Physical Explosion Accident. *Forensic Science International*.
- M. Ali, A. Raikhani, B. Budiman, and H. Sopian, —Algoritma Persaingan Imperialis Sebagai Optimasi Kontroler PID dan ANFIS Pada Mesin Sinkron Magnet Permanen, *JEEE-U. Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 57–81, Apr. 2019, doi: 10.21070/jeee-u.v3i1.2023.
- Miller, BG. (2017). *Clean Coal Engineering Technology*. Elsevier, London
- Moncef Krarti. (2018). *Otimal Design and Retrofit of Energy Efficient Buildings, Communities, and Urban Centers*. ISBN 978-0-12-849869-9.
- Mulia, M. J. S. (2019). *Rancang Bangun Pemantau Kualitas Pencemaran Udara Menggunakan Sensor Di Industri Gula Berbasis Android*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Murni. (2012). *Buku Ajar Ketel Uap*. Semarang: Lembaga Pengembangan dan Penjamin Mutu Pendidikan Universitas Diponegoro.
- Paul, A. R., Alam, F., Jain, A., & Ali, M. S. (2020). Boiler Safety in South Asia. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 101(5), 761–769.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 13 tahun (2009) tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi
- Putra, Setiabudi, R. N., Wardhana, I. w., & Sutrisno, E. (2017). Analisis Dampak Kegiatan Car Free Day Terhadap Kualitas Udara Karbon Monoksida (Co) Di Sekitar Area Simpang Lima Menggunakan Program Caline 4 Dan Surfer Studi Kasus: Kota Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Retrieved from *Jurnal Teknik Lingkungan*: [https://media.neliti.com/media/publications/192\\_188-IDanalisis-dampak-kualitas-udara-karbon-mo.pdf](https://media.neliti.com/media/publications/192_188-IDanalisis-dampak-kualitas-udara-karbon-mo.pdf)
- Rosyadi, I., Sudrajad, A., Satria, D., & Yusuf, Y. (2017). Pneumatik Dengan Menggunakan Simulasi Cfd. *Jurnal Teknik Mesin UNTIRTA*
- Ruslinda, Yenni, & Hafidawati. (2012). *Evaluasi Performance Heat Exchanger 211/212 E-6 Dan 211/212 E- 7, Di Hydrocracking Complex (HCC) PT. Pertamina RU II Dumai*. Universitas Riau
- Safmila, Y., & Risnawati. (2018). Hubungan Kebersihan Lingkungan Dan Pencemaran Udara Dengan Tanggapan Masyarakat Terhadap Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Banda Aceh. *Majalah Kesehatan Masyarakat Aceh (Makma)*
- Saragih, 2008. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau sebagai Adsorben. *Tesis Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik – Fakultas Teknik Universitas Indonesia*.

- Srikandi. (1992). *“Polusi Air dan Udara”*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Sumarni, A.H., Muralia, H., Rasdiana,Z.,Estu.,R.I. (2018). Aplikasi Model Aermod Dalam Memprediksi Sebaran Emisi Cerobong Asap Pltd Tello. *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains Dan Teknologi Ke-4 Tahun 2018*.
- Suyitno. 2005. *Analisis CFD Untuk Kerja Siklon Dengan Menggunakan Model Turbulen Spalart-Allmaras dan RNG*. Media Mesin Volume 6 No. 2 Julio 2005. ISSN 1441-4348 Totowa.
- Tulandi, Gabriele, D., & Handriyono, R. E. (2019). Analisis Konsentrasi CO Pada Kegiatan Industri Pengasapan Ikan Di Tambak Wedi Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan 1. Surabaya*.
- Wang, L. K., Pereira, N. C., Hung, Y. T, 2004, *Pollution Control Engineering Inc.*,