

**VENTURY WET SCRUBBER MENGGUNAKAN CAIRAN
AMONIA UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG PADA
INSINERATOR**

Skripsi

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Sarjana S1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh:

Agil Maulana

NPM. 3331210022

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2025

TUGAS AKHIR

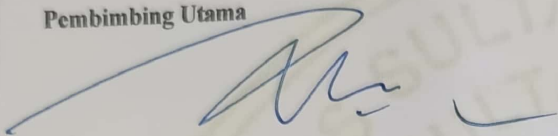
VENTURY WET SCRUBBER MENGGUNAKAN CAIRAN AMONIA UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG PADA INSINERATOR

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

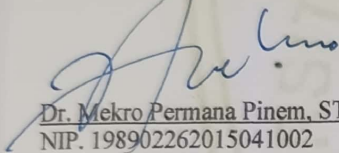
Agil Maulana
3331210022

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 24 April 2025

Pembimbing Utama

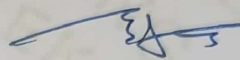


Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng.
NIP. 197505152014041001

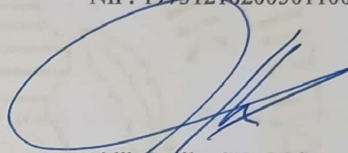


Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002

Anggota Dewan Penguji



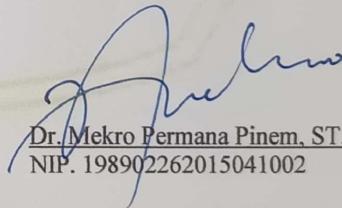
Slamet Wiyono, ST., MT.
NIP. 197312182005011001



Sidik Susilo, ST., M.Sc.
NIP. 198806052019031006



Dr. Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng.
NIP. 197505152014041001



Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002

**Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Tanggal, 06 Mei 2025
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA

Ir. Dhimas Satria, ST., M.Eng
NIP. 198305102012121006

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agil Maulana
NPM : 3331210022
Judul : *Ventury Wet Scrubber* Menggunakan Cairan Amonia Untuk
Mereduksi Emisi Gas Buang Pada Insinerator

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Serang, 28 April 2025



Agil Maulana

3331210022

ABSTRAK

VENTURY WET SCRUBBER MENGGUNAKAN CAIRAN AMONIA UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG PADA INSINERATOR

Disusun oleh:

Agil Maulana

NIM. 3331210022

Insinerator merupakan sebuah alat pembakar sampah yang mengubah sampah menjadi gas dan abu. Insinerator, meskipun efektif dalam mengurangi volume sampah, menghasilkan emisi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan karbon dioksida (CO_2), yang berkontribusi dalam pemanasan global. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh larutan amonia pada *ventury wet scrubber* dalam mereduksi emisi gas buang dari insinerator. Amonia dipilih karena sifatnya yang tidak menghasilkan gas karbon dan mampu mengikat gas polutan berbahaya. Pada penelitian ini penulis menggunakan tiga variabel yaitu pembakaran tanpa *scrubber* (AA0), pembakaran menggunakan *scrubber* dengan larutan amonia konsentrasi 1% (AA1) dan dengan larutan amonia konsentrasi 3% (AA3). Dengan bahan yang dibakar merupakan sampah seberat 5kg, dan menggunakan alat ukur gas *analyzer*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa emisi gas buang CO secara berurutan adalah 0,369% untuk AA0, 0,118% untuk AA1, dan 0,032%. Emisi gas buang selanjutnya menunjukkan bahwa emisi gas HC adalah 63,83ppm untuk AA0, 24,17 ppm untuk AA1, dan 14 ppm untuk AA3. Selanjutnya yaitu nilai emisi gas CO_2 menunjukkan 6,05% untuk AA0, 2,56% untuk AA1, dan 2,23 untuk AA3. Nilai emisi gas yang terakhir yaitu oksigen O_2 , didapatkan dan menunjukkan 14,97% untuk AA0, 18% untuk AA1, dan 17,99% untuk AA3. Maka penggunaan cairan amonia dapat mempengaruhi nilai emisi gas buang pada insinerator pada penggunaan di *ventury wet scrubber*.

Kata kunci: Amonia, Emisi Gas, Insinerator, Sampah, *Ventury wet Scrubber*

ABSTRACT

VENTURY WET SCRUBBER USING AMMONIA LIQUID TO REDUCE FLUE GAS EMISSION AT INCINERATORS

Written by:

Agil Maulana

NIM. 3331210022

An incinerator is a waste burning device that converts waste into gas and ash. Incinerators, although effective in reducing waste volume, produce harmful gas emissions such as carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), and carbon dioxide (CO_2), which contribute to global warming. This study aims to analyze the effect of ammonia solution in the ventury wet scrubber in reducing flue gas emissions from the incinerator. Ammonia was chosen because it does not produce carbon gas and is able to bind harmful pollutant gases. In this study the authors used three variables, namely combustion without scrubbers (AA0), combustion using scrubbers with 1% concentration ammonia solution (AA1) and with 3% concentration ammonia solution (AA3). With the material burned is 5kg of waste, and using a gas analyzer measuring instrument. The results showed that CO exhaust emissions were 0.369% for AA0, 0.118% for AA1, and 0.032%, respectively. The subsequent exhaust gas emissions showed that HC gas emissions were 63.83ppm for AA0, 24.17 ppm for AA1, and 14 ppm for AA3. The next gas emission value of CO_2 showed 6.05% for AA0, 2.56% for AA1, and 2.23 for AA3. The last gas emission value, oxygen O_2 , was obtained and showed 14.97% for AA0, 18% for AA1, and 17.99% for AA3. So the use of ammonia liquid can affect the value of exhaust emissions in the incinerator when used in the ventury wet scrubber.

Keyword: *Ammonia, Gas Emissions, Incinerator, Waste, Ventury Wet Scrubber*

KATA PENGHANTAR

Puji syukur penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis berhasil menyelesaikan Laporan Tugas Akhir. Laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan sarjana S1 di jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Adapun pokok bahasan pada tugas akhir ini adalah : “VENTURY WET SCRUBBER MENGGUNAKAN CAIRAN AMONIA UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG PADA INSINERATOR”. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu

1. Orang tua dan keluarga besar penulis, yang selalu memberikan semangat, motivasi dan bantuan baik secara moril maupun materil.
2. Bapak Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Kurnia Nugraha, S.T., M.T dan Ibu Dr. Dra. Hj, Rina Lusiana, M.T Selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dalam pelaksanaan perkuliahan ini.
4. Bapak Dr.Eng. Ir. Agung Sudrajad,S.T., M.Eng Selaku dosen pembimbing 1 tugas akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran dalam membimbing saya selama proses penelitian ini.
5. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T Selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir ini, yang telah memberikan segala pikiran, arahan, motivasi serta meluangkan waktu dalam proses penelitian.
6. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T., M.T Selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin .
7. Bapak/Ibu Dosen dan staf pengajar jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang sudah memberikan ilmu selama proses perkuliahan.

8. Teman – Teman satu tim Insinerator VOL.3 dalam proses penelitian tugas akhir penulis sehingga bisa menyelesaikan penelitian ini.
9. Angkatan Rocket yang telah memberikan dukungan dan menemani selama proses perkuliahan hingga menyelesaikan penelitian ini.
10. Serta semua pihak yang banyak membantu penulis dalam penyusunan laporan ini namun tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam skripsi ini, penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang sifatnya membangun guna penyempurnaan laporan ini dimasa mendatang. Harapan penulis skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis umumnya bagi pembaca.

Cilegon, April 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. <i>State Of Art</i>	4
2.2. Insinerator.....	7
2.3. Karakteristik Sampah	8
2.4. Wet Scrubber.....	9
2.5. Ventury Wet Scrubber.....	11
2.6. Amonia	13
2.7. Reaks Amonia Terhadap Emisi Gas Buang	15
2.8. Teknologi Spray Amonia Untuk Mereduksi Emisi Gas Buang	16
2.9. Larutan	18
2.10. Emisi Gas Buang	19
2.11. Standar Emisi Gas Buang	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	26
3.2	Alat dan Bahan yang digunakan	28
3.3	Variabel Penelitian	35
3.4	Metode Penelitian.....	35
3.5	<i>Sampling Point</i>	38
3.6	Spesifikasi Alat Pengujian	39
3.7	Prosedur Penelitian	41
	3.5.1 Prosedur Persiapan Penelitian	41
	3.5.2 Prosedur Pencampuran Larutan Amonia.....	42
	3.5.3 Prosedur Pengambilan Data	42
3.8	Penggunaan Konsentrasi Larutan Cairan Amonia	43
3.9	Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	43

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Emis Gas Karbon Monoksida (CO)	44
4.2	Analisa Emisi Gas Hidrokarbon (HC)	45
4.3	Analisa Emisi Gas Karbon Dioksida (CO_2)	47
4.4	Analisa Kandungan Gas Oksigen (O_2).....	49
4.5	Analisa Batas Ambang Nilai Emisi Berdasarkan Standar	50

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu buangan atau sisa penggunaan suatu hasil proses produksi. Sampah juga merupakan salah satu permasalahan umum yang ada pada dunia ini, dikarenakan kurang sadarnya akan kebersihan lingkungan. Menurut *World Health Organization* (WHO), diperkirakan pada tahun 2025 volume sampah global akan meningkat sebesar 70% dari 1,3 miliar ton per tahun menjadi 2,2 miliar ton per tahun. Peningkatan jumlah sampah ini terutama terjadi di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Menurut sistem informasi pengelolaan sampah nasional (SIPSN) tahun 2024 data sampah yang timbul sebanyak 25.895.787,52 ton/tahun. Data sampah yang tidak terkelola sebanyak 9.848.603.53 ton/tahun yang mana berdasarkan data tersebut maka sebanyak 38,03% sampah yang tidak terkelola disetiap tahunnya. Sampah di Indonesia juga berdasarkan data sumber sampah sebanyak 54,51% sampah berasal dari rumah tangga dan sisanya berasal dari perkantoran, perdagangan, dan sebagainya.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam mengurangi volume sampah ialah dengan cara dibakar dan salah satu alat pembakar sampah ini adalah insinerator. Insinerator merupakan alat yang memanfaatkan sistem insinerasi, sebuah metode yang digunakan untuk menghancurkan sampah padat melalui proses pembakaran. Sampah padat yang digunakan sebagai bahan bakar dalam proses ini dibakar pada suhu tinggi, berkisar antara 600°C hingga 1000°C, sehingga sampah tersebut terurai menjadi abu [1]. Pencemaran lingkungan akibat emisi gas buang dan partikel abu dari proses pembakaran sampah dapat dikurangi dengan melengkapi insinerator dengan peralatan pengumpul abu (*dust collector*) serta alat untuk menurunkan kadar nitrogen oksida dan sulfur oksida. Namun, penggunaan insinerator memiliki kelemahan karena menghasilkan emisi CO₂ dalam jumlah besar, serta potensi pelepasan gas beracun yang dapat berkontribusi pada pemanasan

global. Oleh karena itu, diperlukan peralatan pengolah gas buang basah (*wet gas*) untuk menangani emisi setelah proses pembakaran [2]. Emisi gas yang tinggi dapat mencemarkan lingkungan serta menjadikan kualitas oksigen di lingkungan kita semakin berkurang dan dapat menghasilkan gas rumah kaca. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, diperlukan teknologi pengendalian emisi yang efektif. Salah satu alat yang menjanjikan adalah *Ventury wet scrubber*. *Ventury wet scrubber* adalah alat pengendalian pencemaran udara yang bekerja dengan prinsip mengkontakkan udara yang mengandung partikulat halus dengan tetesan cairan [3]. Dalam upaya mereduksi gas buang yang dihasilkan dari insinerator, salah satu metode yang dikembangkan yaitu penggunaan *ventury wet scrubber*. Dalam upaya meningkatkan efisiensi penyerapan gas buang, penelitian ini mengembangkan penggunaan cairan amonia dalam *ventury wet scrubber*. Amonia dipilih karena sifatnya yang tidak mengandung karbon sehingga tidak menghasilkan emisi karbon selama proses pembakaran. Selain itu, amonia memiliki kemampuan untuk mengikat gas polutan berbahaya seperti nitrogen oksida. Maka dari itu peneliti meneliti tentang “*Ventury Wet Scrubber* menggunakan cairan amonia untuk mereduksi emisi gas pada insinerator”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penggunaan cairan amonia pada *ventury wet scrubber* untuk mereduksi emisi gas buang pada insinerator.

1.3 Tujuan Penelitian

Maka tujuan diadakan nya penelitian ini adalah menganalisa penurunan emisi gas buang dari insinerator dalam proses pembakaran sampah meliputi nilai emisi gas CO, CO₂, O₂, dan HC dengan menggunakan amonia.

1.4 Batasan Masalah

Dalam hal ini peneliti membatasi dalam proses penelitian ini, berikut merupakan batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Alat pembakar sampah atau insinerator yang digunakan berasal dari laboratorium jurusan teknik mesin.
2. Sampah yang digunakan adalah sampah kering campur seberat 5 kg.
3. Amonia yang digunakan berjenis ammonium hidroksida dengan konsentrasi 25%.
4. Alat ukur uji emisi menggunakan Gas Analyzer HG-520.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi pemerintah
Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan lingkungan, khususnya dalam pengelolaan dan pengurangan emis gas buang dari insinerator, serta sebagai upaya dalam meningkatkan kualitas udara.
2. Bagi industri
Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi industri yang menggunakan insinerator dalam proses pembakarannya, terutama dalam memilih bahan yang efektif untuk mereduksi gas buang, sehingga memenuhi standar lingkungan yang sudah ditetapkan.
3. Bagi masyarakat
Dengan adanya penelitian ini, harapannya masyarakat dapat memperoleh manfaat berupa peningkatan kualitas udara dilingkungan sekitar, serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan emisi gas buang yang lebih ramah bagi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. L. Said dan Hernawati, J. Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, and U. Alauddin Makassar, “Rancang Bangun Insinerator Dua Tahap (Solusi Mengatasi Polusi Udara Pada Pembakaran Sampah),” *JFT. No.1*, vol. 4, no. 1, pp. 38–48, 2017.
- [2] H. Susastrio, D. Ginting, E. W. Sinuraya, and G. M. Pasaribu, “Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi Dalam Upaya Untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 1, pp. 28–34, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.8137.
- [3] N. de Nevers, *Air Pollution Control Engineering (2nd ed.)*, Second Ed. Waveland Press, 2010.
- [4] R. Sivasubramanian, J. B. Sajin, and G. Omanakuttan Pillai, “Effect of ammonia to reduce emission from biodiesel fuelled diesel engine,” *Int. J. Ambient Energy*, vol. 43, no. 1, pp. 661–665, 2022, doi: 10.1080/01430750.2019.1663367.
- [5] A. J. Reiter and S. C. Kong, “Demonstration of compression-ignition engine combustion using ammonia in reducing greenhouse gas emissions,” *Energy and Fuels*, vol. 22, no. 5, pp. 2963–2971, 2008, doi: 10.1021/ef800140f.
- [6] H. Jayadi, F. Hendrarinata, B. Suyanto, and S. Sunaryo, “Chimney Filter Model Wet Scrubber to Reduce Air Pollutant Emissions on the Incinerator,” *Heal. Notions*, vol. 5, no. 2, pp. 41–45, 2021, doi: 10.33846/hn50201.
- [7] D. Gonzalez-Garza, R. Rivera-Tinoco, and C. Bouallou, “Comparison of ammonia, monoethanolamine, diethanolamine and methyl-diethanolamine solvents to reduce CO₂ greenhouse gas emissions,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 18, pp. 279–284, 2009, doi: 10.3303/CET0918044.
- [8] C. Locci, L. Vervisch, B. Farcy, P. Domingo, and N. Perret, “Selective Non-catalytic Reduction (SNCR) of Nitrogen Oxide Emissions: A Perspective from Numerical Modeling,” *Flow, Turbul. Combust.*, vol. 100,

no. 2, pp. 301–340, 2018, doi: 10.1007/s10494-017-9842-x.

- [9] D. Damma, P. R. Ettireddy, B. M. Reddy, and P. G. Smirniotis, *A review of low temperature NH₃-SCR for removal of NO_x*, vol. 9, no. 4. 2019. doi: 10.3390/catal9040349.
- [10] H. Bai and A. C. Yeh, “Removal of CO₂ greenhouse gas by ammonia scrubbing,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 36, no. 6, pp. 2490–2493, 1997, doi: 10.1021/ie960748j.
- [11] Z. Lating *et al.*, “Pemberdayaan Masyarakat Sebagai Upaya Pemanfaatan Insenerator Dalam Mengelola Sampah Anorganik,” *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 3, pp. 55–59, 2021.
- [12] F. Primajodi, A. Sudrajad, and Y. Yusuf, “Emisi Karbon Dioksida Dan Hidrokarbon Pada Incinerator Dengan Penyaring Udara Berbasis Electrostatic Precipitator _Fani Primajodi,” *J. Tek. Mesin*, pp. 1–10, 2022.
- [13] B. Martana, S. Sulasminingsih, and M. A. Lukmana, “Perencanaan Dan Uji Performa Alat Pembakar Sampah Organik,” *Bina Tek.*, vol. 13, no. 1, p. 65, 2017, doi: 10.54378/bt.v13i1.22.
- [14] A. Sudrajad and I. Syaefulloh, “Performance and Pollution Control Analysis of Municipal Solid Waste Incinerator Type Fluidized Bed,” *Eng. Res.*, vol. 210, pp. 402–404, 2022, doi: 10.2991/aer.k.220131.060.
- [15] L. M. Arief, *Pengolahan Limbah Industri*. Yogyakarta: CV ANDI OFFSET, 2016.
- [16] T. M. Linda, *Ecobrick Solusi Penanganan Sampah Plastik*. Jakarta: CV Graf Literasi, 2021.
- [17] N. H. A. A, S. Prajogo, and A. S. Kurniasetiawati, “Perancangan Wet Scrubber Kapasitas 0,72 m³/jam pada Proses Pemurnian Biogas dari Kotoran Sapi,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 13, no. 01, pp. 850–858, 2022, doi: 10.35313/irwns.v13i01.4178.
- [18] F. Rahmawati, B. P. Samadikun, and M. Hadiwidodo, “Performance Evaluation of Cyclone Particulate Controller and Wet Scrubber Unit in Paper Mill 7/8 PT. Pura Nusapersada Kudus,” *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 17, no. 2, pp. 144–153, 2020, doi: 10.14710/presipitasi.v17i2.144-153.

- [19] R. B. Waode Nurul Roisyah Aminy Budiman, "Perecanaan Emisi PM 10 pada Industri Peleburan Baja Cilegon - Banten," pp. 1–124, 2018.
- [20] I. Kurniawan, A. Sholeh, and P. D. Mariadi, "Pemeriksaan Amonia dalam Air Menggunakan Metode Fenat dengan Variasi Suhu dan Waktu Inkubasi," *Gunung Djati Conf. Ser.*, vol. 7, pp. 77–82, 2022.
- [21] H. H. Dahlan, E. Dewi, and A. S. Utami, *Modul Ajar Proses Industri Kimia*. Palembang: Bening Media Publishing, 2023.
- [22] N. Fardhilah, *Memahami Unsur, Senyawa, dan Campuran*. Semarang: ALPRIN, 2019.
- [23] V. V. Kosegeran, E. Kendekallo, S. R. U. A. Sompie, and B. Bahrin, "Perancangan alat ukur kadar karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂) dan hidro karbon (HC) pada gas buang kendaraan bermotor," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 50–56, 2013, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/2146>
- [24] Philip Kristanto, "Sistem Injeksi Hidrogen untuk Mengurangi Emisi Hidrokarbon," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 122–126, 1999,
- [25] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, "Baku Mutu Emisi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Sampah secara Termal," *Peratur. Menteri Lingkung. Hidup dan Kehutan. Nomor 70 Tahun 2016*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [26] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun," *Menteri Lingkung. Hidup Dan Kehutan. Republik Indones.*, no. April, pp. 5–24, 2021.