

**RANCANG BANGUN ALAT PENYARING POLUTAN CO DAN
CO₂ PADA EMISI KENDARAAN BERMOTOR DENGAN
PEMANFAATAN ARANG AKTIF DAUN TREMBESI
(*Samanea saman*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**AL HAFIDH RAHMAN
NIM. 160702027
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM - BANDA ACEH
2022 M / 1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN ALAT PENYARING POLUTAN CO DAN CO₂ PADA
EMISI KENDARAAN BERMOTOR DENGAN PEMANFAATAN ARANG
AKTIF DAUN TREMBESI (*Samanea saman*)**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

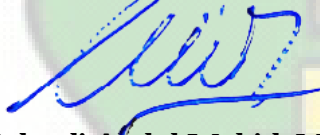
Diajukan oleh:

Al Hafidh Rahman
NIM. 160702027

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar- Raniry Banda Aceh

Banda Aceh, 30 Desember 2021
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,



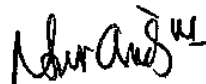
Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN. 2015118002

Pembimbing II,



Hadi Kurniawan, M.Si
NIDN. 2004038501

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Eng Nur Aida, M.Si
NIDN. 2016067801

LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN ALAT PENYARING POLUTAN CO DAN CO₂ PADA
EMISI KENDARAAN BERMOTOR DENGAN PEMANFAATAN ARANG
AKTIF DAUN TREMBESI (*Samanea saman*)**

TUGAS AKHIR

**Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Uin Ar-Raniry Dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan**

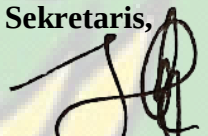
Pada Hari/ Tanggal : Kamis, 30 Desember 2021
26 Jumadil Awal 1443 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

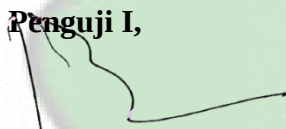
Ketua,


Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN. 2015118002

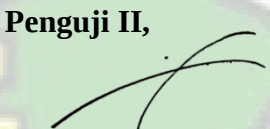
Sekretaris,


Hadi Kurniawan, M.Si
NIDN. 2004038501

Penguji I,


Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc
NIDN. 2013128901

Penguji II,


Arief Rahman, M.T
NIDN. 20100038901

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh**



Dr. Azhar Amsal, M.Pd
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Al Hafidh Rahman
NIM : 160702027
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Penyaring Polutan CO dan CO₂
Pada Emisi Kendaraan Bermotor Dengan Pemanfaatan
Arang Aktif Daun Trembesi (*Samanea saman*)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkannya;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya bersedia dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 29 Desember 2021

Yang menyatakan,



Al Hafidh Rahman

NIM. 160702027

ABSTRAK

Nama : Al Hafidh Rahman
NIM : 160702027
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Rancang Bangun Alat Penyaring Polutan CO dan CO₂ Pada Emisi Kendaraan Bermotor Dengan Pemanfaatan Arang Aktif Daun Trembesi (*Samanea saman*)
Tanggal Sidang : 30 Desember 2021
Jumlah Halaman : 73
Pembimbing I : Mulyadi Abdul Wahid, M.sc
Pembimbing II : Hadi Kurniawan. M.Si.
Kata kunci : Arang Aktif, Daun Trembesi (*Samanea saman*), Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO₂).

Keberadaan udara di permukaan bumi menjadi salah satu faktor penting keberlangsungan makhluk hidup di dalamnya. Kualitas udara ambien Indonesia mengalami penurunan dan masuk ke dalam kategori tidak baik bagi kelompok sensitif. Penyebab pencemaran udara terbesar berasal dari kendaraan bermotor, yaitu 85% berasal dari hasil pembakaran pada mesin kendaraan bermotor. Tanaman trembesi merupakan tanaman yang paling efektif dalam menyerap polutan karbon di udara. Arang aktif merupakan karbon yang memiliki daya serap lebih baik terhadap kation, anion dan molekul senyawa organik maupun anorganik. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan alat saring polutan udara CO dan CO₂ dari arang aktif daun trembesi. Penelitian dilakukan dengan membuat alat saring polutan dengan 3 jenis adsorben yang berbeda, yaitu adsorben bubuk kertas, adsorben ekstrak daun trembesi dan adsorben arang aktif daun trembesi. Pengumpulan data penelitian menggunakan 2 jenis kendaraan dengan tahun keluaran dan mesin yang berbeda. Pengukuran konsentrasi kadar polutan menggunakan instrumen *Gas Analyzer tester* dengan tipe Korean Iyasaka AET-4000Q. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adsorben terbaik adalah arang aktif daun trembesi dengan daya serap CO 100% dan CO₂ 36,29% dengan menggunakan mobil toyota agya tahun 2018 dengan tipe mesin Dual VVT-I teknologi *eco indicator*, untuk mobil starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin tipe karburator berhasil diserap CO sebesar 9,65% dan CO₂ sebesar 7,2%.

ABSTRACT

Name : Al Hafidh Rahman
NIM : 160702027
Department : Environmental Engineering
Title : Design and Construction of CO and CO₂ Pollutant Filter Device with Adsorption of Activated Charcoal from Trembesi Leaves (*Samanea saman*)
Date of Session : 2021, December 30
Number of pages : 73
Advisor I : Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
Advisor II : Hadi Kurniawan, M.Si.
Keywords : Trembesi Leaves (*Samanea saman*), Activated Charcoal, Carbon Monoxide (CO), Carbon Dioxide (CO₂).

The air's existence on the surface of the earth is one of the important factors for the survival of living things on it. Indonesia's quality of ambient air has decreased and it is categorized as not good for sensitive groups. The biggest cause of air pollution comes from motor vehicles, of which 85% is from combustion in motorized vehicle engines. Trembesi is the most effective plant in adsorbing pollutant carbon in the air. Activated charcoal is the carbon that has better absorption of cations, anions and the molecules of organic and inorganic compounds. This study aims to create a pollutant filter equipment for CO and CO₂ made from Trembesi leaves activated charcoal. This research was conducted by creating an air pollutant filter with 3 different types of adsorbent, namely adsorbent made from paper pulp, trembesi leaves extract adsorbent, and trembesi leaves activated charcoal adsorbent. The data collection used 2 types of vehicles with different year of release and engines. The measurement of pollutant concentration using a Gas Analyzer instrument tester with Korean Iyasaka AET-4000Q type. The result of this study showed that the best adsorbent is activated charcoal from trembesi leaves with 100% adsorption of CO and 36,29% adsorption of CO₂ using 2018 Toyota Agya car Dual VVT-I engines with eco indicator technology, and for 1988 SE 1,3 Starlet car with a carburetor type engine successfully adsorb CO by 9,65% and 7,2% for CO₂.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya kepada kita semua. Ucapan terima kasih penulis tuturkan kepada kedua orang tua dan segenap keluarga tercinta, yang telah memberikan banyak dukungan, doa dan dukungan semangat, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Alat Penyaring Polutan CO dan CO₂ Pada Emisi Kendaraan Bermotor Dengan Pemanfaatan Arang Aktif Daun Trembesi (*Samanea saman*)”.

Penulis telah menyusun tugas akhir ini dengan maksimal untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana teknik, pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Dalam proses menyelesaikan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. terima kasih kepada dosen pembimbing dengan sabar mengarahkan, membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Kemudian, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu Ayahanda Z. A. Zufri, S.H., MM dan Ibunda Rafniar Idris, S.E., yang telah memberikan dukungan doa, restu dan semangat kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dan dapat menjalankan kehidupan ini dengan lebih baik.
2. Dr. Azhar Amsal, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, selaku koordinator tugas akhir.
5. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc., selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir dari awal hingga akhir.
6. Bapak Hadi Kurniawan. M.Si., selaku kepala laboratorium teknik lingkungan, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan

kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir dari awal hingga selesai.

7. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan semangat dan motivasi, serta ilmu pengetahuan tentang keilmuan teknik lingkungan kepada penulis.
8. Kak Nurul Huda dan Kak Ida, yang banyak membantu penulis dalam segala bentuk proses administrasi selama penyusunan tugas akhir.
9. Bapak Agus Mardeni. S.T., selaku kepala UPTD PKB Dishub Kota Banda Aceh, yang telah membantu penulis dalam proses pengumpulan data dan memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan, serta memberikan bimbingan agar terselesainya tugas akhir ini.
10. Hazim Mulya. S.T., Ema Damayani. S.T. dan Etika Damayani, selaku pemilik mobil uji yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian.
11. Aya Khalila, Dwi Ardianna Arsa dan Haziul Kifliadi, selaku teman seperjuangan yang telah membantu, menemani dan menjadi *Partner* dari awal hingga berakhirnya penelitian ini.
12. Teman-teman seperjuangan Rahmat Alfajri, Ulfi Zurrahmah, Desi Elvida, Cindy Veronica Nelson dan seluruh teman-teman teknik lingkungan khususnya angkatan 2016, juga teman-teman HIMATL UINAR yang telah ikut serta membantu dengan sepenuh hati dan telah memberikan dukungan kepada penulis.

Akhir kata, Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan, pengalaman dan kemampuan, sehingga tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis menerima segala bentuk kritikan dan saran, yang bersifat membangun dan bertujuan memperbaiki pada masa yang akan datang.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan dari semua pihak, dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Banda Aceh, 3 Desember 2021
Penyusun,

Al Hafidh Rahman

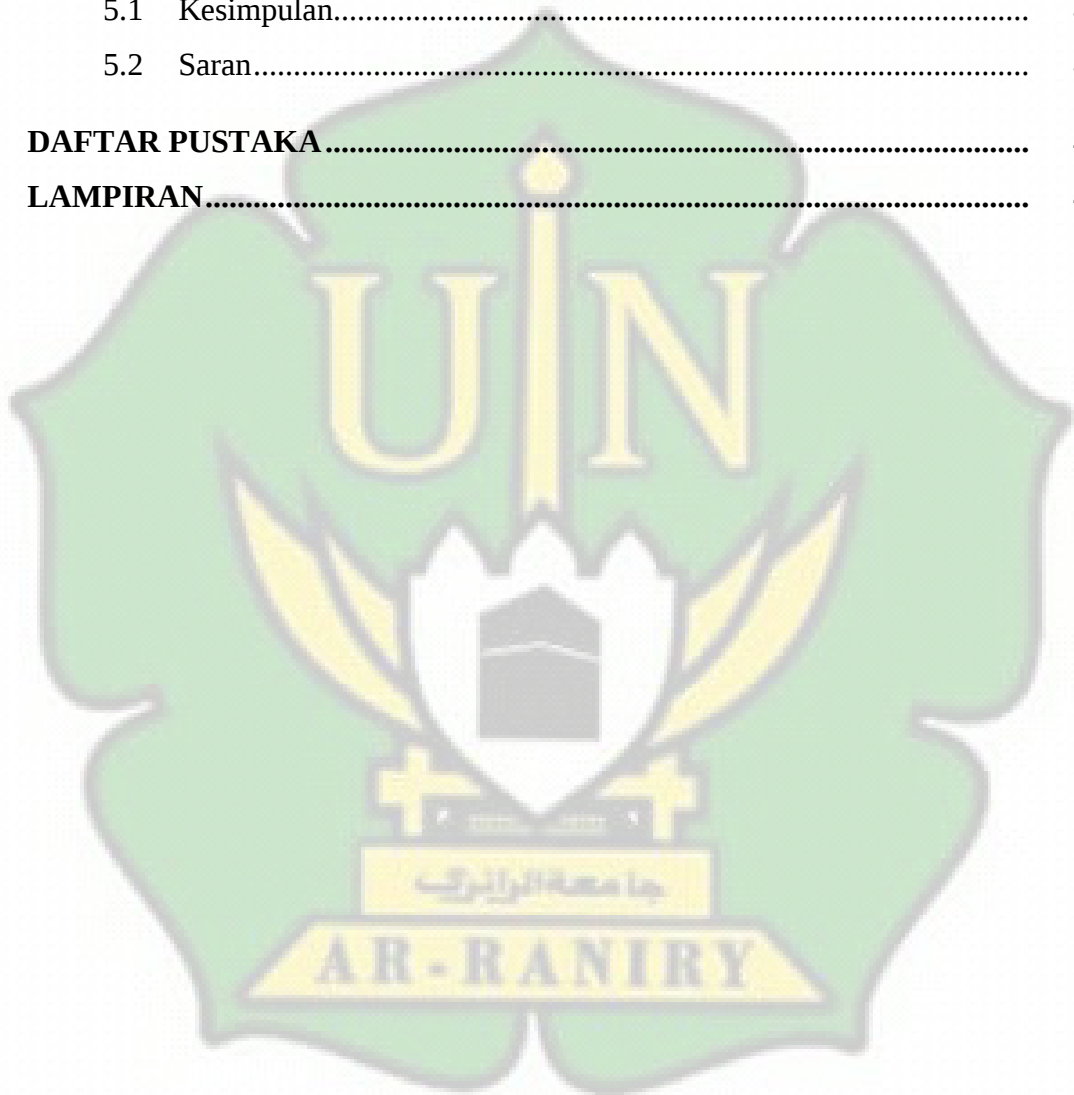
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1 Udara	5
2.2 Kualitas Udara.....	5
2.3 Pencemaran Udara.....	5
2.4 Pencemaran Udara Kendaraan Bermotor.....	6
2.4.1 Timbal (Pb).....	6
2.4.2 <i>Suspended Particulate Matter</i> (SPM).....	6
2.4.3 Oksida Nitrogen (No _x).....	6
2.4.4 Sulfur Dioksida (SO ₂).....	7
2.4.5 Oksida Fotokimia (O _x).....	7
2.4.6 Hidrokarbon (HC).....	7

2.4.7 Karbon Dioksida (CO ₂)	7
2.4.8 Uap Air (H ₂ O).....	7
2.4.9 Karbon Monoksida (CO)	8
2.5 Pengendalian Pencemaran Udara	8
2.6 Tanaman Trembesi.....	9
2.6.1 Manfaat Tanaman Trembesi	9
2.7 Kendaraan Bermotor	10
2.7.1 Mobil Penumpang.....	10
2.7.2 Mobil Bis	10
2.7.3 Mobil Barang	10
2.8 Emisi Berdasarkan Bahan Bakar Kendaraan	10
2.9 Arang Aktif	11
2.10 Baku Mutu Udara Ambien	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tahapan Umum.....	14
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2.1 Lokasi Penelitian.....	15
3.2.2 Waktu Penelitian.....	18
3.3 Tahapan Pembuatan Adsorben Arang Aktif Daun Trembesi.....	18
3.3.1 Bahan	18
3.3.2 Tahapan Pembuatan Adsorben Arang Aktif Daun Trembesi .	18
3.4 Pembuatan Adsorben Ekstrak daun Trembesi	19
3.4.1 Bahan	19
3.4.2 Tahapan Pembuatan Adsorben Ekstrak Daun Trembesi	20
3.5 Pembuatan Adsorben Bubur Kertas	20
3.5.1 Bahan	20
3.5.2 Tahapan Pembuatan Adsorben Bubur Kertas.....	20
3.6 Pembuatan Bubur Kertas.....	21
3.6.1 Bahan	21
3.6.2 Tahapan Pembuatan Bubur Kertas	21
3.7 Pengukuran Emisi Polutan CO dan CO ₂	21

3.7.1 Pengukuran Emisi Gas Buang Kendaraan Mobil Toyota Agya Tahun 2018 dengan Mesin Tipe Dual VVT-I.....	21
3.7.2 Pengukuran Emisi Gas Buang Kendaraan Mobil Toyota Starlet SE 1.3 Tahun 1988 dengan Mesin Tipe Karburator....	22
3.8 Desain Alat Penyaring.....	24
3.8.1 Bagian-Bagian Alat Penyaring	25
3.9 Alat Uji Emisi Gas Buang.....	25
3.9.1 Prinsip Kerja Pengujian Gas Buang Kendaraan	26
3.10 Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil	29
4.1.1 Baku Mutu Emisi Kendaraan.....	29
4.1.2 Hasil Uji Parameter Emisi Mobil.....	30
4.1.3 Karakteristik Arang Aktif Daun Trembesi	30
4.1.4 Hasil Uji Penyerapan Polutan CO dan CO ₂ Mobil Uji Menggunakan Arang Aktif Daun Trembesi, Ekstrak Daun Trembesi, dan Bubur Kertas	31
4.2 Pembahasan.....	33
4.2.1 Karakteristik Arang Aktif	33
4.2.2 Adsorben dan Adsorpsi.....	33
4.2.3 Hasil Uji Penyerapan Polutan Mobil Toyota Agya Tahun 2018 Dengan Tipe Mesin Mobil Dual VVT-I Teknologi <i>Eco Indicator</i> Menggunakan Arang Aktif Daun Trembesi, Ekstrak Daun Trembesi Dan Bubur Kertas	34
4.2.4 Hasil Uji Penyerapan Polutan Mobil Starlet SE 1.3 Tahun 1988 dengan Tipe Mesin Karburator 2E-C dengan Teknologi Katalis Menggunakan Arang Aktif Daun Trembesi, Ekstrak Daun Trembesi dan Bubur Kertas	36
4.2.5 Perbandingan Penurunan Emisi Kendaraan Mobil Toyota Agya Tahun 2018 dengan Tipe Mesin Mobil Dual VVT-I Teknologi <i>Eco Indicator</i> dengan Mobil Starlet SE 1.3	

Tahun 1988 dengan Tipe Mesin Karburator 2E-C Teknologi	
Katalis	38
4.2.6 Desain Alat Saring Emisi Polutan CO dan CO ₂	39
BAB V PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daun Trembesi.....	9
Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Daun Trembesi	16
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengujian Kadar Emisi.....	17
Gambar 3.3 Alat Penyaring	25
Gambar 3.4 <i>Instrument Gas Analyzer</i>	27
Gambar 3.5 Proses Pengujian Gas Buang Kendaraan di UPTD PKB Dishub Kota Banda Aceh.....	27
Gambar 4.1 Penampakan fisik serbuk daun trembesi ayakan 100 mesh. a)sebelum dijadikan arang aktif, b)setelah dijadikan arang aktif ..	31
Gambar 4.2 Adsorben alat saring	34
Gambar 4.3 Grafik Daya Serap Parameter Emisi Karbon Monoksida (CO).....	35
Gambar 4.4 Grafik Daya Serap Parameter Emisi Karbon Dioksida (CO ₂).....	36
Gambar 4.5 Grafik Daya Serap Parameter Emisi Karbon Monoksida (CO).....	37
Gambar 4.6 Grafik Daya Serap Parameter Emisi Karbon Dioksida (CO ₂).....	38
Gambar 4.7 Perbedaan Daya Serap Emisi Karbon Monoksida (CO).....	39
Gambar 4.8 Perbedaan Daya Serap Emisi Karbon Dioksida (CO ₂).....	40
Gambar 4.9 Alat Saring Emisi.....	41
Gambar 4.10 Desain Alat Saring Emisi.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Udara Ambien	12
Tabel 3.1 Bahan Pembuatan Adsorben Arang Aktif Daun Trembesi	18
Tabel 3.2 Bahan Pembuatan Adsorben Ekstrak Daun Trembesi.....	19
Tabel 3.3 Bahan Pembuatan Adsorben Bubur Kertas	20
Tabel 3.4 Bahan Pembuatan Bubur Kertas.....	21
Tabel 3.5 Pengukuran Emisi Gas Buang Kendaraan.....	23
Tabel 3.6 Analisis Efektivitas Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan...	28
Tabel 4.1 Nilai baku mutu berdasarkan PerMen LH nomor 5 tahun 2006.....	29
Tabel 4.2 Hasil pengujian parameter emisi mobil sebelum dipasang alat sarin...	30
Tabel 4.3 Hasil analisis baku mutu arang aktif daun trembesi	30
Tabel 4.4 Hasil penyerapan emisi pada mobil agya tahun 2018 dengan tipe mesin dual VVT-i teknologi <i>Eco Indicator</i>	32
Tabel 4.5 Hasil penyerapan emisi pada mobil starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan tipe mesin karburator 2E-C teknologi Katalis.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dokumentasi	47
Lampiran 2	Perhitungan	53
Lampiran 3	Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	58
Lampiran 4	Diagram Alir Penelitian.....	59



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan/Lambang	Kepanjangan/Makna	Halaman
CO	Karbon Monoksida	1
NO _x	Nitrogen Oksida	1
HC	Hidrokarbon	1
SO ₂	Sulfur Dioksida	1
Pb	Timbal	1
CO ₂	Karbon Dioksida	1
PM 10	Partikel Udara dibawah 10 mikron	5
PM 2,5	Partikel Udara dibawah 2,5 mikron	5
SPM	<i>Suspended Particulate Matter</i>	7
NO	Nitrogen Monoksida	7
NO ₂	Nitrogen Dioksida	7
S	Sulfur	8
H	Hidrogen	8
O	Oksigen	8
C ₈ H ₁₈	Isomer Alkana	8
H ₂ O	Uap Air	8
Hb	Haemoglobin	9
H ₂ SO ₄	Asam Sulfat	19
VVT-I	Variable Valve Timing-Intelligent	23
UPTD PKB	Unit Pelaksana Teknis Dinas Pengujian Kendaraan Bermotor	23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki laju kepadatan penduduk dengan angka 1,31% pada tahun 2010 hingga tahun 2019. Provinsi Aceh memiliki angka laju pertumbuhan penduduk dengan angka 1,93 pada durasi waktu 2010 hingga 2019 (Badan Pusat Statistik, 2020). Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang meningkat menyebabkan penggunaan kendaraan juga semakin meningkat, dimana kendaraan bermotor hampir menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat Indonesia. Dalam melakukan perjalanan jarak jauh maupun jarak tempuh yang tergolong singkat. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019, dalam statistik transportasi darat 2019. Pada periode tahun 2015 hingga 2018 peningkatan transportasi di Indonesia pada angka 6,13%.

Meningkatnya pengguna kendaraan bermotor mengakibatkan meningkatnya sumber polutan terhadap udara Indonesia khususnya Aceh. Peningkatan laju pertumbuhan kendaraan juga dipengaruhi oleh kian meningkatnya teknologi dalam bidang kendaraan bermotor, seperti yang dahulu kendaraan bermotor memiliki bahan bakar minyak hingga terciptanya kendaraan bermotor dengan jenis bahan bakar gas.

Pencemaran udara pada umumnya diakibatkan oleh polutan yang berasal dari kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor menghasilkan senyawa kimia seperti karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (Nox), Hidrokarbon (HC), Sulfur Dioksida (SO₂), Timbal (Pb) dan Karbon Dioksida (CO₂). Diantara beberapa jenis polutan yang berasal dari kendaraan bermotor karbon monoksida (CO) merupakan jenis polutan yang paling banyak dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Sengkey, *et.al.*, 2018). Menurut PP nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat energi dan/atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga

Mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Pengendalian pencemaran udara dengan menggunakan tanaman trembesi merupakan salah satu upaya yang baik. Tanaman trembesi memiliki kemampuan penyerapan terhadap polutan CO₂ yang masuk kategori ekstrak tinggi, daya serap CO₂ tanaman trembesi sebesar 28.488,39 kg/tahun (Dahlan, 2008)

Tanaman trembesi (*Samanea saman*) dinilai merupakan tanaman yang mampu menyerap polutan udara yang paling efektif dari berbagai jenis tanaman lainnya. Tanaman trembesi mengandung saponin, steroid, terpenoid, cardiac glycoside dan flavonoid yang memiliki kemampuan dalam menyerap polutan karbon monoksida (CO) (Rita *et.al.*, 2016). Senyawa-senyawa yang terkandung dalam tanaman trembesi ini terdapat pada daun sehingga dengan bentuknya yang rindang. Maka, dinilai sangat efektif dalam mengurangi kadar karbon monoksida (CO) yang menjadi polutan terbesar kendaraan bermotor. Polusi udara jika dibiarkan terus menerus akan menyebabkan berbagai penyakit bagi masyarakat dan lingkungan terutama penyakit yang akan timbul ialah ISPA. Maka perlu adanya upaya pengurangan polusi udara demi menjaga kebaikan lingkungan hidup.

Alat penyaring polusi udara dengan menggunakan adsorben ekstrak daun trembesi mampu mengurangi 28,12% kadar karbon monoksida pada kendaraan bermotor jenis injeksi dan 17,7% kadar karbon monoksida pada kendaraan bermotor jenis karburator. Arang aktif merupakan karbon yang memiliki daya serap terhadap kation, anion dan molekul senyawa organik maupun anorganik (Sentiayaki, *et.al.*, 2018). Penambahan arang aktif sebanyak 100 gram pada kendaraan bermotor mampu mengurangi kadar karbon monoksida (CO) sebesar 21,29% (Maryanto, *et.al.*, 2009).

Penelitian terdahulu memiliki tujuan untuk mendapatkan bahan sebagai perbandingan dan acuan. Penelitian terdahulu juga bertujuan untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka, dalam tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil dari penelitian terdahulu.

Penelitian Sentiyaki, *et.al.*, (2018), dengan judul alat penyaring karbon monoksida pada knalpot kendaraan bermotor dengan menggunakan adsorben ekstrak daun trembesi. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental kualitatif yang digunakan untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun trembesi, dalam mengurangi kadar senyawa polutan karbon monoksida (CO) dari emisi kendaraan bermotor.

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan kendaraan sepeda motor dengan jenis mesin injeksi dan karburator. Untuk mengetahui kadar emisi kendaraan yang diuji, peneliti menggunakan instrumen analisa gas buang (AGS-688), yang telah lulus uji emisi oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2016. Dalam proses pembuatan alat saring, peneliti menggunakan bahan pipa *stainless*, yang kemudian dipotong dengan panjang 7 cm.

Pada proses pemotongan menggunakan mesin bubut jenis *center lathe* sehingga memiliki diameter lubang seluas 5,5 cm. daun trembesi yang dikumpulkan dicuci dan dikeringkan, kemudian diblender selama 5 menit. Kemudian serbuk daun trembesi dicampurkan dengan bubur kertas dan tepung kanji. Ketebalan adsorben ekstrak daun trembesi yang digunakan adalah 0,5 cm.

Pada proses analisis data dilakukan variasi lapisan adsorben ekstrak daun trembesi, dimulai dengan analisis data dengan 1 lembar adsorben sampai pada penempatan 3 lapis adsorben pada alat saring emisi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, desain terbaik alat saring emisi menggunakan 3 lembar adsorben ekstrak daun trembesi, efektivitas adsorben ekstrak daun trembesi yang dihasilkan yaitu 17,7% ketika pemasangan pada kendaraan, dengan jenis mesin karburator. Pada kendaraan dengan jenis mesin injeksi berhasil mendapatkan efektivitas adsorben sebesar 28,12%.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1 Bagaimana efektivitas arang aktif daun trembesi dalam menurunkan konsentrasi emisi CO yang dihasilkan oleh mobil uji?
- 2 Bagaimana efektivitas arang aktif daun trembesi dalam menurunkan konsentrasi emisi CO₂ yang dihasilkan oleh mobil uji?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kemampuan arang aktif daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan emisi CO pada kendaraan bermotor.
2. Untuk mengetahui kemampuan arang aktif daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan emisi CO₂ pada kendaraan bermotor.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa, dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam menciptakan alat yang mampu mengurangi emisi polutan CO dan CO₂ dari mobil.
2. Bagi masyarakat, memberikan informasi dan menambah wawasan pentingnya menjaga kesehatan lingkungan udara.
3. Bagi pemerintah, dapat menjadi referensi mengembangkan teknologi pengurangan emisi kendaraan milik pemerintah.

1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini hanya berfokus dalam melihat efektivitas arang aktif daun trembesi, sebagai adsorben dalam mengukur kadar emisi polutan karbon monoksida (CO) dan Karbon monoksida (CO₂). Penelitian ini tidak mencakup durasi waktu pemakaian alat penyaring dalam mengurangi kadar emisi kendaraan bermotor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udara

Menurut PP Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara disebutkan, udara ambien merupakan udara yang berada dalam lapisan troposfer dan terletak di wilayah yurisdiksi Republik Indonesia. Udara juga merupakan salah satu Sumber Daya Alam (SDA) yang tidak pernah habis keberadaannya, di permukaan bumi dan menjadi salah satu faktor penting keberlangsungan makhluk hidup di permukaan bumi (Basri, 2010).

2.2 Kualitas Udara

Menurut data dari IQair.com, salah satu situs pemantauan kualitas udara, yang mencakup 106 negara di dunia. Pada tahun 2020 Indonesia berada di peringkat ke 9 dunia dengan polusi udara tinggi. Udara Indonesia masuk ke dalam kategori tidak baik bagi kelompok sensitif. Penilaian dilakukan dengan menyebarkan sebanyak 47 titik pengukuran di seluruh Indonesia.

Kota Banda Aceh berada dalam kategori baik, masuk peringkat 17 kota dengan kualitas udara baik di dunia bersama dengan kota-kota lainnya, dengan kadar CO dengan konsentrasi 165,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 dengan konsentrasi 31,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_2 dengan konsentrasi 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, O_3 dengan konsentrasi 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 dengan konsentrasi 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan PM2,5 dengan konsentrasi 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (Iqair.com, 2020). Menurut DLHK3 Kota Banda Aceh, pada tahun 2020. Indeks kualitas udara ambien Kota Banda Aceh, pada tahun 2019 pada angka 5,44. Udara ambien kota Banda Aceh masuk kategori Baik.

2.3 Pencemaran Udara

Sehubungan dengan lajunya teknologi, pembangunan dan berbagai aspek di dalam kehidupan manusia. Seiring dengan kelajuan teknologi ada beberapa aspek yang mulai mengalami penurunan kualitas. Udara merupakan salah satu unsur yang mengalami penurunan kualitas udara ambien (Ismiyati, *et.al*, 2014).

Menurut PP Nomor 4 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara merupakan masuknya atau dimasukkannya zat, energi dan/atau komponen lain kedalam udara ambien dikarenakan kegiatan manusia yang menyebabkan mutu udara ambien menjadi turun, hingga tingkat tertentu dan mengakibatkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

2.4 Pencemaran udara kendaraan bermotor

Penyebab pencemaran udara terbesar berasal dari polusi kendaraan bermotor, yaitu 85% yang terdapat beberapa unsur hasil dari pembakaran yang terjadi dari kendaraan bermotor yaitu timbal (Pb), suspended particulate Matter (SPM), Oksida Nitrogen (Nox), Sulfur dioksida (SO₂), oksida fotokimia (Ox), Hidrokarbon (HC) gas karbon dioksida (CO₂), uap air (H₂O) dan karbon Monoksida (CO) (Ismiyati, *et.al*, 2014).

2.4.1 Timbal (Pb)

Dalam bahan bakar jenis bensin memiliki kandungan timbal (Pb). Proses pembakaran terhadap bensin tidak mempengaruhi dan tidak bereaksi, sehingga kandungan timbal dalam dari emisi kendaraan tetap sama kadarnya (Syahrani, 2006).

2.4.2 *Suspended Particulate Matter (SPM)*

Suspended Particulate Matter (SPM) pada udara bebas berasal dari gas buang kendaraan bermotor dan mesin pabrik. SPM merupakan salah satu polutan berbahaya bagi manusia. Hal ini dikarenakan SPM yang berukuran kurang dari 100 mikron, melayang-layang di udara bebas dan tidak dapat dilihat langsung oleh manusia. SPM terserap oleh manusia melalui saluran pernafasan (Widodo, 2020).

2.4.3 Oksida Nitrogen(Nox)

Oksida Nitrogen (Nox) dalam udara bebas terbagi dalam dua bentuk yakni NO dan NO₂. Pembakaran yang dilakukan oleh kendaraan bermotor merupakan sumber utama penghasil oksida nitrogen. Apabila oksida nitrogen dihirup oleh manusia akan berdampak bagi organ pernafasan manusia yaitu paru-paru, kerusakan pada paru-paru tergantung dari seberapa banyaknya dosis yang diterima oleh manusia. konsentrasi dan penyebaran oksida nitrogen

tergantung pada sinar matahari, fenomena meteorologi dan aktivitas kendaraan (Darmayasa, 2013).

2.4.4 Sulfur Dioksida (SO_2)

Bahan bakar kendaraan jenis bensin mengandung senyawa belerang atau juga disebut dengan sulfur (S). Dalam proses pembakaran bahan bakar pada kendaraan sulfur bereaksi dengan hidrogen (H) dan Oksigen (O) yang menghasilkan senyawa SO_2 (Syahrani, 2006)

2.4.5 Oksida Fotokimia (O_x)

Oksida fotokimia merupakan salah satu zat berbahaya yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Oksida fotokimia yang terhirup oleh manusia akan mengakibatkan gangguan pernafasan bagi manusia (Primasanti dan Indriastiningsih, 2021).

2.4.6 Hidrokarbon (HC)

Isomer alkana (C_8H_{18}) merupakan salah satu unsur utama dari bahan bakar kendaraan bermotor. Dalam proses pembakaran pada kendaraan bermotor, terdapat bahan bakar yang tidak sempat terbakar dan keluar menjadi gas mentah dalam bentuk Hidrokarbon (HC) (Syahrani, 2006).

2.4.7 Karbon Dioksida (CO_2)

Karbon dioksida (CO_2) pada polusi kendaraan dihasilkan melalui proses pembakaran bahan bakar kendaraan yang mengandung senyawa karbon. Senyawa karbon yang melalui proses pembakaran dengan sempurna menghasilkan senyawa karbon dioksida (CO_2) (Syahrani, 2006).

2.4.8 Uap Air (H_2O)

Dalam ruang pembakaran pada kendaraan bermotor, menghasilkan uap air. Pembakaran yang baik pada kendaraan akan dapat dideteksi dengan banyaknya kadar uap air pada pipa gas buang kendaraan. Kadar air juga ditentukan dari mutu bahan bakar kendaraan tersebut. Kadar air yang terdapat pada pipa gas buang kendaraan akan tampak dilihat dari bersihnya pipa gas buang kendaraan, maka semakin sedikit pula jumlah emisi yang dihasilkan (Syahrani, 2006).

2.4.9 Karbon Monoksida (CO)

Pencemaran udara akan mengakibatkan timbulnya berbagai masalah kesehatan. Di beberapa kota-kota besar emisi gas buangan kendaraan bermotor, jenis mobil menjadi penyumbang polutan udara terbesar jenis Karbon Monoksida (CO). Gas kendaraan bermotor dapat mengakibatkan gangguan sistemik dikarenakan terdapat karbon monoksida (CO) (Sentiayati *et.al.*, 2018).

Polutan CO dapat mengikat haemoglobin (Hb), Dimana Hb berfungsi untuk menghantarkan oksigen keseluruh tubuh, terjadinya gangguan Hb akan menyebabkan tubuh kekurangan oksigen dalam tubuh dan akan menimbulkan beberapa penyakit, seperti sesak nafas bahkan akan menyebabkan kematian apabila tidak segera mendapatkan oksigen (Sengkey *et.al.*, 2011).

2.5 Pengendalian Pencemaran Udara

Pengendalian pencemaran udara merupakan suatu usaha untuk mengontrol kualitas udara Ambien tetap terjaga, sesuai baku mutu untuk keberlangsungan kehidupan di bumi (Kurniawati *et.al.*, 2013). Berdasarkan Laporan Penyelenggaraan Pemerintah Daerah (LPPD) oleh Bapedal Aceh terdapat 16 titik kegiatan pemantauan kualitas udara ambien, di seluruh Aceh pada tahun 2016 dengan parameter sesuai dengan yang ditetapkan oleh PP Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Menurut hasil kegiatan pemantauan kualitas udara ambien pada 16 titik di seluruh Aceh, semua titik lokasi pemantauan kualitas udara Ambien dalam keadaan baik dan berada di bawah baku mutu udara ambien. Dari kegiatan pemantauan kualitas udara Ambien didapatkan udara Ambien di Aceh pencapaian SPM pada tahun 2016, ialah sebesar 69,56% (DLHK ACEH, 2016). Menurut PerGub Nomor 115 Tahun 2016 Tentang Kedudukan, Susunan Organisasi, Tugas, Fungsi, Dan Tata Kerja Dinas Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Aceh pengendalian kualitas udara diberikan kepada bidang pengendalian kerusakan lingkungan yang mencakup darat, pesisir, dan perairan dari ketiga cakupan tersebut terdapat pengendalian kualitas udara.

Alat penyerap emisi kendaraan bermotor dari trembesi pada knalpot kendaraan bermotor bertujuan untuk mengurangi emisi dari kendaraan bermotor,

juga berdistribusi dalam menjaga kualitas lingkungan hidup dari polutan kendaraan bermotor. Selain bertujuan mengurangi emisi dari kendaraan bermotor juga menjadi nilai estetika pada kendaraan bermotor, alat penyerap emisi kendaraan bermotor tersebut diletakkan pada knalpot kendaraan bermotor sehingga terdapat nilai estetika, ergonomis dan portable (Sentiyaki *et.al.*, 2018)

2.6 Tanaman Trembesi

Trembesi (*Samanea saman*) merupakan tanaman yang berasal dari daratan Amerika Tengah dan Amerika Selatan bagian utara. Dalam bahasa Inggris tanaman trembesi disebut juga sebagai rain tree, monkey pod atau saman. Tanaman trembesi merupakan tanaman yang tergolong cepat dalam pertumbuhan karena bisa tumbuh dengan cara ditanam bijinya, setek batang dan setek akar (Lubis *et.al.*, 2014).



Gambar 2.1 Daun Trembesi (*Samanea saman*)

2.6.1 Manfaat tanaman trembesi

Tanaman trembesi merupakan salah satu tanaman yang dapat dijadikan sebagai salah satu media yang menjadi antibakteri. Daun trembesi juga dapat digunakan sebagai obat-obatan baik diare, demam hingga sakit kepala (Rita *et.al.*, 2016). Daun trembesi mengandung senyawa-senyawa yang dapat menyerap karbon monoksida (CO), sehingga dapat dijadikan sebagai media penyerap emisi kendaraan bermotor. Pada proses pembuatan alat penyaring emisi kendaraan bermotor memanfaatkan ekstrak daun trembesi dalam penggunaannya (Sentiyaki *et.al.*, 2018).

2.7 Kendaraan Bermotor

Kendaraan Bermotor merupakan setiap kendaraan yang digerakkan dengan menggunakan peralatan mekanik berupa mesin. Kecuali, kendaraan yang berjalan di atas rel. Beberapa jenis kendaraan bermotor yakni Sepeda Motor, Mobil Penumpang, mobil bis dan mobil barang (Badan Pusat Statistik, 2019).

Sejak tahun 2015 hingga 2019 Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia tiap tahunnya mengalami peningkatan 6,10 %, untuk peningkatan mobil penumpang, 4,22 %, untuk peningkatan bis dan 4,91 %, untuk peningkatan mobil barang. Provinsi Aceh mengalami peningkatan mobil penumpang sebanyak 1,05 % sejak tahun 2018 hingga 2019, peningkatan bis di Provinsi Aceh sebanyak 1,23 % sejak tahun 2018 hingga 2019 dan peningkatan mobil barang di Provinsi Aceh sebanyak 1,03 % sejak tahun 2018 hingga tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2019).

Menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan menjelaskan spesifikasi mobil sebagai berikut.

2.7.1 Mobil penumpang

Mobil penumpang merupakan kendaraan bermotor roda empat yang memiliki tempat duduk maksimal 8 orang, termasuk pengemudi ataupun kendaraan bermotor yang beratnya tidak melebihi 3.500 Kg.

2.7.2 Mobil Bis

Mobil bis merupakan kendaraan bermotor roda empat atau lebih yang memiliki tempat duduk di atas 8 orang, termasuk pengemudi ataupun kendaraan bermotor yang beratnya melebihi 3.500 Kg.

2.7.3 Mobil Barang

Mobil barang merupakan kendaraan bermotor roda empat atau lebih yang memiliki fungsi sebagai pengangkut barang.

2.8 Emisi Berdasarkan Bahan Bakar Kendaraan

Dalam perkembangan kendaraan bermotor terdapat tiga jenis bahan bakar untuk kendaraan bermotor jenis mobil antara lain Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Bahan Bakar Gas (BBG). Kendaraan bermotor jenis mobil yang menggunakan BBG lebih efektif menurunkan kadar Karbon Monoksida (CO)

sebanyak 96,82 % pada putaran 2500 rpm dibandingkan dengan kendaraan yang menggunakan BBM jenis bensin (Brimasta dan Sutjahjo, 2013). Mobil yang menggunakan BBM dengan jenis bensin menghasilkan senyawa karbon monoksida (CO) lebih tinggi dari mobil dengan BBM jenis solar (Kamajaya, 2016).

2.9 Arang Aktif

Arang aktif merupakan suatu karbon yang memiliki kemampuan daya serap yang baik terhadap kation, anion dan juga memiliki daya serap terhadap molekul-molekul dalam bentuk senyawa organik maupun senyawa anorganik. Arang biasa dapat dibedakan dengan arang aktif berdasarkan karakteristik permukaannya. Pada permukaan arang terdapat deposit hidrokarbon yang menghambat arang tersebut, berbeda dengan arang aktif yang karakteristiknya telah terbuka dan terbebas dari deposit hidrokarbon yang membuat arang aktif lebih baik dalam melakukan penyerapan. Untuk mendapatkan arang aktif perlu dilakukan pengaktifan melalui proses aktivasi (Lempang, 2014).

2.10 Baku Mutu Udara Ambien

Dalam usaha menjaga kualitas lingkungan dari pencemaran udara, pemerintah indonesia menetapkan standar baku mutu ambien nasional yang terdapat di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara.

Tabel 2.1 Baku mutu udara ambien
(Sumber : PP Nomor 41 Tahun 1999)

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	900 ug/Nm ³ 365 ug/Nm ³ 60 ug/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
CO (Karbon Monoksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	3000 ug/Nm ³ 10 000 ug/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 jam 24 jam 1 tahun	400 ug/Nm ³ 150 ug/Nm ³ 100 ug/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
O ₃	1 jam 1 tahun	235 ug/Nm ³ 50 ug/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
HC (Hidrokarbon)	3 jam	160 ug/Nm ³	Flame ionization	Gas Chromatografi
PM ₁₀ (*) (partikel_10 um)	24 jam	150 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi-Vol
PM _{2,5} (*) (partikel-2,5 um)	24 jam 1 tahun	65 ug/Nm ³ 15 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi-Vol
TSP (Debu)	24 Jam 1 tahun	230 ug/Nm ³ 90 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi-Vol

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
Pb (Timah Hitam)	24 jam 1 tahun	2 ug/Nm ³ 1 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi-Vol AAS
<i>Dust Fall</i> (Debu Jatuh)	30 Hari	10 ton/km ² / bulan (Pemu- kiman) 20 ton/km ² / bulan (industri)	Gravimetric Ekstraktif Pengabuan	Canister
<i>Total Fluorides</i> (asF)	24 jam 90 hari	3 ug/Nm ³ 0,5 ug/Nm ³	Gravimetric	Impinger atau <i>Continuous Analyzer</i>
<i>Fluor Indeks</i>	30 hari	40 ug/ 100 cm ³ Dari kertas limed filter		<i>Limed Filter Paper</i>
<i>Chlorine & Chlorine Dioxide</i>	24 jam 30 Hari	50 ug/Nm ³ 1 mg SO ₃ /100 cm ³	<i>Specific ion electrode</i> <i>Colouriment ric spesifik</i>	Impinger atau <i>continiuous Analyzer</i> <i>Lead</i>

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum

Tahapan umum dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

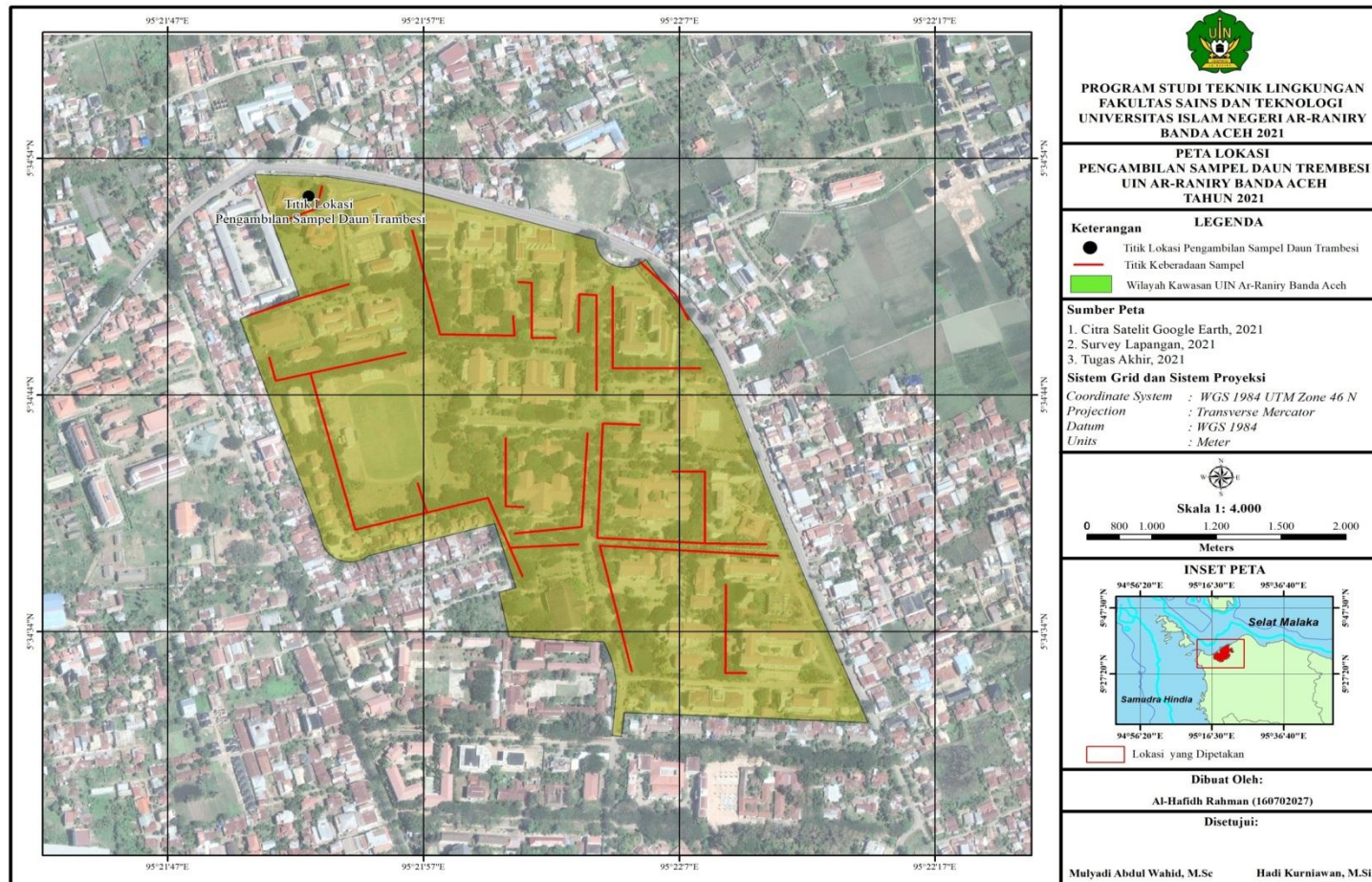
1. Studi literatur, merupakan tahapan yang dilaksanakan untuk mendapatkan data dan informasi mengenai penelitian dari sumber yang layak dijadikan referensi seperti jurnal, buku ataupun riset.
2. Observasi awal, merupakan tahapan yang bertujuan untuk melihat kelayakan penelitian bisa dilaksanakan dengan mengetahui keberadaan instrumen dan unsur pendukung penelitian.
3. Persiapan, merupakan tahapan yang bertujuan untuk menyiapkan bahan dan alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian sehingga dapat menjaga ketepatan waktu penelitian.
4. Desain dan pemesanan alat saring, merupakan tahapan dimana peneliti mendesain alat saring kemudian memesan pembuatannya, pemesanan dilakukan lebih awal dikarenakan pembuatan alat diperkirakan membutuhkan waktu yang lama.
5. Pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi, merupakan tahapan dimana daun trembesi yang telah dikumpulkan diproses menjadi arang aktif daun trembesi.
6. Pembuatan adsorben ekstrak daun trembesi, merupakan tahapan dimana daun trembesi hanya dijadikan adsorben alami tanpa diaktivasi, gunanya sebagai pembanding dari adsorben arang aktif.
7. Pembuatan adsorben tanpa kandungan tanaman trembesi
8. Eksperimen, merupakan tahapan dimana alat penyaring dan adsorben telah dirancang dan diujikan dalam pengujian kadar emisi polutan kendaraan jenis mobil berbahan bakar bensin jenis pertalite dari hasil pembakaran kendaraan bermotor jenis mobil

9. Analisis data, merupakan tahapan dimana peneliti telah mendapatkan nilai dari pengujian emisi Polutan CO dan CO₂ mobil uji dan kemudian akan dilakukan penarikan kesimpulan.
10. Penarikan kesimpulan, merupakan tahapan dimana peneliti dapat menjawab berapa persen tingkat efektivitas adsorben arang aktif daun trembesi daripada adsorben ekstrak daun trembesi dalam mengurangi emisi Polutan CO dan CO₂ mobil uji.

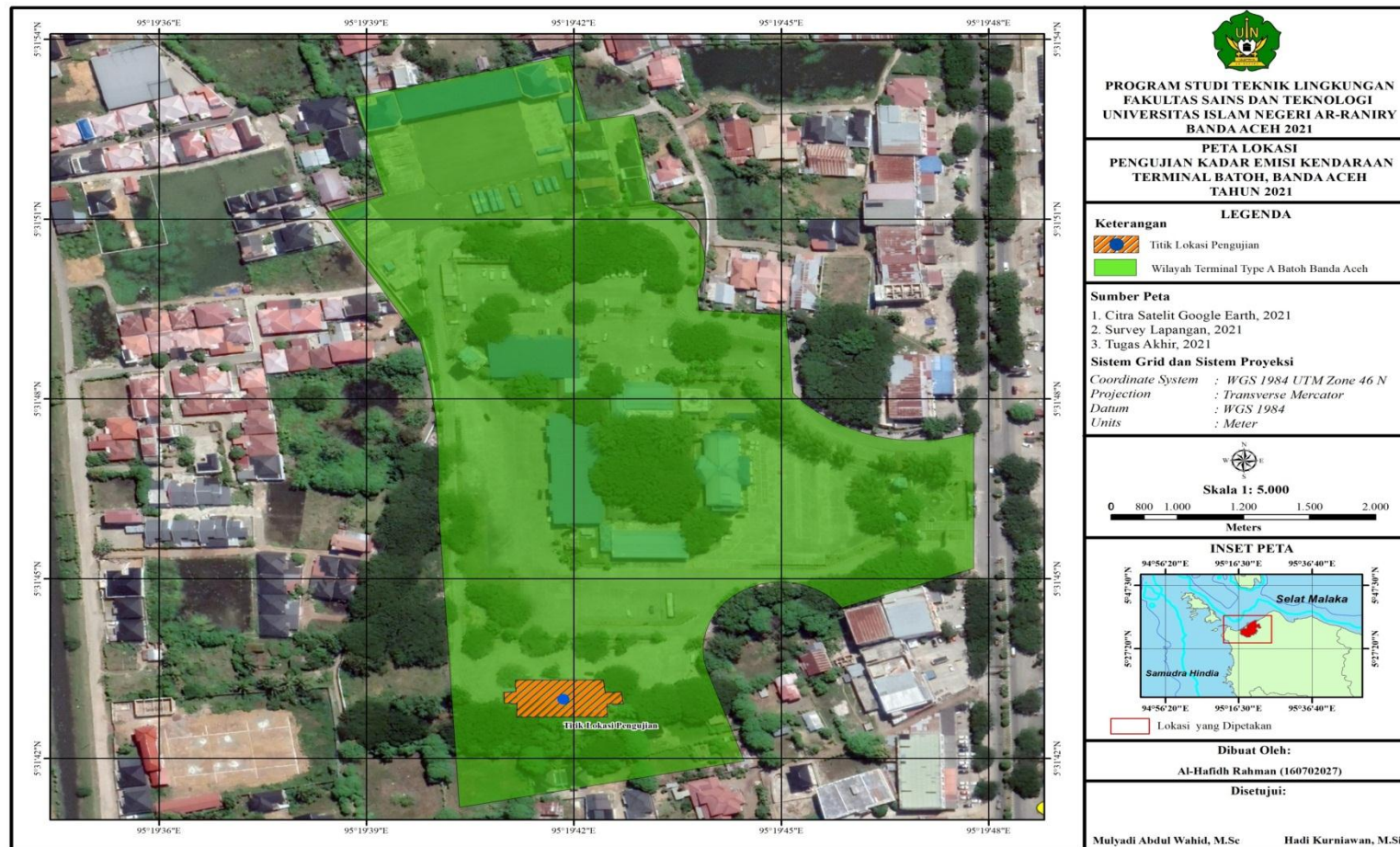
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi penelitian

Tempat lokasi penelitian ini berada di beberapa lokasi. Lokasi pengambilan daun trembesi berada di pekarangan kantor UPTD Ma'had Al-Jamiah dan asrama UIN Ar-Raniry Banda Aceh, penentuan lokasi ini dikarenakan di lingkungan kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh banyak terdapat pohon trembesi yang besar dan rindang. Dapat dilihat pada Gambar 3.1, Lokasi pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi dan adsorben ekstrak daun trembesi dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Lokasi pengujian emisi kendaraan dilaksanakan di UPTD PKB Dinas Perhubungan Kota Banda Aceh. Dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan sampel daun trembesi
 (Sumber : Google Earth, 2021)



Gambar 3.2 Peta lokasi pengujian kadar emisi
 (Sumber : Google earth, 2021)

3.2.2 Waktu penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2021 – November 2021. Pembuatan alat saring dilakukan selama 10 hari, dimulai tanggal 10 Oktober 2021 sampai 20 Oktober 2021. Bertempat di bengkel las bubut cerik, Desa Baet, Kabupaten Aceh Besar. Pembuatan adsorben dilakukan selama 9 hari, dimulai tanggal 11 oktober 2021 sampai 20 Oktober 2021. Bertempat Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Pengujian alat dilakukan selama 1 hari, pada tanggal 15 November 2021. Bertempat di UPTD PKB Dinas Perhubungan kota Banda Aceh.

3.3 Pembuatan Adsorben Arang Aktif Daun Trembesi

3.3.1 Bahan

Dalam pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi diperlukan beberapa bahan, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Bahan pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi

No	Nama Bahan	Jumlah	Satuan
1.	Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	3	Kg
2.	Asam Sulfat (H_2SO_4) 10%	800	mL
3.	Tepung Kanji	125	Gram
4.	Bubur Kertas	250	Gram

3.3.2. Tahapan Pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi

Tahapan pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi dapat dilihat sebagai berikut

1. Daun trembesi dicuci hingga bersih dengan air (Sentiayaki *et.al.*, 2018).
2. Daun trembesi dijemur di bawah sinar matahari selama 2 hari

3. Daun trembesi dihaluskan dengan blender selama 5 menit (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).
4. Serbuk daun trembesi diayak dengan ayakan 100 *mesh* (Jumaeri dan Prasetya, 2020).
5. Serbuk daun trembesi 500 gr diaktifkan dengan larutan H₂SO₄ 10% sebanyak 800 mL (Jumaeri dan Prasetya, 2020).
6. Larutan diaduk dengan menggunakan *Magnetic stirrer* selama 1 jam (Jumaeri dan Prasetya, 2020).
7. Larutan didiamkan selama 24 jam sebagai proses aktivasi (Jumaeri dan Prasetya, 2020).
8. Serbuk daun trembesi yang telah di aktifkan disaring dengan *whatman* nomor 1.
9. Serbuk daun trembesi dioven selama 3 jam dalam suhu 110 °C (Jumaeri dan Prasetya, 2020).
10. Serbuk daun trembesi dicampurkan dengan bubur kertas dan tepung kanji, dengan perbandingan 4:2:1 (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).
11. Adonan adsorben dilekatkan pada ram dengan ketebalan 0,5 cm, sebanyak 6 lembar (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).
12. Ram yang telah dilapisi adsorben arang aktif dioven selama 20 menit dalam suhu 100°C (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).

3.4 Pembuatan Adsorben Ekstrak Daun Trembesi

3.4.1 Bahan

Dalam pembuatan adsorben ekstrak daun trembesi diperlukan beberapa bahan, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Bahan pembuatan adsorben ekstrak daun trembesi

No	Nama Bahan	Jumlah	Satuan
1.	Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	3	Kg
2.	Tepung Kanji	125	Gram
3.	Bubur Kertas	250	Gram

3.4.2 Tahapan Pembuatan Adsorben Ekstrak Daun Trembesi

Tahapan pembuatan adsorben arang aktif daun trembesi dapat dilihat sebagai berikut

1. Daun trembesi dicuci hingga bersih dengan air (Sentiyaki *et.al.*, 2018).
2. Daun trembesi dijemur di bawah sinar matahari selama 2 hari
3. Daun trembesi dihaluskan dengan blender selama 5 menit (Sentiyaki *et.al.*, 2018).
4. Serbuk daun trembesi di sebanyak 500 gr dicampurkan dengan bubur kertas dan tepung kanji, dengan perbandingan 4:2:1 (Sentiyaki *et.al.*, 2018).
5. Ram dilapisi dengan adonan adsorben dengan ketebalan 0,5 cm sebanyak 6 lembar (Sentiyaki *et.al.*, 2018).
6. Ram yang telah dilapisi adonan adsorben dioven selama 20 menit dalam suhu 100°C (Sentiyaki *et.al.*, 2018).

3.5 Pembuatan Adsorben Tanpa Kandungan Tanaman Trembesi

3.5.1 Bahan

Dalam Pembuatan adsorben tanpa kandungan tanaman trembesi diperlukan beberapa bahan, dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Bahan pembuatan adsorben tanpa kandungan tanaman trembesi

No	Nama Bahan	Jumlah	Satuan
1.	Tepung Kanji	125	Gram
2.	Bubur Kertas	250	Gram

3.5.2 Tahapan pembuatan Adsorben Tanpa Kandungan Tanaman Trembesi

1. Bubur kertas dan tepung kanji dicampurkan dengan perbandingan 2:1.
2. Ram dilapisi dengan adonan adsorben dengan ketebalan 0,5 cm sebanyak 6 lembar (Sentiyaki *et.al.*, 2018).
3. Ram yang telah dilapisi adonan adsorben dioven selama 20 menit dalam suhu 100 °C (Sentiyaki *et.al.*, 2018).

3.6 Pembuatan Bubur Kertas

3.6.1 Bahan

Dalam pembuatan Bubur Kertas diperlukan beberapa bahan, dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Bahan pembuatan bubur kertas

No	Nama Bahan	Jumlah	Satuan
1.	Kertas HVS bekas	20	Lembar
2.	Air hangat	3	Liter
3.	Garam	1	Sendok teh

3.6.2 Tahapan Pembuatan Bubur Kertas

Tahapan pembuatan Bubur Kertas dapat dilihat sebagai berikut

1. Kertas HVS bekas dipotong kecil-kecil dengan ukuran ± 3 cm (Nindhia *et.al.*, 2014).
2. Direndam potongan kertas dengan air hangat sebanyak 3 liter air.
3. Ditambahkan 1 sendok teh garam agar bubur kertas tidak mudah membusuk.
4. Didiamkan selama 2 hari agar kertas lunak.
5. Disaring adonan dengan menggunakan kain yang berpori besar (Nindhia *et.al.*, 2014).
6. Ditriskan adonan hingga kadar air berkurang (Nindhia *et.al.*, 2014).

3.7 Pengukuran Emisi Polutan CO dan CO₂

3.7.1 Pengukuran Emisi Polutan CO dan CO₂ mobil Toyota Agya tahun 2018 dengan mesin dual VVT-I

Dalam pengukuran menggunakan mobil Toyota Agya dengan mesin tipe dual VVT-I keluaran tahun 2018. Pengukuran dilaksanakan di UPTD PKB Dinas Perhubungan Kota Banda Aceh.

3.7.1.1 Tahapan pengukuran

Tahapan pengukuran dengan menggunakan mobil Toyota Agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I dengan bahan bakar pertalite, dapat dilihat sebagai berikut:

1. Mobil diuji emisi Polutan CO dan CO₂ nya selama 120 detik (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).
2. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂ awalnya.
3. Dipasang alat penyaring yang menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi pada knalpot mobil.
4. Mobil diuji emisi polutan CO dan CO₂ nya selama 120 detik (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).
5. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂.
6. Adsorben pada alat penyaring diganti dengan adsorben ekstrak daun trembesi.
7. Mobil kembali diuji emisi polutan CO dan CO₂ nya selama 120 detik (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).
8. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂.
9. Ditukar adsorben pada mobil dengan ram yang hanya menggunakan bubur kertas.
10. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂.

3.7.2 Pengukuran Emisi Polutan CO dan CO₂ Mobil Toyota Starlet SE 1.3 tahun 1988 Dengan Mesin Karburator

Dalam pengukuran menggunakan mobil Toyota Starlet SE 1.3 dengan mesin tipe karburator keluaran tahun 1988, dengan bahan bakar pertalite. Pengukuran dilaksanakan di UPTD PKB Dinas Perhubungan Kota Banda Aceh.

3.7.2.1 Tahapan Pengukuran

Tahapan pengukuran dengan menggunakan mobil Toyota Starlet SE 1.3 dengan mesin tipe Karburator, dapat dilihat sebagai berikut.

1. Mobil diuji emisi polutan CO dan CO₂ nya selama 120 detik (Sentiyaqi *et.al.*, 2018).
2. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂ awalnya.
3. Dipasang alat penyaring yang menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi pada knalpot mobil.

4. Mobil diuji emisi polutan CO dan CO₂ nya selama 120 detik (Sentiyaki *et.al.*, 2018).
5. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂.
6. Adsorben pada alat penyaring diganti dengan adsorben ekstrak daun trembesi.
7. Mobil kembali di uji emisi polutan CO dan CO₂ nya selama 120 detik (Sentiyaki *et.al.*, 2018).
8. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂.
9. Ditukar adsorben pada mobil dengan ram yang hanya menggunakan bubur kertas.
10. Dicatat nilai kadar emisi polutan CO dan CO₂.

Pengukuran kadar emisi polutan CO dan CO₂ pada pengujian kadar emisi kendaraan ditulis dalam Tabel 3.5.

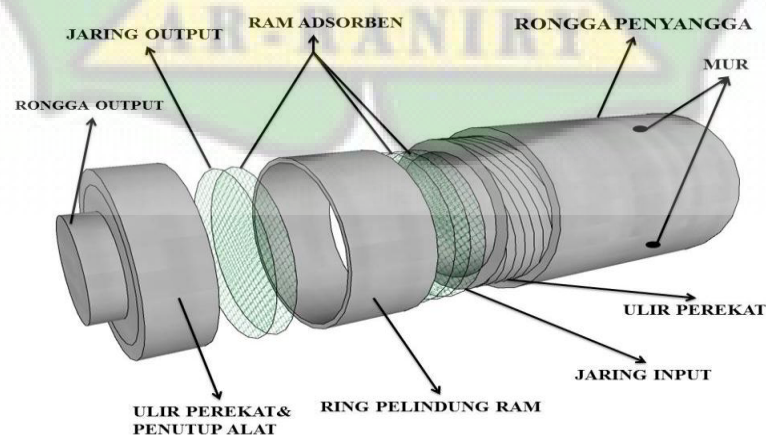
Tabel 3.5 Pengukuran emisi polutan CO dan CO₂

NO	Jenis Mobil dan tipe mesin	Adsorben	Parameter	
			Karbon Monoksida (CO)	Karbon Dioksida (CO ₂)
1	Toyota Agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I	Tanpa Alat Penyaring		
		Ekstrak Daun Trembesi		
		Arang		
		Aktif Daun Trembesi		
		Bubur Kertas		

NO	Jenis Mobil dan tipe mesin	Adsorben	Parameter	
			Karbon Monoksida (CO)	Karbon Dioksida (CO ₂)
2	Toyota Starlet SE 1.3 Tahun 1988 dengan mesin tipe Karburator	Tanpa Alat Penyaring		
		Ekstrak Daun Trembesi Arang Aktif Daun Trembesi Bubur Kertas		

3.8 Desain Alat Penyaring

Desain alat penyaring disesuaikan dengan ukuran knalpot kendaraan bermotor yang ingin diteliti. Desain umum alat penyaring dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alat Penyaring

3.8.1 Bagian-bagian alat penyaring

Alat penyaring emisi kendaraan terdapat beberapa bagian yang memiliki fungsi berbeda, dapat dilihat sebagai berikut:

1. Mur

Mur pada alat penyaring bertujuan untuk mengeratkan alat penyaring pada knalpot kendaraan bermotor.

2. Rongga Penyangga

Rongga penyangga pada alat penyaring emisi berfungsi untuk memasukkan sebagian ujung knalpot pada alat penyaring agar udara yang melewati alat penyaring lebih maksimal.

3. Ulir Perekat

Ulir perekat pada alat penyaring emisi bertujuan untuk menyambungkan bagian penutup.

4. Ram Adsorben

Ram adsorben pada alat penyaring emisi memiliki fungsi paling penting sebagai media yang menyerap emisi polutan CO dan CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

5. Pipa Penyangga

Pipa penyangga pelindung ram bertujuan agar Ram tidak mudah bergeser atau bergerak, ring juga bertujuan agar ram tetap berdiri tegak selama beroperasi.

6. Rongga Output.

Rongga *output* pada alat penyaring emisi berfungsi untuk jalur keluar emisi kendaraan setelah melewati bagian-bagian dari alat penyaring emisi kendaraan.

3.9 Alat Uji Emisi Gas Buang

Instrumen alat pengujian emisi gas buang pada penelitian disesuaikan dengan instrumen yang tersedia di Unit Pelaksana Teknis Daerah Pengujian Kendaraan Bermotor (UPTD PKB). Instrumen yang tersedia berupa *Gas Analyzer Tester* dengan merek korea iyasaka AET-4000Q berjumlah 1 unit

(DISHUBKOMINFO BANDA ACEH) gambaran umum alat dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Instrument Gas Analyzer Tester
(sumber : www.kiyasaka.co.kr)



Gambar 3.5 Proses pengujian polutan CO dan CO₂ di UPTD PKB
Dishub Kota Banda Aceh
(Sumber : UPTD PKB profil pengujian)

3.9.1 Prinsip Kerja Pengujian Polutan CO dan CO₂

Pengujian dilakukan dengan cara polutan CO dan CO₂ kedalam alat uji gas analyzer kemudian diukur kandungan emisinya (PerGub DKI Jakarta, 2008). Dalam proses pengujian polutan CO dan CO₂ harus memenuhi beberapa persiapan di antaranya.

- 1 Kendaraan yang akan di ukur komposisi gas buang harus diparkirkan pada tempat yang datar.

- 2 Pipa polutan CO dan CO₂ (knalpot) dalam keadaan atau tidak bocor.
- 3 Temperatur mesin normal (60°C sampai dengan 70°C atau sesuai dengan rekomendasi manufaktur).
- 4 Sistem aksesoris seperti lampu, AC dan Tape dalam keadaan mati.
- 5 Kondisi temperatur tempat kerja berada pada suhu ruangan 20°C sampai dengan 35°C.

3.10 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Ef(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

Dimana :

- Ef : Merupakan efektivitas penurunan kadar emisi polutan CO dan CO₂
- Y_i : Merupakan kandungan kadar kadar emisi polutan CO dan CO₂ awal.
- Y_f : Merupakan kandungan kadar emisi polutan CO dan CO₂ akhir.
(Erna. 2016).

Analisis data dilakukan terhadap dua tipe mesin mobil yaitu dual VVT-I dan non dual VVT-I yang mana analisis yang dilakukan pada tiap tipe mesin mobil dengan menghitung efektivitas penurunan kadar emisi Polutan CO dan CO₂ berdasarkan empat kondisi yaitu:

1. Tanpa menggunakan alat saring emisi;
2. Menggunakan adsorben ekstrak daun trembesi;
3. Menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi;
4. Menggunakan adsorben bubur kertas.

Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Analisis efektivitas penurunan kadar emisi polutan CO dan CO₂

$Ef(\%) \frac{Y_t - Y_f}{Y_t} \times 100\%$	Tanpa Menggunakan Alat Saring Emisi	Menggunakan Adsorben Ekstrak Daun Trembesi	Menggunakan Adsorben Arang Aktif Daun Trembesi	Menggunakan Adsorben Bubur Kertas
Tanpa				
Menggunakan		CO =	CO =	CO =
Alat Saring		CO ₂ =	CO ₂ =	CO ₂ =
Emisi				
Menggunakan				
Adsorben	CO =		CO =	CO =
Ekstrak Daun	CO ₂ =		CO ₂ =	CO ₂ =
Trembesi				
Menggunakan				
Adsorben				
Arang Aktif	CO =	CO =		CO =
Daun	CO ₂ =	CO ₂ =		CO ₂ =
Trembesi				
Menggunakan				
Adsorben	CO =	CO =	CO =	
Bubur Kertas	CO ₂ =	CO ₂ =	CO ₂ =	

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Hasil penelitian terdiri dari karakteristik mobil uji, hasil uji parameter emisi mobil uji, analisis karakteristik arang aktif daun trembesi, analisis efektivitas penyerapan parameter emisi mobil dengan menggunakan arang aktif daun trembesi, analisis efektivitas penyerapan parameter emisi mobil dengan menggunakan ekstrak daun trembesi, analisis efektivitas penyerapan parameter emisi mobil dengan menggunakan bubur kertas.

4.1.1 Baku Mutu Emisi Kendaraan

Baku mutu emisi kendaraan bermotor telah diatur melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2016 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai baku mutu berdasarkan PerMen LH Nomor 5 Tahun 2006
(sumber : PerMen LH Nomor 5 Tahun 2006)

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter			Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	Opasitas (% HSU)*	
Berpenggerak motor bahan bakar cetus api (bensin)	<2007	4,5	1200		Idle
	≥2007	1,5	200		
Berpenggerak motor Penyalan Kompresi (Diesel)					Percepatan Bebas
-GVW ≤ 3.5 Ton	<2010			70	
	≥2010			40	
-GVW > 3.5 Ton	<2010			70	
	≥2010			50	

4.1.2 Hasil Uji Parameter Emisi Mobil

Hasil uji emisi mobil berdasarkan parameter Karbon Monoksida (CO) dan Karbon dioksida (CO₂) dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian kadar emisi polutan CO dan CO₂ mobil sebelum dipasang alat saring.

Mobil /Mesin Tipe	Parameter	Hasil Uji
Agya tahun 2018/ Dual VVT-I (Eco Indicator)	Karbon Monoksida (CO)	0,38%
	Karbon Dioksida (CO ₂)	13,5%
Starlet SE 1.3 Tahun 1988/Karburator 2E- C (Katalis)	Karbon Monoksida (CO)	1,45%
	Karbon Dioksida (CO ₂)	12,5%

4.1.3 Karakteristik Arang Aktif Daun Trembesi

Karakteristik arang aktif didapatkan melalui uji baku mutu arang aktif daun trembesi. Hasil uji arang aktif daun trembesi berdasarkan rendemen, kadar air dan kadar abu dapat dilihat pada Tabel 4.2. Berdasarkan SNI No. 06-3730 Tahun 1995, arang aktif memiliki kadar air maksimum 15% dan kadar abu dari arang aktif 10%. Hasil uji rendemen sebesar 1,928% dan nilai kadar air sebesar 15% hal ini menunjukkan bahwa arang aktif daun trembesi telah sesuai dengan baku mutu arang aktif berdasarkan SNI No. 06-3730 Tahun 1995.

Tabel 4.3 Hasil analisis baku mutu arang aktif daun trembesi

Uraian	Hasil Analisis Arang Aktif (%)	Prasyarat Kualitas(%)
Rendemen	1,928	-
Kadar Air	15	Maks. 15

Hasil pembuatan ekstrak daun trembesi menjadi arang aktif daun trembesi dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 penampakan fisik serbuk daun trembesi ayakan 100 mesh. a) sebelum dijadikan arang aktif, b) setelah dijadikan arang aktif.

4.1.4 Hasil Uji Penyerapan Polutan CO dan CO₂ Mobil Uji Menggunakan Arang Aktif Daun Trembesi, Ekstrak Daun Trembesi dan Bubur Kertas.

Tabel 4.4, menunjukkan hasil uji pada mobil Toyota Agya tahun 2018 dengan tipe mesin Dual VVT-I dengan teknologi *Eco indicator* sesuai perlakuan pemasangan alat saring dengan adsorben arang aktif daun trembesi, ekstrak daun trembesi dan bubur kertas terhadap parameter karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Tabel 4.5. menunjukkan hasil uji pada mobil Toyota Starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan tipe mesin karburator menggunakan teknologi Katalis sesuai perlakuan pemasangan alat saring dengan adsorben arang aktif daun trembesi, ekstrak daun trembesi dan bubur kertas terhadap parameter karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂).

Untuk perhitungan efektivitas penyerapan emisi kendaraan dengan kontak waktu 120 detik, dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$Ef(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

Dimana :

E_f : Merupakan efektivitas penurunan kadar emisi polutan CO dan CO₂ mobil.

Y_i : Merupakan kandungan kadar emisi polutan CO dan CO₂ mobil awal.

Y_f : Merupakan kandungan kadar emisi polutan CO dan CO₂ mobil akhir.

(Hajar *et.al.*, 2016).

Tabel 4.4 Hasil penyerapan emisi polutan CO dan CO₂ pada mobil Toyota Agya tahun 2018 dengan tipe mesin Dual VVT-I teknologi *Eco Indicator*.

Parameter	Adsorben		
	Ekstrak daun trembesi	Arang aktif daun trembesi	Bubur kertas
Karbon monoksida (CO) %	0,10%	0.00%	0,38%
Karbon Dioksida (CO ₂) %	13,3%	8,6%	13,5%

Tabel 4.5 Hasil penyerapan emisi polutan CO dan CO₂ pada mobil Toyota Starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan tipe mesin karburator 2E-C teknologi Katalis.

Parameter	Adsorben		
	Ekstrak daun trembesi	Arang aktif daun trembesi	Bubur kertas
Karbon monoksida (CO) %	1,41%	1,31%	1,45%
Karbon Dioksida (CO ₂) %	12,0%	11,6%	12,5%

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakteristik Arang Aktif

Berdasarkan Tabel 4.1, mutu arang aktif daun trembesi telah memenuhi syarat standar baku mutu sesuai dengan SNI. 06-3730 Tahun 1995. Hasil tersebut menunjukkan arang aktif daun trembesi memiliki potensi digunakan untuk penyerapan parameter emisi polutan CO dan CO₂ mobil uji seperti karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Hasil uji rendemen memiliki nilai sebesar 1,928%, nilai arang aktif menunjukkan jumlah arang aktif yang dihasilkan setelah dilakukan proses pengaktifan.

Hasil pengujian kadar air pada arang aktif daun trembesi memiliki nilai 15%, kandungan air pada arang aktif daun trembesi mengalami penurunan saat proses karbonisasi. Semakin sedikit persentase kadar air yang terdapat pada arang aktif maka semakin tinggi daya serap arang aktif terhadap pencemar. Menurut Elvida, (2021). waktu pirolisis dan suhu mempengaruhi kadar air, semakin sedikitnya kadar air maka daya serap arang aktif semakin tinggi.

4.2.2 Adsorben dan Adsorpsi

Adsorben adalah partikel zat padat yang memiliki kemampuan menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Umumnya adsorben merupakan bahan-bahan yang memiliki karakteristik sangat berpori dan proses adsorpsi terjadi pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu dalam partikel tersebut. Adsorben yang secara komersial digunakan terbagi atas dua kelompok yaitu adsorben polar dan adsorben non polar. Adsorben zeolit, silika gel dan alumina aktif termasuk dalam kelompok adsorben polar, untuk adsorben arang aktif dan karbon aktif termasuk dalam kelompok non polar (Rahmi dan Sajidah, 2018). Adsorben yang digunakan pada alat saring dapat dilihat pada gambar 4.2.

Adsorpsi ialah proses akumulasi atau pemusatan substansi adsorbat yang terjadi pada adsorben, dalam hal ini proses adsorpsi dapat terjadi pada antar muka dua fasa. Fasa yang dapat melakukan penyerapan disebut adsorben dan fasa yang terserap disebut adsorbat. Proses adsorpsi terjadi akibat adanya daya tarik menarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben

kemungkinan terjadi diikuti lebih dari satu interaksi, hal ini dipengaruhi oleh struktur kimia yang terdapat pada masing-masing komponen (Rahmi dan Sajidah, 2018).

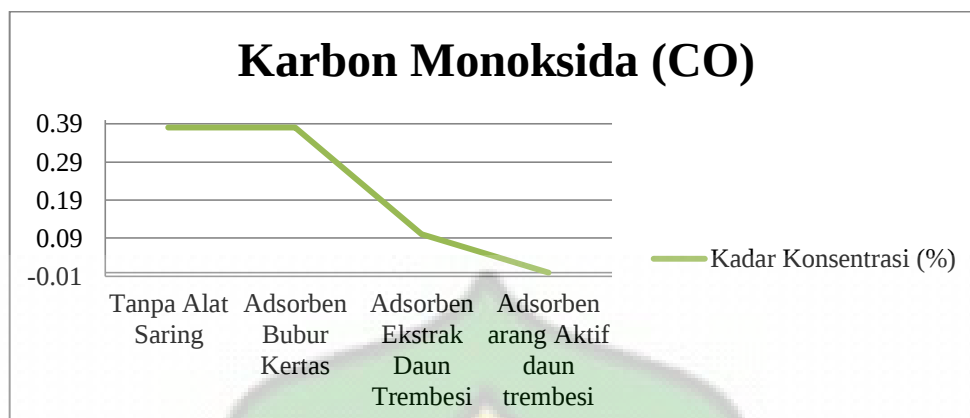


Gambar 4.2 Adsorben Alat Saring

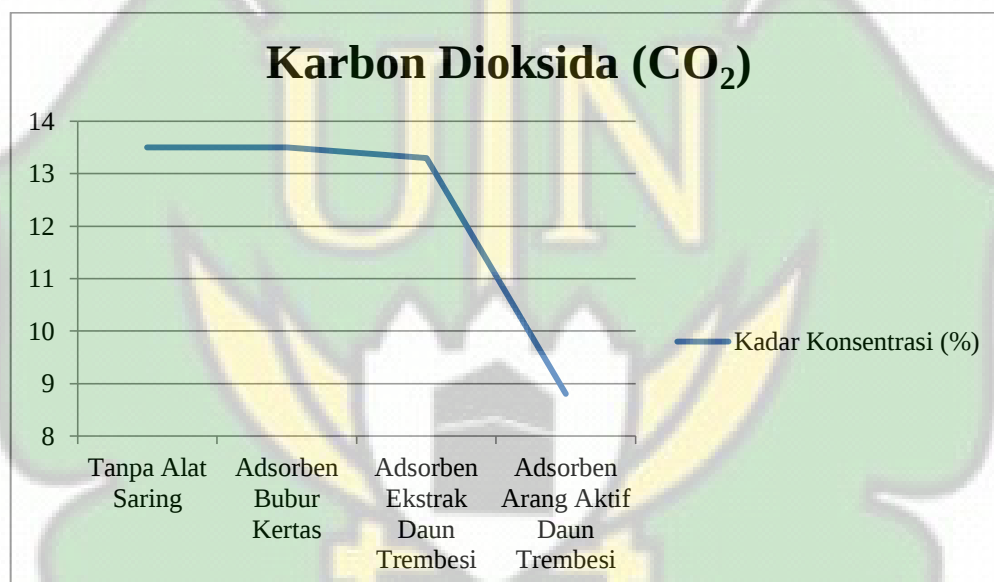
4.2.3 Hasil Uji Penyerapan Polutan Mobil Agya Tahun 2018 dengan Tipe Mesin Mobil Dual VVT-I Teknologi *Eco Indicator* Menggunakan Arang Aktif Daun Trembesi, Ekstrak Daun Trembesi dan Bubur Kertas

Berdasarkan Tabel 4.4, besaran nilai parameter karbon monoksida (CO) pada mobil uji mengalami penurunan dari 0,38% menjadi 0,00% dengan menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi nilai parameter mengalami penurunan dari 0,38% menjadi 0,10%, untuk penggunaan adsorben bubur kertas tidak mengalami penurunan nilai. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Untuk parameter karbon dioksida (CO_2) terdapat penurunan nilai, pada penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 8,6% dari 13,5%. Pada penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 13,3% dari 13,5%. Pada penggunaan adsorben bubur kertas nilai parameter karbon dioksida tetap 13,5%. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat Gambar 4.5.



Gambar 4.3 Grafik daya serap parameter emisi karbon monoksida (CO)



Gambar 4.4 Grafik daya serap parameter emisi karbon dioksida (CO₂)

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat dilihat nilai parameter karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2016 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama. Nilai emisi yang dihasilkan sangat sedikit.

Mesin mobil Dual VVT-I bekerja dengan sistem pengaturan *overlapping* dimana katup *intake* dan *exhaust* dapat tertutup dan terbuka secara otomatis, sistem ini memiliki keunggulan dalam menyempurnakan pembakaran bahan bakar kendaraan. Teknologi Dual VVT-I mampu mengurangi penggunaan bahan bakar kendaraan kendaraan sehingga emisi yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan teknologi VVT-I (Prasetyo *et.al.*, 2021).

Menurut suparman (2020), *Eco indicator* memudahkan pengemudi dalam menjaga kestabilan mesin dalam penggunaan bahan bakar ketika pengemudi melakukan akselerasi secara agresif, sehingga mesin dapat lebih mengirit bahan bakar ketika pengemudi menginjak pedal gas dalam waktu relatif singkat.

Pada mobil uji dengan mesin Dual VVT-I teknologi *Eco Indicator*, daya serap adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 100%, untuk daya serap adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 73,68%. Untuk adsorben bubuk kertas tidak terjadi penurunan emisi.

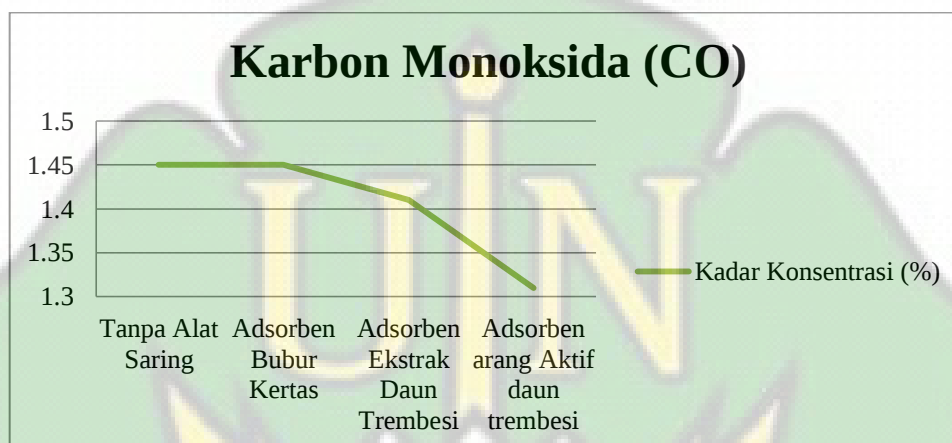
Untuk parameter emisi karbon dioksida (CO_2), dapat dilihat penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi lebih efektif dibandingkan dengan adsorben ekstrak daun trembesi. Dimana adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO_2 sebesar 36,29%, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO_2 sebesar 1,48%, sementara untuk penggunaan adsorben bubuk kertas, nilai parameter emisi (CO) tidak mengalami penurunan.

4.2.4 Hasil Uji Penyerapan Polutan Mobil Starlet SE 1.3 Tahun 1988 dengan Tipe Mesin Mobil Karburator 2E-C dengan Teknologi Katalis Menggunakan Arang Aktif Daun Trembesi, Ekstrak Daun Trembesi dan Bubur Kertas

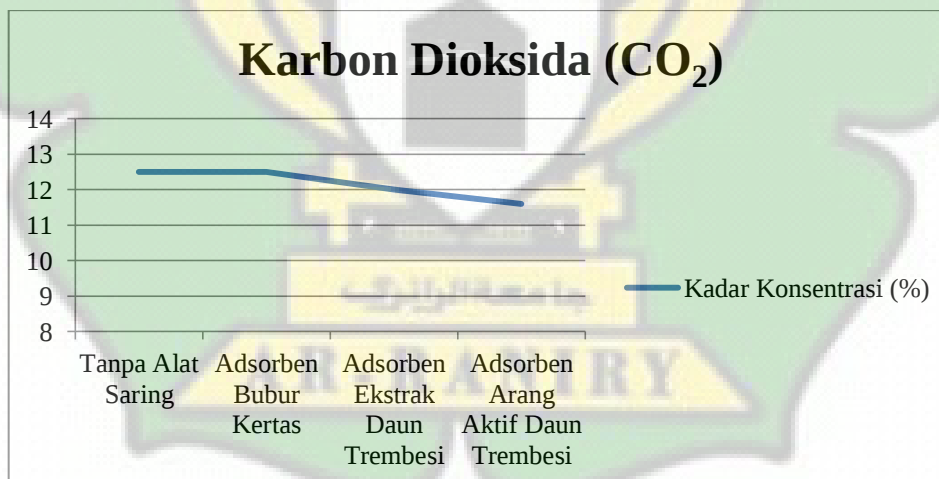
Berdasarkan Tabel 4.5, besaran nilai parameter karbon monoksida (CO) pada mobil uji mengalami penurunan dari 1,45% menjadi 1,29% dengan menggunakan adsorben arang aktif daun trembesi, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi nilai parameter mengalami penurunan dari 1,45% menjadi 1,41%, untuk penggunaan adsorben bubuk kertas tidak mengalami penurunan nilai. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Menurut Muhammad dkk., (2018), penggunaan katalis pada kendaraan bermotor mampu mengurangi kadar emisi dengan parameter CO sebesar 75,16% dan parameter CO_2 sebesar 55,65%, Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Untuk parameter karbon dioksida (CO_2) terdapat penurunan nilai, pada penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 11,6% dari 12,5%. Pada penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi mengalami penurunan nilai menjadi 12,0% dari 12,5%. Pada penggunaan adsorben bubuk kertas nilai parameter karbon dioksida tetap 12,5%. Perbandingan tiap adsorben dapat dilihat Gambar 4.8.



Gambar 4.5 Grafik daya serap parameter emisi karbon monoksida (CO)



Gambar 4.6 Grafik daya serap parameter emisi karbon dioksida (CO_2)

Berdasarkan Tabel 4.5, dapat dilihat nilai parameter karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO_2) sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2016 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama. Nilai emisi yang dihasilkan sangat sedikit.

Mesin mobil karburator 2E-C kapasitas 1,3 liter (1300cc), dengan kode sasis EP71. Mesin bekerja dengan mengadopsi sistem pembakaran melalui

karburator 2E-C dan 12 katup (3 katup per silinder). Sehingga mampu mencapai tenaga mesin 65 HP pada 6000 RPM (Jaldayat. 2019).

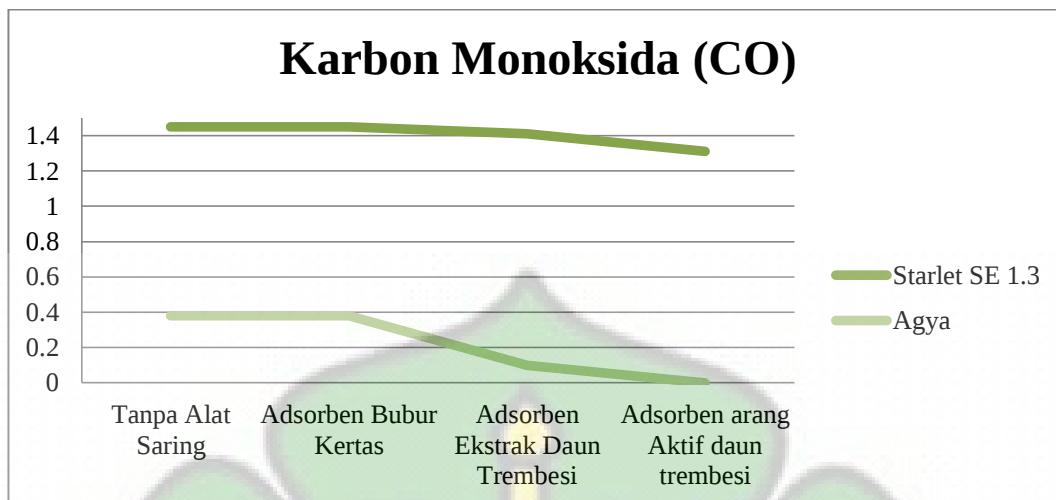
Pada mobil uji starlet SE 1.3 dengan mesin karburator 2E-C dengan teknologi katalis, daya serap adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 9,65%, untuk daya serap adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar emisi parameter (CO) sebesar 2,75%. Untuk adsorben bubuk kertas tidak terjadi penurunan emisi.

Untuk parameter emisi karbon dioksida (CO_2), dapat dilihat penggunaan adsorben arang aktif daun trembesi lebih efektif dibandingkan dengan adsorben ekstrak daun trembesi. Dimana adsorben arang aktif daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO_2 sebesar 7,2%, untuk penggunaan adsorben ekstrak daun trembesi berhasil mengurangi kadar CO_2 sebesar 0,32%, sementara untuk penggunaan adsorben bubuk kertas, nilai parameter emisi (CO) tidak mengalami penurunan.

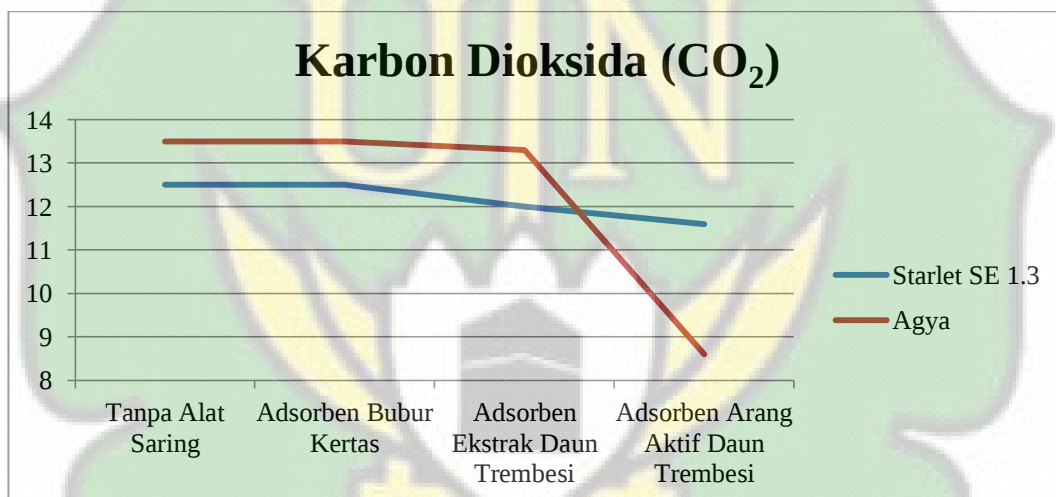
4.2.5 Perbandingan Penurunan Emisi Kendaraan Mobil Toyota Agya Tahun 2018 dengan Tipe Mesin Mobil Dual VVT-I Teknologi *Eco Indicator* dengan Mobil Toyota Starlet SE 1.3 Tahun 1988 dengan Tipe Mesin Karburator 2E-C Teknologi Katalis

Perbedaan tahun keluaran mobil uji mempengaruhi kuantitas polutan yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Menurut PerMen LH Nomor 5 Tahun 2006 baku mutu emisi kendaraan keluaran di bawah 2007 lebih tinggi dari pada kendaraan keluaran di atas tahun 2007. Hal ini dikarenakan pada kendaraan keluaran di bawah tahun 2007 tidak memiliki teknologi ramah lingkungan.

Pada mobil uji Toyota Starlet SE 1.3 tahun 1988 telah dipasang katalis tembaga yang berfungsi mengurangi kadar emisi dari kendaraan tersebut, sehingga emisi mobil uji sudah lebih sedikit kadar polutan udara yang dihasilkan. Perbedaan kadar emisi kendaraan pada mobil uji dapat dilihat pada gambar 4.9, Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.7 Perbedaan daya serap emisi karbon monoksida (CO)

Gambar 4.8 Perbedaan daya serap emisi karbon dioksida (CO₂)

4.2.6 Desain Alat Saring Emisi Polutan CO dan CO₂

Pada umumnya knalpot kendaraan berupa pipa panjang yang terdapat *muffler* atau peredam suara. Knalpot memiliki fungsi untuk menyalurkan zat sisa pembakaran yang memiliki tekanan tinggi dan tidak stabil, knalpot juga sebagai media penyalur panas yang dihasilkan dari ruang pembakaran pada mesin. Proses penurunan tekanan dan temperatur zat sisa pembakaran terjadi ketika melalui knalpot (sentyaki *et.al.*, 2018).

Alat saring emisi polutan mobil didesain dengan bentuk yang portable untuk digunakan pada mobil. Dalam pembuatan alat saring emisi polutan menggunakan bahan plat galvanis. Pemilihan penggunaan plat galvanis disebabkan galvanis merupakan jenis plat yang tahan terhadap pengaruh

oksida, sehingga akan lebih awet dan tahan lama dalam penggunaannya (Anam dan Arnandi, 2019). proses pelapisan *chrome* atau finishing logam dilakukan dengan cara pencelupan logam utama panas terhadap cairan logam chrome. Penggunaan lapisan chrome dikarenakan chrome dapat bereaksi dengan halogen, hidrogen klorida perkolat yang akan membentuk lapisan tipis, lapisan tipis chrome ini nantinya akan menghasilkan kepasifan sehingga akan tahan terhadap proses korosi pada besi (Widi dan Sujana, 2019).

Pipa dari plat galvanis didesain dengan bentuk bambu runcing. Dengan ukuran panjang tabung 35 cm, diameter lubang inlet 2 inch dan diameter lubang outlet 3,5 inch. Dengan adanya perbedaan ukuran lubang *inlet* dan *outlet* ini, diharapkan agar alat saring bisa dipergunakan secara universal oleh segala ukuran pipa knalpot kendaraan bermotor, tanpa harus merusak pipa knalpot kendaraan tersebut.

Ram besi *grill speaker sound system* digunakan sebagai media untuk merekatkan adonan adsorben. Penggunaan ram besi ini dikarenakan memiliki ukuran lubang yang sama dengan diameter 8 mm, ketebalan 0,8 mm dan luas permukaan besi yang sama. Sehingga lapisan adsorben bisa dilubangi dengan mudah mengikuti lubang pada ram besi. Ram besi *grill speaker* dipotong menggunakan mesin bubut jenis Bosch GWS 060 4 inch, dengan ukuran diameter ram besi 8,5 cm, ukuran ini disesuaikan dengan diameter lubang *outlet* pada alat saring emisi kendaraan.

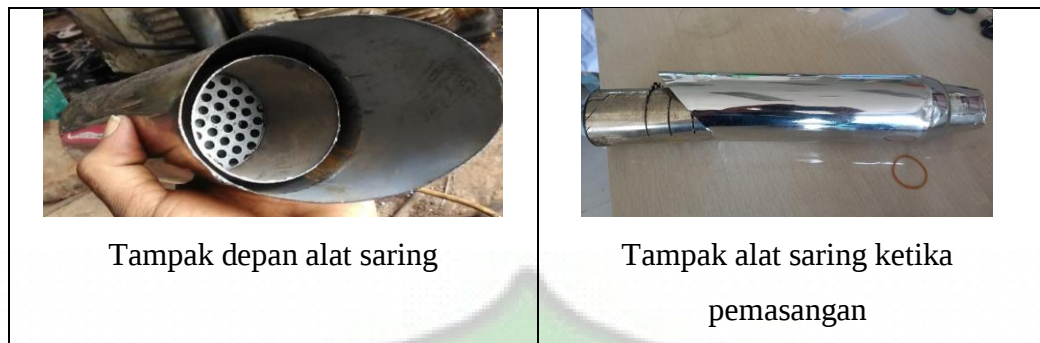
Untuk menyangga adsorben digunakan pipa besi galvanis yang pada umumnya dipakai untuk pemasangan sumur bor. Pipa besi galvanis memiliki diameter 2 inch, disesuaikan dengan lubang *inlet* alat saring emisi kendaraan. Desain alat saring dapat dilihat pada gambar 4.11.



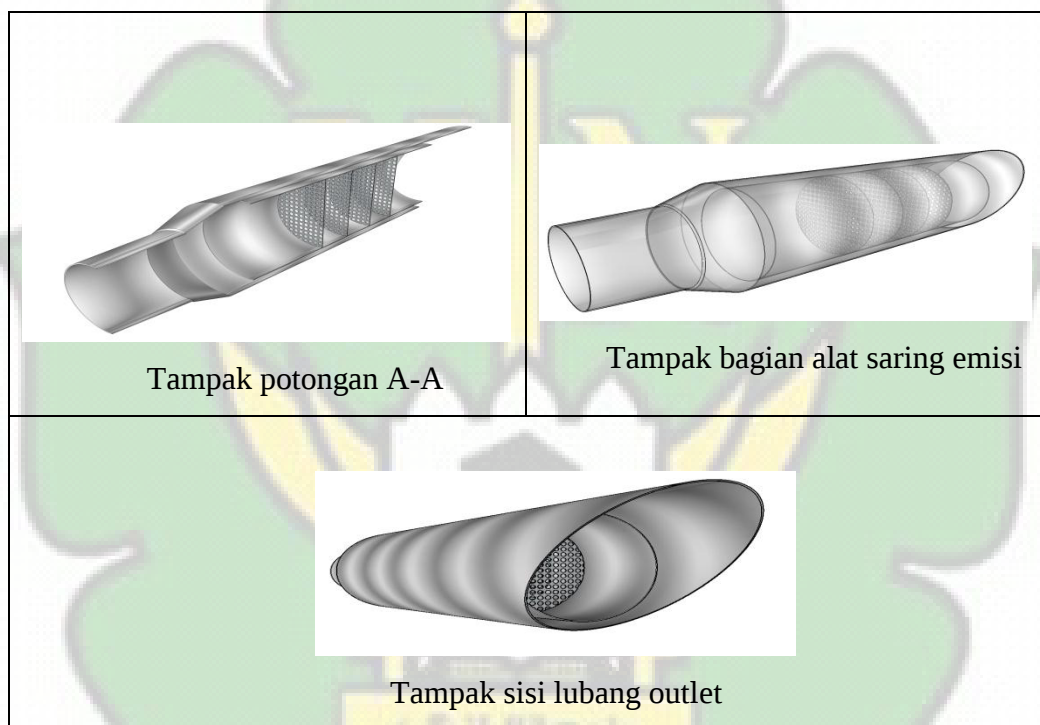
Tampak bagian-bagian alat saring



Tampak samping alat saring



Gambar 4.9 Alat saring emisi polutan mobil



Gambar 4.10 Desain alat saring emisi polutan mobil

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- 1 Adsorben arang aktif daun trembesi mampu menurunkan kadar emisi CO sebesar 100% pada mobil Toyota Agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I dan 9,65% pada mobil Toyota Starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin karburator
- 2 Adsorben arang aktif daun trembesi mampu menurunkan kadar emisi CO₂ sebesar 36,29% pada mobil Toyota Agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I dan 7,2% pada mobil Toyota Starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin karburator;
- 3 Alat saring emisi gas buang kendaraan didesain dengan bentuk universal dengan 3 lapis ram adsorben dengan diameter 8,5 inch, bahan utama alat saring terbuat dari besi galvanis dilapisi chrome dan lubang *inlet* dan pipa penyangga memiliki diameter 2 inch, lubang *outlet* memiliki diameter 3,5 inch. sehingga bisa digunakan oleh banyak jenis kendaraan bermotor.

5.2 Saran

Adapun saran dan masukan dalam penelitian ini adalah:

- 1 Diperlukan pengembangan mengenai durasi pemakaian adsorben, untuk mendapatkan titik jenuh penyerapan polutan oleh adsorben arang aktif daun trembesi;
- 2 Diperlukan pengujian pada kendaraan bermotor keluaran di bawah tahun 2007 yang tidak menggunakan katalis, agar diketahui kemampuan daya serap hidrokarbon (HC).

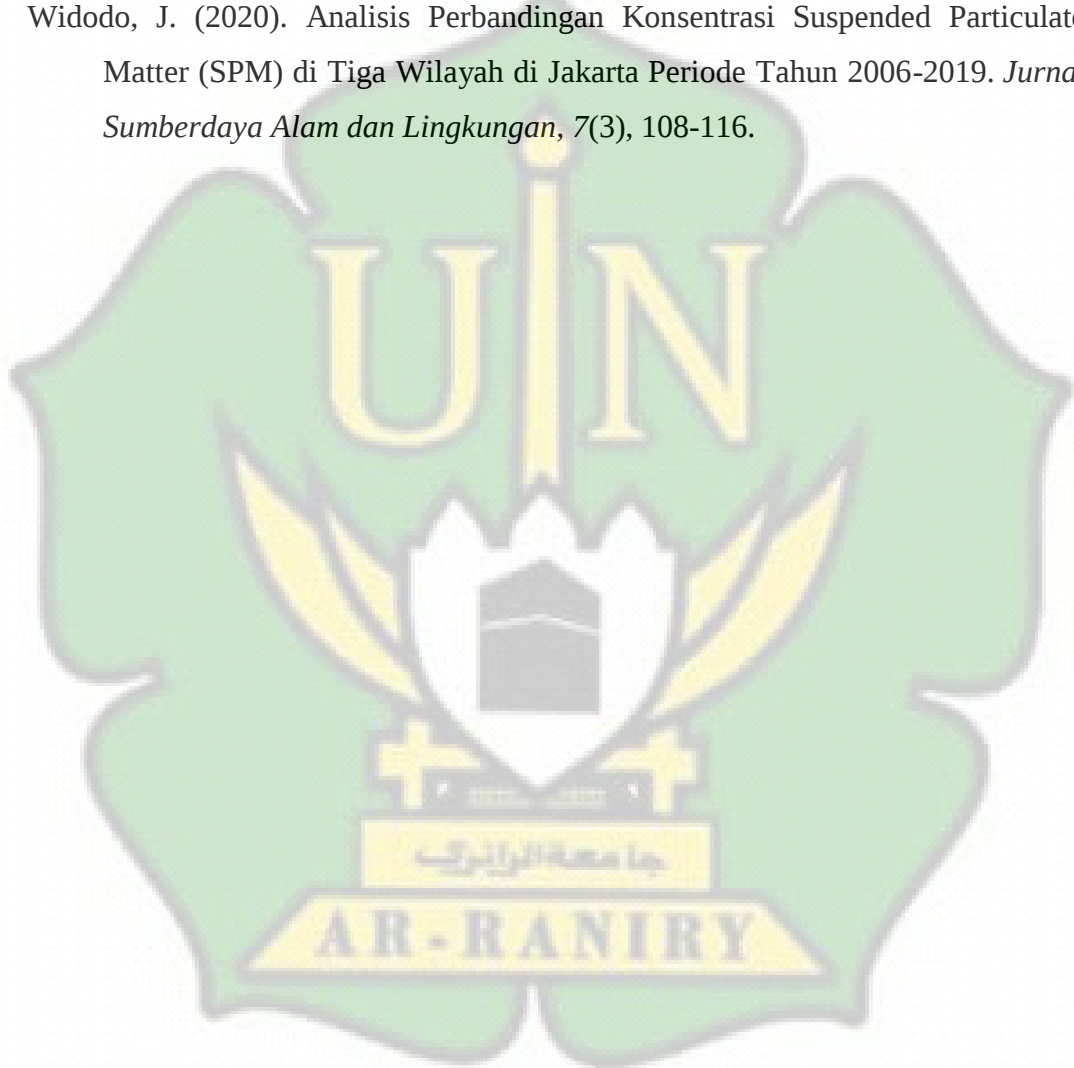
DAFTAR PUSTAKA

- Anam, I. K., & Arnandi, W. (2019). Rancang Bangun Bodi Gokart Menggunakan Bahan Plat Galvanis. *RIDTEM (Riset Diploma Teknik Mesin)*, 2(2).
- Badan Pusat Statistik. (2019). Statistik Transportasi darat 2019.
- Badan Pusat Statistik. (2020). Statistik Indonesia 2020.
- Basri, I. S. (2010). Pencemaran udara dalam antisipasi teknis pengelolaan sumber daya lingkungan. *SMARTek*, 8(2).
- Brimasta, R. K. W., & Sutjahjo, D. H. (2013). Kadar Emisi Gas Buang Mesin Mobil Toyota Kijang 5k Dengan Menggunakan Bahan Bakar LPG Komparasi Bahan Bakar Bensin. *Jurnal Teknik Mesin*, 1(3), 113-120.
- Dahlan, E. N. (2008). Jumlah Emisi Gas Co₂ Dan Pemilihan Jenis Tanaman Berdaya Rosot Sangat Tinggi: Studi Kasus Di Kota Bogor (the Amount of CO₂ Gasses Emission and Selection of Plant Species with Height Carbon Sink Capability: Case Study in Bogor Municipality). *Media Konservasi*, 13(2).
- Darmayasa, I. G. O. (2013). Dampak Nox Terhadap Lingkungan. *Kurva Teknik*, 2(1), 98-107.
- DLHK Provinsi Aceh. (2016). Laporan Penyelenggaran Pemerintah Aceh (LPPD) Tahun 2016.
- Elvida, D. (2021). *Uji Efektivitas Nanopartikel Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata) untuk Pengolahan Air Bersih* (Doctoral dissertation, UIN AR-RANIRY).
- Kurniawati, A., Hardjanto, U. S., & Herawati, R. (2013). Pengendalian Kualitas Udara di Kota Semarang. *Diponegoro Law Journal*, 2(3), 1-11.
- Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., & Welan, F. J. (2016). Efektivitas adsorpsi logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ Menggunakan media adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, 5(1), 1-8.

- Ismiyati, I., Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik*, 1(3), 241-248.
- Iqair.com. (2020). Indeks Kualitas Udara Dunia. <https://www.iqair.com/id/air-quality-map>.
- Jaldayat. (2019, Juli 23). Kelebihan dan kekurangan Toyota Starlet Kotak EP70/EP71. Diakses dari <https://www.jaldayat.com/kelebihan-dan-kekurangan-toyota-starlet-kotak/>.
- Jumaeri, J., & Prasetya, A. T. (2020). Preparasi Arang Aktif Trembesi Magnetit untuk Adsorpsi Senyawa Tanin dalam Limbah Cair. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 9(1), 17-23.
- Kamajaya, M. F. (2016). *Perbedaan konsumsi bahan bakar dan kepekatan gas buang mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan campuran solar dengan minyak cengkeh* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- Korea Iyasaka. (2016). Emission Analyzer. <http://www.kiyasaka.co.kr/en/>.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan kegunaan arang aktif. *Buletin Eboni*, 11(2), 65-80.
- Lubis, Y. A., Riniarti, M., & Bintoro, A. (2014). Pengaruh lama waktu perendaman dengan air terhadap daya berkecambah trembesi (Samanea saman). *Jurnal Sylva Lestari*, 2(2), 25-32.
- Maryanto, D., Mulasari, S. A., & Suryani, D. (2009). Penurunan kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dengan penambahan arang aktif pada kendaraan bermotor di Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(3), 162-232.
- Muhammad, M., Amin, B., & Sugiarto, T. (2018). Pengaruh penggunaan katalis plat tembaga pada knalpot sepeda motor terhadap kandungan emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). *Automotive Engineering Education Journals*, 1(2).
- Nindhia, T., Surata, I., Atmika, I., Negara, D., Komaladewi, A., Sucipta, M., & Suarnadwipa, I. (2014). Pelatihan Teknik Pembuatan Bubur Kertas (Pulp)

- Dari Limbah Koran Bekas Bagi Seniman Dan Pengrajin Ogoh-Ogoh Di Desa Melinggih, Payangan, Gianyar. *Buletin Udayana Mengabdi*, 13(2)..
- Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 31 Tahun 2008 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Prasetyo, I., Saputro, Y., & Khalilullah, A. R. (2021). Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan Teknologi VVT-I Dengan Dual VVT-I. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 9(1), 42-49.
- Primasanti, Y., & Indriastiningsih, E. (2021). analisis dampak pencemaran udara pt delta dunia textile terhadap kondisi masyarakat. *Jurnal Ilmu Keperawatan Indonesia (JIKI)*, 14(1).
- Sengkey, S. L., Jansen, F., & Wallah, S. E. (2011). Tingkat pencemaran udara CO akibat lalu lintas dengan model prediksi polusi udara skala mikro. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(2).
- Sentiyaki, S., Astuti, A. R. A., Fathurahman, I., Yani, S., Mandasini, M., Nurjannah, N., & Sabara, Z. (2018). Alat Penyaring Karbon Monoksida pada Knalpot Kendaraan Bermotor dengan Menggunakan Adsorben Alami Ekstrak Daun Trembesi. *Journal of Chemical Process Engineering*, 3(1), 38-42.
- Suparman. (2020, Maret 12). Manfaat Fitur Eco Indicator Kalau Mau Berkendara Irit. Diakses dari <https://auto2000.co.id/berita-dan-tips/manfaatkan-fitur-eco-indicator-kalau-mau-berkendara-irit#>.
- Syahrani, A. (2006). Analisa kinerja mesin bensin berdasarkan hasil uji emisi. *SMARTek*, 4(4).
- Rahmi, R., & Sajidah, S. (2018). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Dalam Limbah Cair. *Prosiding Biotik*, 5(1).

- Rita, W. S., Raka, I. K. P. S. I., Asih, A., & Dira, I. M. (2016). Identifikasi dan Uji Aktivitas Senyawa Flavonoid Dari Ekstrak Daun Trembesi (*Albizia saman* (Jacq.) Merr) Sebagai Antibakteri *Escherichia coli*.
- Widi, I. K. A., & Sujana, W. (2019). Analisa Kromisasi Elektroplating pada Tool Steel. *JURNAL FLYWHEEL*, 10(2), 12-18.
- Widodo, J. (2020). Analisis Perbandingan Konsentrasi Suspended Particulate Matter (SPM) di Tiga Wilayah di Jakarta Periode Tahun 2006-2019. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(3), 108-116.

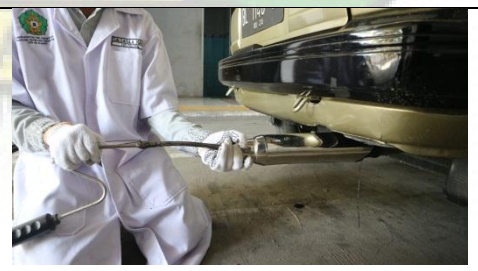


LAMPIRAN 1

DOKUMENTASI

Dokumentasi Pengujian kendaraan bermotor

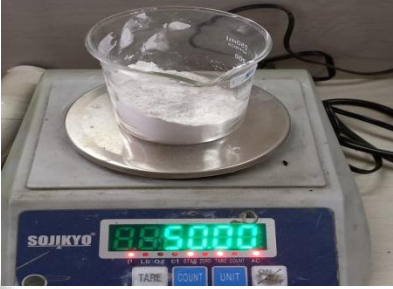
Keterangan	Gambar
Mobil toyota agya tahun 2018 mesin tipe Dual VVT-I	
Proses pengujian kadar emisi tanpa alat saring pada mobil toyota agya tahun 2018 tipe mesin Dual VVT-I	
Proses pengujian kadar emisi dengan alat saring pada mobil toyota agya tahun 2018 tipe mesin Dual VVT-I	
Nilai pengujian kadar emisi pada mobil toyota agya tahun 2018 tipe mesin Dual VVT-I tanpa alat saring	

Nilai pengujian kadar emisi pada mobil toyota agya tahun 2018 tipe mesin Dual VVT-I ketika dipasang alat saring dengan adsorben arang aktif daun trembesi	
Nilai pengujian kadar emisi pada mobil toyota agya tahun 2018 tipe mesin Dual VVT-I ketika dipasang alat saring dengan adsorben ekstrak daun trembesi	
Mobil toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 mesin tipe Karburator	
Proses pengujian kadar emisi tanpa alat saring pada mobil toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 mesin tipe Karburator	
Proses pengujian kadar emisi dengan alat saring pada toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 mesin tipe Karburator	

Nilai pengujian kadar emisi pada mobil toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 mesin tipe Karburator	
Nilai pengujian kadar emisi pada mobil toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 mesin tipe Karburator ketika dipasang alat saring dengan adsorben arang aktif daun trembesi	
Nilai pengujian kadar emisi pada mobil toyota starlet SE 1.3 tahun 1988 mesin tipe Karburator ketika dipasang alat saring dengan adsorben ekstrak daun trembesi	

Proses pembuatan adsorben

Keterangan	Gambar
Proses pengambilan daun trembesi (<i>Samanea saman</i>)	
Proses pengeringan daun trembesi (<i>Samanea saman</i>) tanpa sinar matahari langsung selama 2 hari	
Proses penghalusan daun trembesi (<i>Samanea saman</i>) ayakan 100 mesh	
Serbuk daun trembesi (<i>Samanea saman</i>) yang telah diaktivasi dengan asam sulfat (H_2SO_4) 10%, dan telah di oven dengan suhu $115^{\circ}C$ selama 3 jam	
Proses pembuatan bubur kertas	

Tepung kanji	
Proses pembuatan adsorben bubuk kertas, arang aktif daun trembesi (<i>Samanea saman</i>) dan ekstrak daun trembesi (<i>Samanea saman</i>)	



Pembuatan alat saring

Keterangan	Gambar
Knalpot racing bambu runcing chrome	
Ram Besi grill Besi speaker sound system 100x60	
Proses tempah alat saring di bengkel bubut	
Knalpot yang telah ditempa di bengkel bubut	

LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN

Perhitungan Konsentrasi H_2SO_4 Dan Karakteristik Arang Aktif Daun Trembesi.

A. Perhitungan Konsentrasi H_2SO_4 10%

Diketahui:

Molaritas larutan Sebelum Pengenceran (M_1) = 98%

Molaritas setelah setelah pengenceran (M_2) = 10%

Volume setelah pengenceran (V_2) = 0,8 L

Ditanya:

Volume sebelum pengenceran (V_1) = ... L

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$98\% \cdot V_1 = 10\% \cdot 0,8$$

$$98\% \cdot V_1 = 10\% \cdot 0,8$$

$$V_1 = \frac{8\%}{98\%}$$

$$V_1 = 0,081 \text{ L}$$

$$V_1 = 81 \text{ ml}$$

B. Perhitungan Uji Karakteristik

a. Rendemen

$$\text{Rendemen } \% = \frac{W_2}{W_1} \cdot 100\%$$

Diketahui:

Berat bahan baku awal (W_1) = 500 gram

Berat bahan baku setelah di aktifkan (W_2) = 964,23 gram

$$\% = \frac{964,23}{500} \cdot 100\%$$

$$\% = 1,92846 \cdot 100\%$$

$$= 1,92846\%$$

b. Kadar Air

Diketahui:

Berat arang aktif sebelum dioven = 1 gram

Berat arang aktif setelah dioven = 0,85 gram

Ditanya:

Kadar air =%

$$\% = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \cdot 100\%$$

$$\% = \frac{1 - 0,85}{1} \cdot 100\%$$

$$\% = 0,15 \cdot 100\%$$

$$= 0,15\%$$

C. Analisis Efektivitas Penurunan Kadar Polutan CO dan CO₂ Kendaraan dengan *Eco Filter* adsorben arang aktif daun trembesi

$$Ef\% = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \cdot 100\%$$

Ef = Efektivitas penurunan kadar polutan CO dan CO₂ kendaraan.

Y_i = Kandungan kadar polutan CO dan CO₂ kendaraan tanpa *Eco filter*

Y_f = Kandungan kadar polutan CO dan CO₂ kendaraan dengan *Eco filter*

1. Mobil agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I

a. Parameter karbon monoksida (CO)

$$Ef\% = \frac{0,38 - 0,00}{0,38} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 1 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 100\%$$

b. Parameter Karbon dioksida (CO₂)

$$Ef\% = \frac{13,5 - 8,6}{13,5} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 0,385 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 38,51\%$$

2. Mobil starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin tipe karburator

a. Parameter Karbon monoksida (CO)

$$Ef\% = \frac{1,45 - 1,31}{1,45} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 0,096 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 9,6\%$$

b. Parameter Karbon dioksida (CO₂)

$$Ef\% = \frac{12,5 - 11,6}{12,5} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 0,72 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 7,2\%$$

D. Analisis Efektivitas Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan dengan *Eco Filter* adsorben Ekstrak daun trembesi

$$Ef\% = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \cdot 100\%$$

E_f = Efektivitas penurunan kadar polutan CO dan CO₂ kendaraan bermotor

Y_i = Kandungan kadar polutan CO dan CO₂ kendaraan tanpa *Eco filter*

Y_f = Kandungan kadar polutan CO dan CO₂ kendaraan dengan *Eco Filter*

1. Mobil agya tahun 2018 dengan mesin tipe Dual VVT-I

a. Parameter karbon monoksida (CO)

$$Ef\% = \frac{0,38 - 0,10}{0,38} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 0,736 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 73,68\%$$

b. Parameter Karbon dioksida (CO₂)

$$Ef\% = \frac{13,5 - 13,3}{13,5} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 0,014 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 1,48\%$$

2. Mobil starlet SE 1.3 tahun 1988 dengan mesin tipe karburator

a. Parameter Karbon monoksida (CO)

$$Ef\% = \frac{1,45 - 1,41}{1,45} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 0,027 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 2,75\%$$

c. Parameter Karbon dioksida (CO_2)

$$Ef\% = \frac{12,5 - 12,0}{12,5} \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 0,04 \cdot 100\%$$

$$Ef\% = 4\%$$



LAMPIRAN 3
JADWAL PELAKSANAAN PENELITIAN

Jenis Kegiatan	Tahun											
	2021											
	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
Persiapan Kegiatan												
1.Observasi Awal												
2.Konsultasi Pembimbing												
3.Penyusunan Tugas Akhir												
Pelaksanaan Penelitian												
1.Pra-Penelitian												
- Studi Literatur												
2.Pembuatan Alat Saring												
3.Pembuatan Adsorben												
4.Pencarian Mobil Uji												
5.Analisis dan Pengolahan Data												
6.Penyusunan Laporan												
7.Penyelesaian Tugas Akhir												

LAMPIRAN IV
DIAGRAM ALIR PENELITIAN

