

PERANCANGAN SILICA GEL FILTER DALAM MENGURANGI KONSENTRASI SO₂, NO_x, NO₂, CO₂, DAN CO PADA UNIT PELAYANAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL (ULPLTD) PAOKMOTONG MENGGUNAKAN METODE ADSORPSI

*Design Of Silica Gel Filter To Reduce So₂, No_x, No₂, Co₂, And Co
 Concentrations In (ULPLTD) Paokmotong Using
 Adsorption Method*

Muhamad Gunawan Ashari^{1*} , Baiq Liana Widiyanti² , Muhammad Iman Darmawan³

¹²³Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hamzanwadi
 Jln. Prof. M. Yamin No. 53 Pancor - Selong, Kabupaten Lombok Timur,
 Nusa Tenggara Barat 83611

*Email: gunawanazhari16@gmail.com.

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 16-12-2024 Revised: 30-12-2024 Published: 31-12-2024</p> <p>Keywords: Adsorption, Emissions, filters, Air pollution Silica gel.</p>	<p>PLTD (Pembangkit listrik tenaga Deasel) is a high contributor to air pollution. The design of silica gel filters to reduce emissions, based on adsorption on SO₂, NO_x, NO₂, CO₂, and CO parameters is expected to help reduce air pollution, improve environmental quality, and meet government regulations. For this reason, tests were carried out on 101-500 KW generators. The filter is made with silica gel adsorbent and activated carbon, tested at the NTB Environmental Laboratory following Indonesian emission standards. Data is collected through observation, emission tests, and regression analysis to assess the effectiveness of the filters. The results of the emission test on the silica gel filter design prototype obtained significant results with the percentage of NO_x effectiveness reaching 35.8% while CO was 22.5%. In addition, emissions that were not tested by laboratories such as SO₂ decreased by 87.5%, NO₂ by 87.2%, and CO₂ by 94.7%. The effectiveness of silica gel is affected by temperature, machine conditions (suction power) and the size of the adsorbent pores. This shows that silica gel filters can reduce emissions and improve air quality.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: 16-12-2024 Direvisi: 30-12-2024 Dipublikasi: 31-12-2024</p> <p>Kata kunci: Adsorpsi, Emisi, filter, Polusi udara, Silica gel.</p>	<p>PLTD (Pembangkit listrik tenaga diesel) merupakan penyumbang emisi tinggi yang berkontribusi pada polusi udara. Perancangan silica gel filter untuk mereduksi emisi, berbasis adsorpsi pada parameter SO₂, NO_x, NO₂, CO₂, dan CO diharapkan membantu menekan polusi udara, meningkatkan kualitas lingkungan, dan memenuhi regulasi pemerintah. Untuk itu dilakukan pengujian pada genset 101-500 KW. Filter dibuat dengan adsorben silica gel dan karbon aktif, diuji di Laboratorium Lingkungan NTB mengikuti standar emisi Indonesia. Data dikumpulkan melalui observasi, uji emisi, dan regresi analisis untuk menilai efektivitas filter. Hasil uji emisi pada prototipe perancangan silica gel filter mendapatkan hasil signifikan dengan persentase efektivitas NO_x mencapai 35,8% sedangkan CO sebesar 22,5%. Selain itu emisi yang tidak dilakukan uji laboratorium seperti SO₂ mengalami penurunan hingga 87,5%, NO₂ sebesar 87,2%, dan sedangkan CO₂ sebesar 94,7%. Efektivitas silica gel dipengaruhi</p>

oleh suhu, kondisi mesin (daya hisap) dan ukuran pori-pori adsorben. Ini menunjukkan bahwa filter silika gel dapat mereduksi emisi dan meningkatkan kualitas udara

Sitasi:

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki banyak pembangkit listrik, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang tersebar di berbagai daerah. Dengan total 1.538 PLTD dan kapasitas 10.275 MW, emisi polutan seperti SO₂, NO_x, CO₂, PM₁₀, dan PM_{2,5} yang dihasilkan cukup tinggi. Menurut laporan World Air Quality 2023, Indonesia menduduki peringkat keenam sebagai negara dengan kualitas udara terburuk di dunia, dengan konsentrasi PM_{2,5} tahunan mencapai 37,1 µg/m³. Pencemaran udara yang diakibatkan oleh pembangkit ini menjadi perhatian serius, terutama bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan (Christian dkk., 2022).

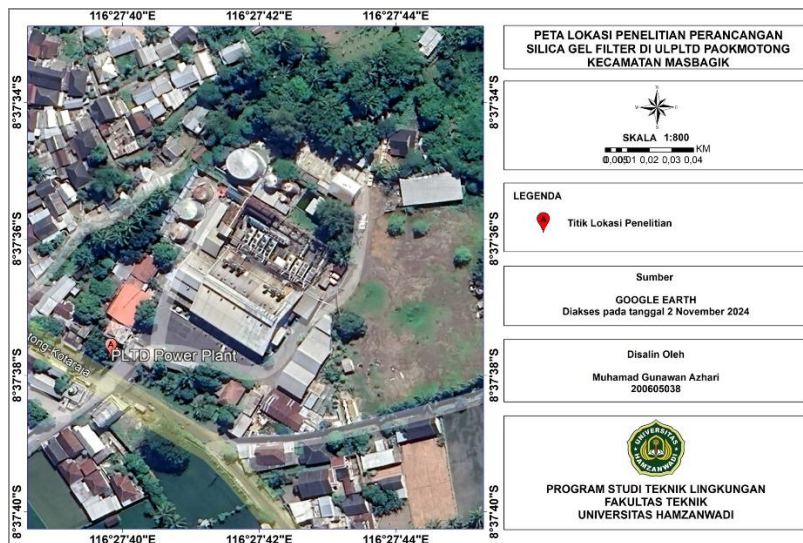
PLTD Paokmotong di Lombok Timur berperan penting dalam penyediaan energi listrik. Dengan daya mampu mencapai 184,805 MW, cadangan operasionalnya sangat kecil, sehingga meningkatkan potensi emisi gas rumah kaca (Royhan, 2021). Peningkatan emisi ini berkontribusi pada masalah pencemaran udara, yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi masyarakat di sekitarnya. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi dampak pencemaran udara dari operasional PLTD dan untuk mencari solusi yang efektif dalam mengurangi emisi tersebut (Sasmita dkk., 2022).

Salah satu solusi yang diusulkan adalah penggunaan filter silica gel untuk mengurangi konsentrasi polutan seperti SO₂, NO_x, NO₂, CO₂, dan CO melalui metode adsorpsi. Silica gel dikenal memiliki kemampuan adsorpsi tinggi yang dapat menyerap gas-gas berbahaya ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas silica gel sebagai filter sebelum diterapkan di cerobong asap PLTD. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengelolaan emisi dan meningkatkan kualitas udara, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam teknologi lingkungan (Tampang, 2018).

METODE PENELITIAN

a. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian Berlokasi di PT. PLN (persero) ULPLTD Paokmotong, berada pada Desa Paokmotong, Kecamatan Masbagik, Kabupaten Lombok Timur yang di lakukan pada bulan Maret – September 2024.



Gambar. 1 Lokasi Penelitian

b. Variabel Penelitian

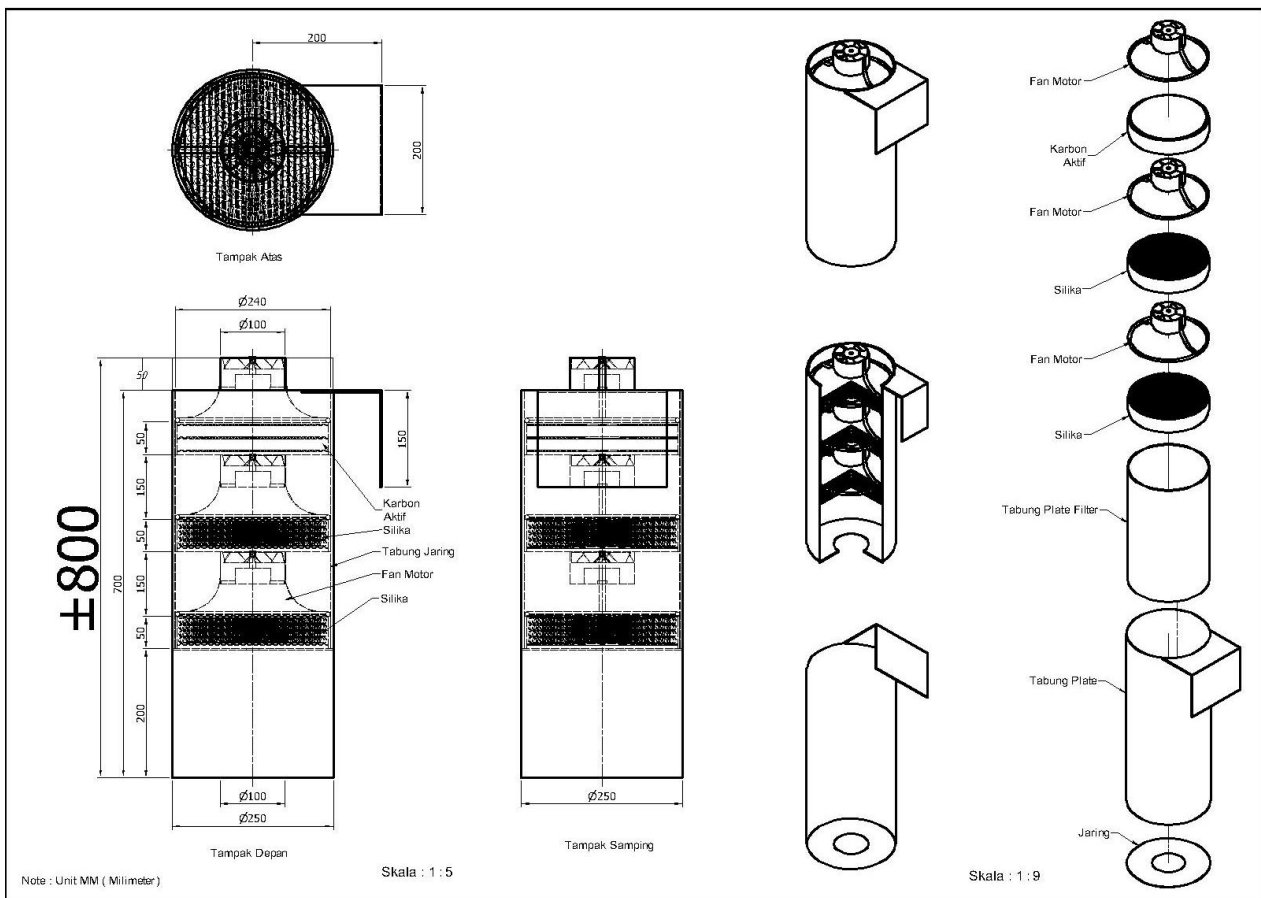
Adapun variabel bebas dalam penelitian Variabel ini berupa konsentrasi emisi SO_2 , NO_x , NO_2 , CO_2 , dan CO yang dihasilkan oleh ULPLTD yang di mana pengujian di lakukan pada mesin genset kapasitas 101-500 KW. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah alat filter yang dirancang untuk mengurangi konsentrasi pencemaran udara pada ULPLTD, dengan pengujian emisi pada mesin genset 101-500 KW dan silica gel sebagai bahan adsorben.

c. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan media filter:
 - a. Silica gel: Menggunakan silica gel berjenis sol gel berwarna biru atau silica gel biru.
 - b. Arang/karbon aktif: Menggunakan karbon aktif yang diaktifkan dengan NH_4Cl .
2. Tahapan pembuatan silica gel filter:
 - a. Mendesain model silica gel filter menggunakan aplikasi AutoCAD.
 - b. Membuat kerangka dalam untuk wadah silica gel menggunakan besi lonjor ukuran 3 mm.
 - c. Membuat wadah silica gel dan karbon aktif menggunakan plat stainless dan jaring *wiremesh*.
 - d. Membuat lapisan luar atau *body* menggunakan plat besi ukuran 3 mm.
 - e. Memasukkan bahan silica gel dan karbon aktif pada wadah masing-masing.
 - f. Memasang motor van pada kedua ujung tabung.
 - g. Membuat penutup dan penopang samping untuk silica gel filter.
 - h. Melakukan pemasangan kabel dan instalasi listrik.
3. Tahapan pengujian:
 - a. Melakukan pengujian pada mesin genset dengan kapasitas 101-500 KW.
 - b. Melakukan uji emisi dengan parameter SO_2 , NO_x , NO_2 , CO_2 , dan CO .
 - c. Mempersiapkan kabel dan instalasi listrik untuk motor fan.
 - d. Melakukan uji coba alat silica gel sebelum pemasangan.
 - e. Melakukan pengujian alat silica gel filter pada mesin genset.
 - f. Menghidupkan motor fan untuk memulai proses filter.

4. Prosedur pengujian silica gel filter pada mesin genset:
 - a. Membawa alat silica gel filter ke laboratorium lingkungan.
 - b. Mempersiapkan alat silica gel filter dan memastikan komponennya bekerja dengan baik.
 - c. Mempersiapkan kabel dan instalasi listrik untuk motor fan.
 - d. Melakukan uji coba alat sebelum pemasangan.
 - e. Melakukan pengujian dengan didampingi supervisor laboratorium.
 - f. Pengujian dilakukan dengan satu kali pengambilan sampel dan tiga kali pengulangan.
 - g. Menghidupkan motor fan untuk memulai proses filter.



Gambar. 2 Disain Perancangan Silica Gel Fiter

d. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

Teknik Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan observasi, Rancang Alat, Identifikasi Masalah, Uji Emisi dan Dokumentasi. Data Sekunder merajut pada Jurnal, literatur ilmiah, buku, dan informasi tertulis lainnya yang relevan. b. Referensi dari Lampiran III Permen LHK No. P.15/2019 tentang Baku Mutu Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Susanto., dkk) dan Referensi dari Lampiran I Permen LHK No. 11 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Emisi Mesin dengan Pembakaran Dalam .

Teknis Analisis Data yang di gunakan yaitu dengan Menganalisis pengaruh silica gel filter dengan metode adsorpsi dalam mengurangi konsentrasi pencemaran udara pada mesin genset. Menganalisis tingkat parameter SO₂, NO_x, NO₂, CO₂, dan CO dengan uji emisi. Menganalisis hasil

uji emisi sebelum dan sesudah pemasangan silica gel filter sesuai ketentuan peraturan yang berlaku. Menganalisis tingkat efektivitas alat silica gel filter dengan metode adsorpsi, dengan rumus:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{sebelum perlakuan} - \text{sesudah perlakuan}}{\text{sebelum perlakuan}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

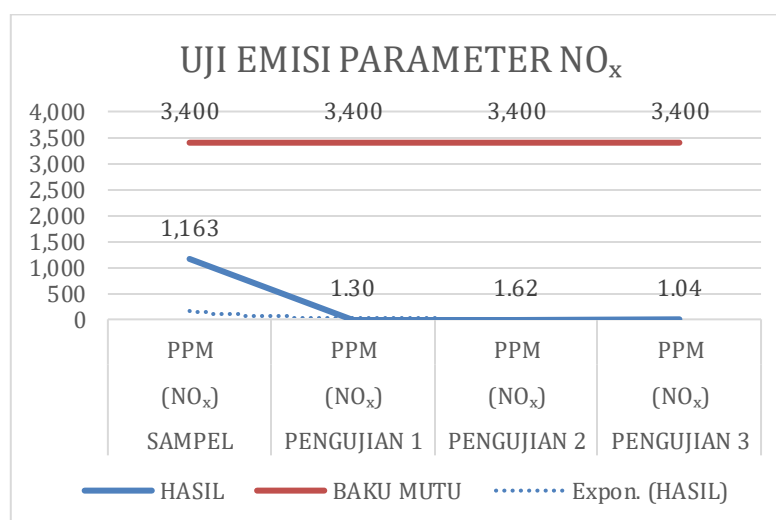
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian prototipe yang dilakukan pada alat silica gel filter dengan uji emisi dengan menggunakan mesin genset mendapatkan hasil dari empat kali pengujian. Pengujian pertama meliputi pengujian sampel emisi yang di ukur sebelum pemasangan silica gel filter, kemudian pengujian kedua, ketiga dan ke empat meliputi uji emisi sesudah pemasangan alat silika gel filter. Berikut hasil uji emisi pada mesin genset dengan kapasitas 101-500 KW pada pukul 10:15 WITA.

Tabel . 1 Data Uji Emisi Sampel dan Uji Silica Gel Filter NO₂ dan CO

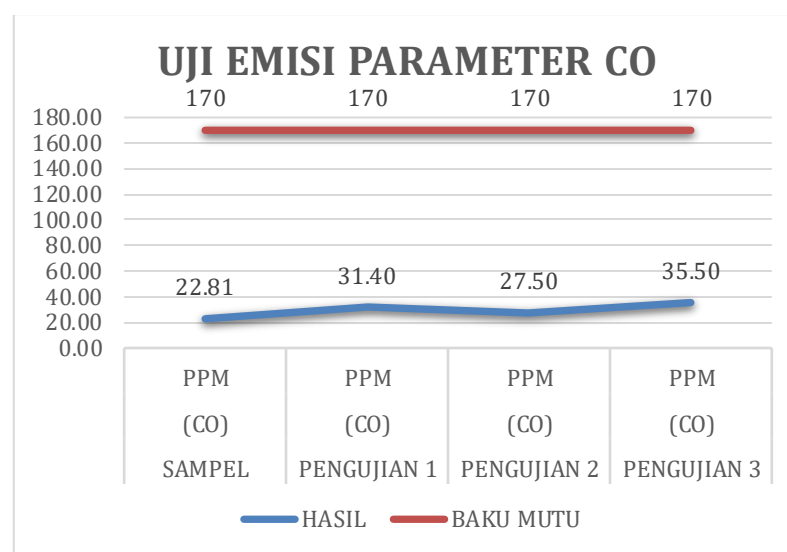
NO	Data Uji Emisi						
	Parameter	Satuan	Baku mutu	sampel	Uji 1	Uji 2	Uji 3
1.	(NO _x)	mg/Nm ³	3.400	1.163	1.3	1.63	1.04
2.	(CO)	mg/Nm ³	170	22.81	31.4	27.5	35.5

Menunjukkan penurunan emisi NO_x dengan nilai sampel 1.163 mg/Nm³ yang di bawah baku mutu, ini menunjukkan bahwa mesin genset yang di gunakan dalam keadaan yang baik dan selalu di lakukan *maintanance*. Penurunan emisi NO_x memenuhi hasil yang baik dengan nilai pada pengujian pertama yaitu 1,30 mg/Nm³, pengujian kedua dengan nilai 1,63 mg/Nm³ meskipun mengalami kenaikan 0,33 mg/Nm³ akan tetapi tidak mempengaruhi pengujian kedua untuk mendekati batas baku mutu yang berlaku. Kemudian pengujian ketiga dengan nilai uji 1,04 mg/Nm³ dengan penurunan 0, 59 mg/Nm³ pada pengujian kedua.



Gambar. 3 Grafik Uji Emisi Parameter NO_x

Hasil uji emisi dengan parameter CO atau karbon monoksida sebesar 22.81 mg/Nm³ yang di mana hasil ini di bawah baku mutu yang berlaku hal ini menunjukkan bahwa mesin genset dalam keadaan baik dan tidak mengalami kerusakan. Penambahan solar pada bahan bakar tidak mempengaruhi lebih jauh. Dan mengalami kenaikan rata-rata 5.10 mg/Nm³. Akan tetapi tidak melebihi baku mutu yang di tetapkan oleh PERMENLHK No.11 tahun 2021 tentang baku mutu emisi mesin pembangkit tidak bergerak atau genset dengan baku mutu 170 mg/Nm³. Dengan pengujian pertama CO 31.40 mg/Nm³, pengujian kedua menghasilkan nilai CO 27.50 mg/Nm³ dan pengujian ketiga dengan nilai CO 35.50 mg/Nm³.



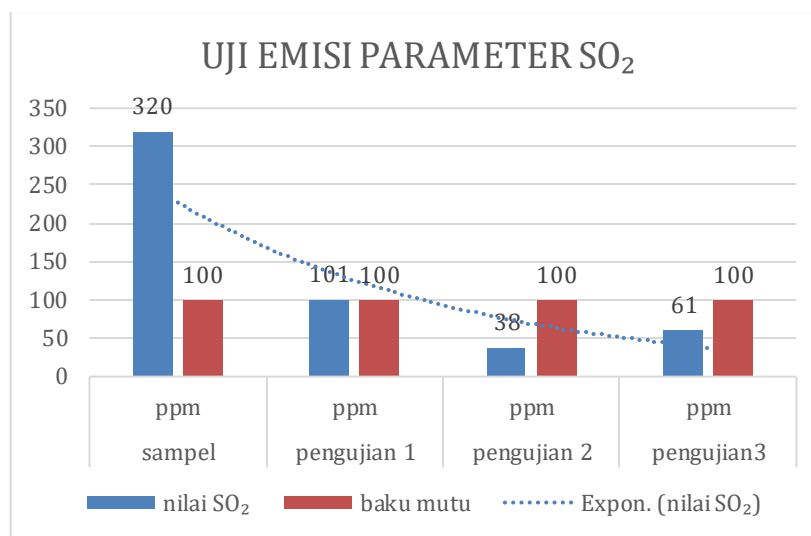
Gambar. 4 Grafik Uji Emisi Parameter CO

Penambahan solar juga menghasilkan data uji emisi parameter SO₂, NO₂, dan CO₂ akan tetapi hasil uji tersebut tidak dicantumkan dalam. Parameter tersebut tidak termasuk dalam baku mutu uji emisi mesin pembangkit tidak bergerak atau genset dengan kapasitas 101-500 KW. Terjadi kenaikan dan penurunan pada pengujian 1, 2 dan 3 di pengaruhi oleh pengaturan kecepatan dinamo, terjadi kesalahan teknis dalam pengatur kecepatan dinamo pada pengujian ketiga dengan kecepatan yang *medium* membuat proses filter terpusat. Pengujian pada silica gel filter juga menghasilkan parameter SO₂, NO₂, dan CO₂ akan tetapi parameter tersebut hanya menjadi parameter pendukung di karena kan PermenLHK No.11 tahun 2021 membahas tentang baku mutu emisi NO_x dan CO pada mesin genset kapasitas 101-500 KW yang digunakan pada uji emisi untuk silica gel filter. Berikut hasil uji emisi parameter SO₂, NO₂, dan CO₂ dari hasil pengujian dalam kurun waktu 5 menit di setiap pengujian dapat di lihat sebagai berikut.

Tabel . 2 Data Uji Emisi Sampel dan Hasil Uji Pada SO₂, NO₂, dan CO₂

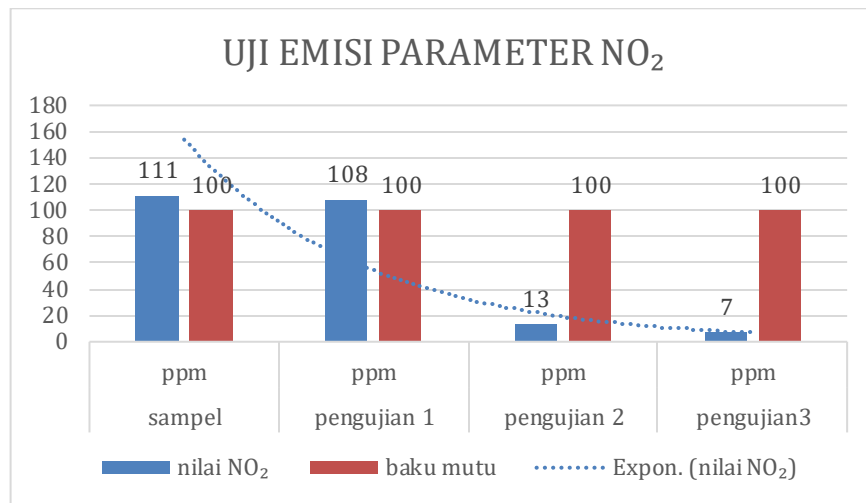
No	Data Uji Emisi						
	Parameter	Satuan	Sampel	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Baku Mutu
1.	(SO ₂)	ppm	320	101	38	61	100
2.	(NO ₂)	ppm	111	108	13	7	100
3.	(CO ₂)	%VCL	0,79	0,11	0,04	0,04	5

Pengujian Pertama (SO_2) 101 ppm yang sudah memenuhi Baku Mutu 100 ppm. Kadar SO_2 sedikit melebihi baku mutu yang diizinkan, walaupun sudah mendekati ambang batas. Penurunan parameter SO_2 pada pengujian ke dua yaitu 38 ppm dan di pengujian ketiga naik menjadi 61 ppm namun di bawah baku mutu yang ditetapkan dengan persentase penurunan sampai 87,5%. Hasil Sampel NO_2 Terkoreksi 111 ppm. Berbanding 10 ppm dari Baku Mutu di kisaran 100 ppm. Kadar NO_2 sedikit melebihi baku mutu, yang mengindikasikan bahwa terdapat peningkatan emisi nitrogen dioksida, yang berkontribusi pada pencemaran udara dan berpotensi berbahaya bagi kesehatan.



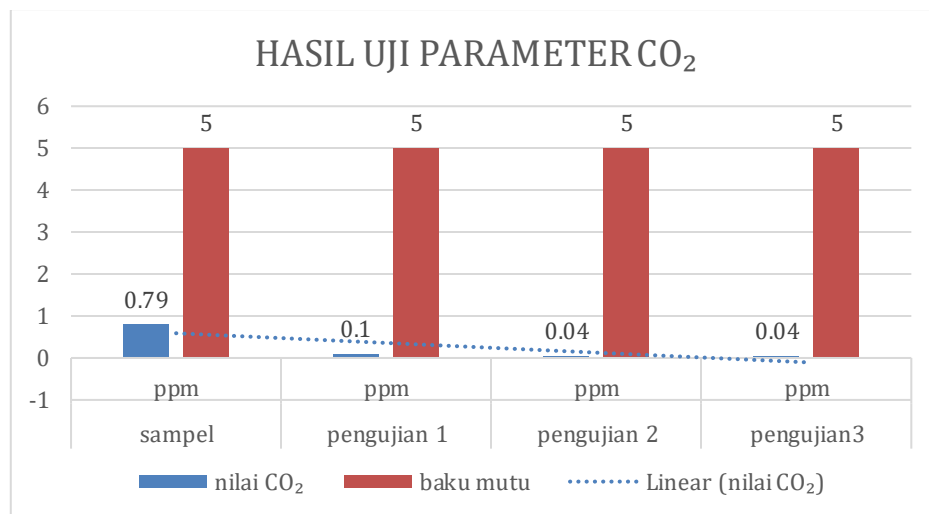
Gambar. 5 Grafik Uji Emisi Parameter SO_2

Pengujian Pertama (NO_2) 108 ppm dengan perbandingan Baku Mutu kisaran 100 ppm. Emisi NO_2 masih sedikit di atas baku mutu. Meski terjadi penurunan dari uji awal (111 ppm), NO_2 tetap sedikit lebih tinggi dari standar baku mutu. Pengujian kedua dengan penurunan sangat drastis 108 ppm menjadi 13 ppm dan pada pengujian ketiga turun dengan signifikan menjadi 7 ppm persentase penurunan sampai 87,2%. Hasil Sampel CO_2 Terkoreksi menunjukkan 0,79%VCL (Volume Concentration Limit). Kadar CO_2 masih berada di bawah baku mutu, menunjukkan bahwa emisi karbon dioksida relatif rendah dan tidak melebihi batas yang diizinkan dengan kisaran 5% VCL.



Gambar. 6 Grafik Uji Emisi Parameter NO₂

Berikut perbandingan nilai Uji emisi pada sampel dengan nilai pengujian 1 menunjukkan penurunan yang drastis dari 0,79 menjadi 0,10 % VCL selanjutnya pada pengujian kedua dan ketiga mengalami penurunan menjadi 0,04 % VCL penurunan ini sampai dengan 94,7%.



Gambar. 7 Grafik Uji Emisi Parameter CO₂

Proses adsorpsi yang terjadi pada silica gel dalam mereduksi emisi genset di pengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah kondisi suhu yang tinggi pada alat silica gel filter di karena kan terjadinya proses penyaringan terpusat. Hal ini membuat silica gel lebih cenderung bereaksi pada adsorpsi kimia yang di mana adsorpsi kimia lebih bersifat spesifik jika terjadi pada suhu yang tinggi lebih dari 35° C. Menurut Fabiani, (2018) Dengan daya tahan Silica gel sebenarnya tidak memiliki titik didih, karena tidak meleleh atau mendidih seperti bahan padat lainnya. Silica gel adalah bentuk padatan amorf dari silikon dioksida (SiO₂) yang memiliki struktur berpori. Ketika dipanaskan, silica gel mulai kehilangan air yang teradsorpsi pada suhu sekitar 120°C hingga 200°C dan akan terdekomposisi pada suhu yang sangat tinggi, sekitar 1.600°C Madania, (2023).

Selain itu faktor selanjutnya adalah ukuran pori-pori silica gel, silica gel dengan ukuran yang kecil memiliki daya adsorpsi lebih lama dikarenakan ukuran pori-pori silica gel yang sangat kecil dan hal ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk masuk ke dalam pori-pori silica gel (Pérez-Rial dkk., 2024). Menurut PH atau tingkat keasaman dari emisi seperti NO_x dengan keasaman mulai dari 4.0 sampai 5.5 kurang efektif dalam mereduksi emisi dikarenakan terlalu asam dan dikategorikan sebagai senyawa non polar. Sedangkan emisi dengan PH basa seperti gas amoniak dan debu alkali sangat cocok di serap oleh silica gel di karena kan bersifat senyawa polar (Kusuma Wardhani & Ihwan, 2015)

Secara umum, konsentrasi polutan setelah perlakuan lebih rendah dibandingkan sebelum perlakuan. Ini menunjukkan bahwa tindakan yang dilakukan berhasil mengurangi emisi. Penurunan emisi untuk setiap parameter berbeda-beda seperti NO_x dan CO. Beberapa parameter mengalami penurunan yang lebih signifikan dibandingkan parameter lainnya. Hasil pengukuran "sesudah" yang berbeda-beda menunjukkan bahwa ada faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat penurunan emisi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji emisi pada prototipe perancangan silica gel filter dalam mereduksi emisi NO_x dan CO, mesin genset dalam percobaan alat menggunakan metode adsorpsi pada media adsorbent yaitu silica gel dan karbon aktif. mendapatkan hasil yang sangat signifikan dengan persentase efektivitas NO_x mencapai **35,8%** sedangkan mencapai CO **22,5%**. Selain itu emisi yang tidak dilakukan uji laboratorium seperti SO_2 mengalami penurunan hingga **87,5%**, NO_2 sebesar **87,2%**, dan sedangkan CO_2 sebesar **94,7%**. Penurunan emisi gas mesin genset di pengaruhi oleh beberapa faktor yaitu daya hisap asap dari motor van, proses filter terpusat pada wadah silica gel, dan kondisi angin di lingkungan tempat uji emisi berlangsung. Dari hasil pengujian alat silica gel filter parameter polutan pada emisi gas genset dapat tereduksi dengan baik dan memenuhi standar baku mutu menurut Permen LHK No.11 tahun 2021 tentang emisi gas mesin genset kapasitas 101-500 KW.

SARAN

Adapun hasil penelitian ini dapat mengajukan saran-saran yang di per oleh sebagai berikut:

- Dalam mewujudkan keberlanjutan lingkungan dan peningkatan energi hijau penelitian selanjutnya dapat di fokuskan pada persentase penyerapan pada silica gel dengan melakukan uji laboratorium lanjutan.
- Memodifikasi alat dengan memperhatikan unsur K3 lingkungan dan K3 kelistrikan dalam melakukan perancangan dan pemasangan alat filter.
- Untuk penelitian selanjutnya berfokus pada desain dan bahan- bahan yang di gunakan dalam melakukan perancangan untuk meningkatkan efisiensi kerja suatu alat
- Menentukan konsentrasi emisi yang digunakan akan memudahkan dalam membandingkan hasil dengan standar emisi yang berlaku. Melakukan analisis statistik pada data untuk mengetahui apakah penurunan emisi yang terjadi signifikan secara statistik.
- Melakukan pengujian kinerja filter dalam jangka waktu yang lebih lama untuk menilai durabilitas dan efisiensi jangka panjang. Menganalisis pengaruh berbagai kondisi operasi

- (misalnya, suhu, kelembaban, kecepatan aliran gas) terhadap kinerja filter.
- f) Mengganti komponen dengan yang lebih berkualitas seperti *power* meter, dan motor penggerak dengan daya hisap yang lebih kuat.
 - g) Untuk penelitian selanjutnya di sarankan untuk berkolaborasi dengan jurusan atau prodi lain untuk menekan biaya dan mempersingkat waktu penelitian.
 - h) Dalam melakukan perancangan dan pengembangan selanjutnya pada alat silica gel filter di harapkan memilih industri dan perusahaan yang bertanggung jawab atas kerja sama yang di sepakati dalam melakukan pengembangan inovasi.
 - i) Untuk penelitian selanjutnya di sarankan untuk tidak menggunakan karbon aktif untuk menghindari dari kecelakaan kerja alat seperti terbakar.
 - j) Penelitian selanjutnya dapat memodifikasi di bagian *cooling system* dan sensor panas agar alat tidak terjadi over hit.
 - k) Penelitian selanjutnya harus memperhatikan *outlet* atau lubang pembuangan pada filter silica gel untuk mengurangi proses filter terpusat agar tidak terjadi *overhit* pada alat dan motor van.
 - l) Penelitian selanjutnya dapat berfokus terhadap mekanisme pemasangan alat silica gel filter pada cerobong asap mesin diesel maupun industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Dr. Baiq Liana Widiyanti M.Si dan Bapak Muhammad Iman Darmawan, M.Si, M.Pd yang telah membimbing saya dalam proses pembuatan artikel ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2022). *Buletin Gas Rumah Kaca Volume 2 Nomor 2 Agustus 2022*.
- Fabiani, V. A. (2018). SINTESIS DAN KARAKTERISASI SILIKA GEL DARI LIMBAH KACA SERTA APLIKASINYA PADA KROMATOGRAFI KOLOM. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v1i1.26038>
- Kusuma Wardhani, N., & Ihwan, A. (2015). *Studi Tingkat Keasaman Air Hujan Berdasarkan Kandungan Gas CO₂, SO₂ Dan NO₂ Di Udara (Studi Kasus Balai Pengamatan Dirgantara Pontianak)*. III(01), 9–14.
- Madania, P. (2023). Original Article Modifikasi Silika dari Abu Sekam Padi pada Variasi pH Menggunakan Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB) untuk Adsorpsi-Desorpsi Urea. Dalam *Greensphere: J. Environ. Chem* (Vol. 3, Nomor 1).
- Pérez-Rial, L., Alfonsín, V., Maceiras, R., Feijoo, J., & P. Vallejo, J. (2024). CO₂ Capture via Adsorption Using Silica Gel. *European Journal of Sustainable Development*, 13(3), 240. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2024.v13n3p240>
- Royhan, M. (2021). PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL 2 MW. *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.32493/epic.v4i1.10485>



- Sasmita, A., Yohanes, Y., & Yolanda, K. (2022). Analisis Emisi Gas Buang dari Mesin Diesel Modifikasi Dipengaruhi Daya Mesin dan Bahan Bakar Campuran Oli Bekas dan Dexlite. *Semesta Teknika*, 25(2), 170–178. <https://doi.org/10.18196/st.v25i2.13748>
- Susanto, I., Sunanda, W., Rudy Kurniawan, dan, Kampus Peradaban, J., Balun Ijuk, D., & Bangka Belitung, K. (t.t.). *ANALISIS PEMBANGKIT TENAGA DIESEL DI PULAU CELAGEN*.
- Tampang, B. L. (2018). Analisis Pencemaran Udara Dan Kebisingan Serta Persepsi Masyarakat Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Kota Bitung. *efrontiers Jurnal Frontiers*, 1(1), 119. <http://ejournal.unima.ac.id/index.php/>