

**PERBANDINGAN METODE SAMPLING AKTIF DAN PASIF
DALAM PENENTUAN KADAR NITROGEN DIOKSIDA (NO₂)
DAN SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI SEKITAR KAWASAN
INDUSTRI**

SKRIPSI

Program Studi TEKNIK LINGKUNGAN



OLEH:

Nama : Agus Setiawan Jodi

NIM : 011602573125006

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SATYA NEGARA
JAKARTA**

2020

**PERBANDINGAN METODE SAMPLING AKTIF DAN PASIF
DALAM PENENTUAN KADAR NITROGEN DIOKSIDA (NO₂)
DAN SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI SEKITAR KAWASAN
INDUSTRI**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA TEKNIK**

Program Studi TEKNIK LINGKUNGAN



OLEH:

Nama : Agus Setiawan Jodi

NIM : 011602573125006

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SATYA NEGARA
JAKARTA**

2020

SURAT PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agus Setiawan Jodi

NIM : 011602573125006

Program Studi : Teknik Lingkungan

Menyatakan bahwa Skripsi ini adalah murni hasil karya sendiri dan seluruh isi Skripsi menjadi tanggung jawab saya sendiri. Apabila saya mengutip dari karya orang lain maka saya mencantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Saya bersedia dikenai sanksi pembatalan Skripsi ini apabila terbukti melakukan tindakan plagiat (penjiplakan).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Februari 2020



(Agus Setiawan Jodi)

011602573125006

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

NAMA : AGUS SETIAWAN JODI
NIM : 0116025733125006
JURUSAN : TEKNIK
KONSENTRASI : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL SKRIPSI : PERBANDINGAN METODE SAMPLING
AKTIF DAN PASIF DALAM PENENTUAN
KADAR NITROGEN DIOKSIDA (NO₂) DAN
SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI SEKITAR
KAWASAN INDUSTRI

TANGGAL UJIAN : FEBRUARI 2020

JAKARTA, 20 FEBRUARI 2020

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II

(Ir. Nurhayati, M.Si)

(Dr. Rofiq Sunaryanto, M.Si)



Dekan

(Ir. Nurhayati, M.Si)

Ketua Program Studi

(Ir. Nurhayati, M.Si)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PERBANDINGAN METODE SAMPLING AKTIF DAN PASIF
DALAM PENENTUAN KADAR NITROGEN DIOKSIDA (NO₂)
DAN SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DI SEKITAR KAWASAN
INDUSTRI**

OLEH :

NAMA : AGUS SETIAWAN JODI

NIM : 011602573125006

Telah dipertahankan didepan Penguji pada tanggal 20 february 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua Penguji / Pembimbing I

Ketua Penguji / Pembimbing II

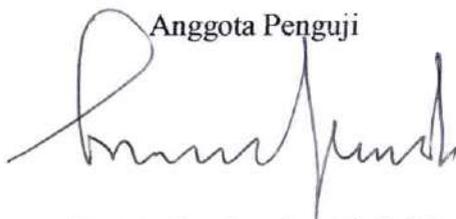


(Ir. Nurhayati, M.Si)



(Dr. Rofiq Sunaryanto, M.Si)

Anggota Penguji



(Dr. Hening Darpito, Dipl. SE)

Anggota Penguji



(Dr. Yusriani Sapta Dewi, M.Si)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rhamat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan segala kesederhanaanya.

Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti sidang komprehensif dan kelulusan program pendidikan strata satu di Universitas Satya Negara Indonesia.

Dengan selesainya laporan ini, perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Nurhayati, M.Si, selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan serta masukan dalam terselesainya pelaksanaan penelitian ini.
2. Bapak Rofiq Sunaryanto, M.Si selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Universitas Satya Negara Indonesia yang telah membekali ilmu, memberikan arahan dan bimbingan kepada saya hingga akhir penelitian.
4. Istri, anak dan keluarga tercinta yang selalu memberikan semangat terus menerus.
5. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan kerjasamanya selama penulis menyelesaikan laporan skripsi .

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERNYATAAN KARYA SENDIRI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	x
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Udara	5
1. Pengertian Udara	5
2. Pencemaran Udara	6
3. Kualitas Udara di Sekitar Kawasan Industri	6
4. Jenis Pencemar Udara	7
B. Nitrogen Dioksida (NO₂)	8
1. Sifat Fisika dan Kimia Nitrogen Dioksida (NO₂)	8
2. Sumber Gas Nitrogen Dioksida	8
3. Efek Gas Nitrogen Dioksida terhadap Kesehatan Manusia	9
4. Penentuan nitrogen dioksida di udara	10

a. Penentuan NO ₂ secara aktif.....	10
b. Penentuan NO ₂ secara pasif	11
C. Sulfur Dioksida (SO ₂)	12
1. Sifat Fisika dan Kimia Sulfur Dioksida (SO ₂).....	12
2. Sumber Gas Sulfur Dioksida	12
3. Efek Gas Sulfur Dioksida terhadap Kesehatan Manusia.....	13
4. Penentuan Sulfur Dioksida di Udara	15
c. Penentuan SO ₂ secara aktif	15
d. Penentuan SO ₂ secara pasif	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi penelitian	17
B. Tujuan Penelitian	17
C. Waktu Penelitian	17
D. Analisis Data	17
E. Alat Pengambil Sampel NO ₂ dan SO ₂ di udara ambien.....	18
1. Metoda Aktif.....	18
2. Metoda Pasif	18
F. Prinsip Penentuan Gas NO ₂	18
1. Metoda aktif.....	18
2. Metoda Pasif	19
G. Prinsip Penentuan Gas SO ₂	19
1. Metoda aktif	19
2. Metoda Pasif	20
H. Bahan dan Alat	20
1. Bahan untuk Gas NO ₂	20
2. Bahan untuk Gas SO ₂	21
I. Peralatan	22
1. Peralatan Gas NO ₂	22

2. Peralatan Gas SO ₂	22
J. Prosedur pengambilan contoh uji dan analisa.....	23
1. Prosedur pengambilan contoh uji dan analisa NO ₂ dan SO ₂ Metode Aktif	23
2. Prosedur pengambilan contoh uji dan analisa NO ₂ dan SO ₂ Metode Pasif.....	24
K. Metoda Pengolahan Data	24
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO ₂) di Sekitar Kawasan Industri.....	27
B. Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO ₂) di Sekitar Kawasan Industri.....	30
C. Perbandingan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO ₂) antara metode aktif dan pasif	33
D. Perbandingan Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO ₂) antara metode aktif dan pasif	34
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	36
B. Saran.....	37
 DAFTAR PUSTAKA	 38

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Tabel Anova	25
Tabel 2	Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO ₂) di PT Surya Toto	28
Tabel 3	Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO ₂) di Cilenggang	28
Tabel 4	Hasil analisis varian Nitrogen Dioksida (NO ₂) antara metode pasif dan metode aktif di PT Surya Toto	29
Tabel 5	Hasil analisis varian Nitrogen Dioksida (NO ₂) antara metode pasif dan metode aktif di Cilenggang	29
Tabel 6	Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO ₂) metode aktif di PT Surya Toto	30
Tabel 7	Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO ₂) metode aktif di Cilenggang	31
Tabel 8	Hasil analisis varian Sulfur Dioksida (SO ₂) antara metode pasif dan metode aktif di PT Surya Toto	32
Tabel 9	Hasil analisis varian Sulfur Dioksida (SO ₂) antara metode pasif dan metode aktif di Cilenggang	32
Tabel 10	Rerata konsentrasi NO ₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di PT Surya Toto	33
Tabel 11	Rerata konsentrasi NO ₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di Cilenggang	34
Tabel 12	Rerata konsentrasi SO ₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di PT Surya Toto	35
Tabel 13	Rerata konsentrasi SO ₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di Cilenggang	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Pengambilan Sampel dengan Metode Aktif	40
Lampiran 2. Contoh Pengambilan Sampel dengan Metode Pasif.....	41
Lampiran 3. Kurva Kalibrasi Sulfur Dioksida Metode Aktif	42
Lampiran 4. Kurva Kalibrasi Nitrogen Dioksida Metode Aktif	43
Lampiran 5. Kurva Kalibrasi Sulfur Dioksida Metode Pasif.....	44
Lampiran 6. Kurva Kalibrasi Nitrogen Dioksida Metode Pasif.....	45
Lampiran 6. Tabel Baku Mutu udara Ambien	46



ABSTRAK

Selain pengukuran sampel menggunakan metode aktif, bisa juga dilakukan pengukuran sampel dengan metode pasif di udara ambien untuk parameter nitrogen dioksida (NO_2) dan sulfur dioksida (SO_2). Pada prinsipnya pengukuran sampel dengan metode pasif di udara ambien menggunakan sistem penyerapan gas secara difusi melalui suatu media yang dipaparkan dalam waktu tertentu tanpa menggunakan pompa penghisap. Periode pemaparan dapat divariasikan antara satu hari sampai dengan dua minggu atau lebih. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah metode pasif dapat menjadi alternatif pengganti metode aktif di daerah kawasan industri dengan menggunakan konsentrasi NO_2 dan SO_2 dalam suatu pemantauan lingkungan.

Hasilnya diperoleh Konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2) dengan menggunakan metode aktif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang masing-masing $26,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $15,4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sedangkan dengan menggunakan metode pasif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang Konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2) masing-masing $26,2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $15,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Untuk parameter sulfur dioksida (SO_2) diperoleh Konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) dengan menggunakan metode aktif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang masing-masing $28,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $6,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan dengan menggunakan metode pasif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang Konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) masing-masing $28,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $6,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Kata kunci : SO_2 , NO_2 , metode sampling pasif

ABSTRACT

In addition to measuring samples using the active sampler, it can also be measured samples by the passive sampler in ambient air for the parameters of nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂). In principle the measurement of samples by the passive sampler in ambient air uses a diffusion gas absorption system through a medium which is exposed in a certain time without the use of a suction pump. The period of exposure can variations from one day to two weeks or more. The purpose of this study was to determine whether the passive sampler could be an alternative to the active sampler in the industrial area by using NO₂ and SO₂ concentrations in an environmental monitoring.

The results obtained by the concentration of nitrogen dioxide (NO₂) using the active sampler in PT Surya Toto and in the village of Cilenggang, respectively 26.5 µg / Nm³ and 15.4 µg / Nm³. Whereas by using the passive sampler at PT Surya Toto and in the cilenggang village, the concentration of nitrogen dioxide (NO₂) were 26.2 µg / Nm³ and 15.3 µg / Nm³, respectively. For the parameters of sulfur dioxide (SO₂) obtained the concentration of sulfur dioxide (SO₂) using the active sampler in PT Surya Toto and in the village of Cilenggang, respectively 28.5 µg / Nm³ and 6.5 µg / Nm³ and by using the passive sampler in PT Surya Toto and in the kelurahan cilenggang The concentration of sulfur dioxide (SO₂) was 28.3 µg / Nm³ and 6.3 µg / Nm³, respectively.

Keywords : SO₂, NO₂, passive sampler method

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Melihat semakin banyaknya industri di Indonesia menyebabkan banyaknya pencemaran terhadap lingkungan terutama pada pencemaran udara. Adanya pencemaran udara yang disebabkan oleh pabrik – pabrik menyebabkan dampak buruk pada lingkungan sekitar kawasan industri.

Udara Ambien merupakan salah satu kebutuhan utama bagi kehidupan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) No. 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada di wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan lainnya. Dalam keadaan normal, unsur-unsur yang terdapat di udara ambien tidak menimbulkan gangguan pada makhluk hidup atau benda lainnya, tetapi bila salah satu unsur yang terkandung di dalamnya mengalami kenaikan konsentrasi maka dapat menimbulkan gangguan pada makhluk hidup. Hal ini berarti telah terjadi pencemaran.

Pencemaran udara merupakan salah satu bagian dari pencemaran lingkungan fisik yang timbul akibat adanya kegiatan manusia dan proses alam. Pencemaran udara adalah terdapatnya satu atau lebih bahan pencemar di udara dalam jumlah yang

dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia, binatang, dan tumbuhan dan mengganggu kesenangan hidup serta harta benda (Wardhana, 1995).

Bahan pencemar udara secara umum dapat digolongkan menjadi dua bagian, yaitu gas dan partikel padat (Wardhana, 1995). Gas-gas pencemar tersebut sendiri terdiri dari Karbon dioksida (CO_2), Nitrogen dioksida (NO_2), Sulfur dioksida (SO_2), Ammonia (NH_3), Hidrogen Sulfida (H_2S), dan Metana (CH_4). Sedangkan partikel padat terdiri dari abu, partikel bahan bakar yang tidak terbakar, serta jelaga dari bahan bakar yang terbakar sebagian (*partial combustion*). Sumber pencemar udara tersebut berasal dari sumber bergerak seperti kendaraan bermotor dan sumber tidak bergerak yaitu pembakaran sampah dan kegiatan industri.

NO_2 dan SO_2 merupakan gas pencemar udara ambien yang dapat berasal dari kegiatan transportasi dan pembakaran stasioner. Untuk mengetahui tingkat pencemaran NO_2 dan SO_2 akibat berbagai aktivitas adalah dengan menganalisa parameter NO_2 dan SO_2 di udara ambien. Analisa kedua gas tersebut dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode aktif dan metode pasif. Baik dalam metode aktif maupun metode pasif, contoh berupa gas diubah fasenya menjadi cairan. Pada metode aktif dilakukan suatu proses pengumpulan contoh dengan menggunakan bantuan pompa penghisap agar dapat bereaksi dengan larutan penyerap, sedangkan untuk metode pasif tidak menggunakan pompa penghisap. Metode sampling konvensional (aktif) yang beroperasi menggunakan listrik seperti metode saltzman dan metode pararosanilin, menghasilkan data sesaat sekalipun dilakukan secara regular (misalkan dalam jangka waktu 2 minggu), dimana hal tersebut dicakup oleh metode pasif dalam waktu lebih lama bahkan satu tahun sekalipun tanpa harus

mengerahkan seluruh tenaga dan waktu. Pemantauan pencemaran udara ambien sebaiknya dilaksanakan dengan metode-metode adopsi (pasif) yang sederhana dibandingkan dengan menggunakan metode sampling aktif yang konvensional, apabila alat-alat analisa otomatis belum dikembangkan sebagai alternatif alat ukur yang memberikan data yang handal dengan biaya yang murah (Aprishanty, 2000).

B. Rumusan Masalah

Perumusan masalah penelitian ini adalah membandingkan sampling aktif dan pasif di daerah kawasan industri. Selain itu ingin membuktikan apakah metode pasif dapat digunakan sebagai alternatif pengukuran udara selain menggunakan metode aktif.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah tersebut adalah :

1. Penelitian ini difokuskan pada perbandingan data hasil sampling parameter NO_2 dan SO_2 dengan menggunakan metode aktif dan metode pasif.
2. Wilayah studi adalah kawasan industri dan pemukiman sekitar.
3. Penelitian dibatasi dengan variabel konsentrasi NO_2 dan SO_2 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) di wilayah studi menggunakan metode aktif dan metode pasif.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui apakah metode pasif dapat menjadi alternatif pengganti metode aktif di daerah kawasan industri dengan menggunakan konsentrasi NO_2 dan SO_2 dalam suatu pemantauan lingkungan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif metode sampling pasif sebagai pengganti metode aktif dalam pengukuran udara pada parameter NO_2 dan SO_2 di udara ambien.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Udara

1. Pengertian Udara

Udara merupakan campuran beberapa komponen yang perbandingan konsentrasinya tidak sama tergantung pada keadaan, suhu, tekanan udara, dan lingkungan sekitarnya. Udara bersih amat diperlukan oleh makhluk hidup untuk respirasi.

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H_2O dan Karbon dioksida (CO_2). Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung cuaca dan suhu (Fardiaz, 1992).

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2002), udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer yang berada dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

2. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah suatu kondisi di mana kehadiran satu atau lebih substansi kimia, fisik atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang membahayakan. Berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti. Polusi udara merupakan salah satu jenis dari pencemaran lingkungan hidup selain pencemaran tanah, pencemaran air, dan pencemaran suara. (Wikipedia)

Pencemaran udara dapat diartikan sebagai adanya bahan-bahan pencemar yang masuk ke dalam udara atmosfer oleh suatu sumber, baik melalui aktifitas manusia maupun alamiah yang dapat menimbulkan ketimpangan susunan udara atmosfer secara ekologis. Bahan pencemar ini dapat menimbulkan gangguan-gangguan pada kesehatan manusia, tanaman, dan binatang atau pada benda-benda, dapat pula mengganggu pandangan mata, kenyamanan hidup dari manusia dan penggunaan benda-benda. Bahan-bahan pencemar udara tersebut dapat berupa debu, asap, uap, gas, kabut, atau bau. Sumber pencemar adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (Radojevic *et al*, 2006).

3. Kualitas Udara di Sekitar Kawasan Industri

Dampak dari adanya proses industri menyebabkan adanya penurunan kualitas udara didaerah sekitar kawasan industri. Akibatnya di daerah sekitar kawasan industri banyak debu yang beterbangan akibat proses distribusi barang atau

transportasi pabrik-pabrik di kawasan tersebut. Selain itu juga kualitas udara disekitar kawasan industri diperparah oleh aktivitas pabrik yang mengeluarkan emisi gas berbahaya ke udara di mana terkadang gas-gas yang dibuang melewati Nilai Ambang Batas.

Pencemaran udara mengakibatkan terjadinya perubahan iklim, selain itu juga berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungannya. Sumber pencemaran udara di sektor industri sebagian besar berasal dari jenis – jenis industri seperti industri logam, industri ban, dan industri yang berasal dari proses pengrajin kayu.

4. Jenis Pencemar Udara

Ada dua macam jenis pencemar, yaitu pencemar indikatif dan pencemar spesifik. Pencemar indikatif meliputi unsur-unsur pencemar yang telah dijadikan indikasi pencemar udara secara umum yang tercantum dalam baku mutu udara (KEP-02/MENKLH/1998 tentang kualitas udara yang berlaku). Salah satu kelompok pencemar indikatif didaerah perkotaan dan pemukiman umumnya adalah total partikel tersuspensi (*Total Suspended Solid*), Karbon monoksida, Nitrogen dioksida, dan Sulfur dioksida, serta oksidan fotokimia (ozon).

Kelompok pencemar spesifik merupakan pencemar udara yang bersifat spesifik disuatu daerah tertentu, misalnya daerah industri yang ditandai dengan emisi zat-zat pencemar khusus seperti H₂S, Amonnia, Senyawa aromatik dan lain lain.

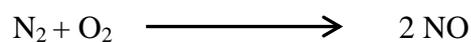
B. Nitrogen Dioksida (NO₂)

1. Sifat Fisika dan Kimia Nitrogen Dioksida (NO₂)

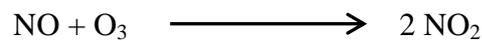
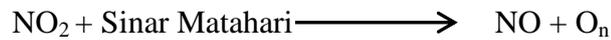
Peran unsur nitrogen dalam keseimbangan alam sangat besar karena 78% volume udara terdiri dari nitrogen dan 20% oksigen. Ada berbagai kemungkinan hasil reaksi bila nitrogen dengan oksigen, tetapi komposisi yang cukup banyak terdiri dari NO, NO₂, dan N₂O, Oksida Nitrogen yang memberikan kontribusi terbesar dalam pencemaran udara adalah NO dan NO₂ yang sering disebut NO_x. Gas NO₂ merupakan gas yang beracun, berwarna merah coklat, dan berbau seperti asam nitrat yang sangat menyengat dan merangsang. Keeradaan gas NO₂ lebih dari 1 ppm dapat menyebabkan terbentuknya zat yang bersifat karsinogen atau penyebab terjadinya kanker. Jika menghirp gas NO₂ dalam kadar 20 ppm akan dapat menyebabkan kematian. Sebagai pencegahan maka dipabrik atau dimotor, bagian pembuangan asap ditambahkan katalis logam nikel yang berfungsi sebagai konverter. Prinsip kerjanya adalah mengubah gas buang yang mencemari menjadi gas yang tidak berbahaya bagi lingkungan maupun kesehatan.

2. Sumber Gas Nitrogen Dioksida

Senyawa NO₂ yang dihasilkan melalui proses oksida fotokimia di atmosfer sebagai berikut :



Selain itu keberadaan keberadaan NO_x di udara dapat dipengaruhi oleh sinar matahari yang mengikuti daur reaksi fotolitik NO_2 sebagai berikut:



Sumber gas NO_2 dapat pula berasal dari kegiatan pembakaran pada temperatur tinggi misalnya pada kendaraan bermotor, insenerator, pembangkit tenaga listrik, mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar gas, proses-proses industri seperti pembuatan asam nitrat, industri pupuk, industri bahan peledak, dan lain-lain. Sumber gas NO_2 di alam adalah letusan gunung berapi dan kegiatan denitrifikasi mikroorganisme. Kadar NO_x di udara daerah perkotaan yang berpenduduk padat penduduk akan lebih tinggi dibanding daerah pedesaan akibat berbagai macam kegiatan yang menunjang kehidupan manusia.

3. Efek gas Nitrogen Dioksida terhadap Kesehatan Manusia

Nitrogen Dioksida merupakan gas beracun, dapat menimbulkan iritasi pada kulit dan bersifat korosif. Manusia dapat terkontaminasi gas NO_2 dari lingkungan *outdoor* dan *indoor* melalui pernafasan. Absorpsi gas NO_2 oleh mukosa dapat menyebabkan peradangan pada pernafasan bagian atas dan iritasi pada mukosa mata (mukono,1997).

Dampak terhadap kesehatan adalah mengakibatkan iritasi pada saluran pernafasan, luka pada sel-sel epitel paru-paru dan edema paru-paru, hal ini akibat sifat gas NO_2 yang tidak mudah larut sehingga dapat langsung masuk ke saluran pernafasan bagian bawah. Gas NO_2 termasuk salah satu dari oksidan *inhalan* (oksidan yang masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan), selain asap rokok dan ozon yang dapat mempengaruhi fungsi mukosa saluran pernafasan. Paparan terbesar 1.5 ppm selama 2 jam pada keadaan orang sehat tidak menunjukkan perubahan berarti pada paru-paru.

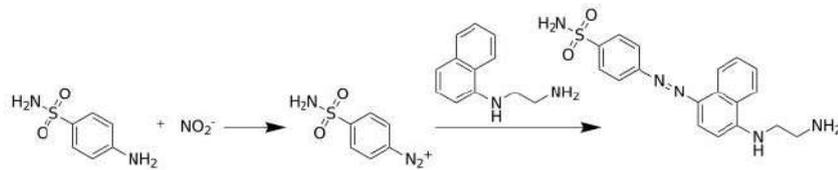
4. Penentuan Nitrogen Dioksida di Udara

Parameter NO_2 di udara ambien ditentukan melalui prose pengambilan contoh di lokasi dan analisis di laboratorium. Konsentrasi NO_2 di udara atmosfer diketahui menggunakan metode pengambilan metode aktif maupun pasif.

a. Penentuan Sampling NO_2 secara aktif

Metode aktif diterapkan menggunakan larutan penyerapan *Saltzman* dan pompa penghisap pada laju alir tertentu. Alat ini digunakan sebagai media pemantau bagi kualitas udara ambien yang dapat memberikan data berupa konsentrasi NO_2 yang dibandingkan dengan kurva kalibrasi parameter NO_2 . Gas NO_2 diudara dengan bantuan pompa penghisap agar masuk kedalam larutan penyerap. Metode Analisis Nitrogen dioksida di atmosfer (reaksi Griess-Saltzman) berdasarkan SNI. Metode ini didasarkan atas reaksi campuran N,N Naftil etilendiamidihidroklorida (NEDA)

dengan asam sulfanilat terhadap ion nitrit membentuk senyawa kompleks azo dye yang berwarna merah muda (pink).



b. Penentuan Sampling NO₂ secara pasif

Metode pasif menggunakan sistem penyerapan gas secara difusi melalui suatu media yang dipaparkan dalam waktu tertentu tanpa menggunakan pompa penghisap. Periode pemaparan dapat divariasikan antara satu hari sampai dengan dua minggu atau lebih. Lokasi pengambilan contoh harus memperhatikan ketinggian tanpa ada penghalang berarti. Pengambilan contoh pasif ini tidak memerlukan energi listrik serta dapat dipasang dimana saja karena bentuknya sederhana, praktis dan tidak mahal karena tidak membutuhkan banyak bahan kimia untuk analisa di laboratorium.

Prinsip Metode ini adalah penyerapan gas diudara ambien dengan menggunakan larutan campuran NaOH + NaI dalam methanol. *Difussion sampler* ini dikembangkan di Australia berdasarkan penelitian Martin Ferm tahun 1991. Prinsip Metode ini adalah cuplikan gas yang akan diukur ditangkap pada suatu filter yang telah diberi larutan penyerap campuran larutan NaOH + NaI dalam methanol. Pada prinsipnya larutan penyerap pada saat alat pencuplik pasif ini dapat diganti sesuai dengan reaksi spesifik terhadap gas yang akan dianalisis. Filter ditempatkan pada tabung kecil dan lebar tempat gas akan masuk secara difusi molekuler. Kasa stainless ditempatkan pada sisi atas tabung untuk menyaring kotoran yang terbawa angin atau

serangga. Filter teflon ditempatkan dibawah stainless steelk untuk menghindari reaksi larutan penyerap dengan aerosol. Sebelum digunakan, filter dicuci dengan air deionisasi selama satu jam dan dikeringkan di desikator selama 24 jam (Ayers *et al*,1996)

C. Sulfur Dioksida (SO₂)

1. Sifat Fisika dan Kimia SO₂

Sulfur dioksida merupakan gas tidak berwarna, memiliki abu yang tajam, dan tidak mudah terbakar di udara. SO₂ merupakan pencemar primer di udara, sebagai hasil pembakaran dari senyawa-senyawa yang mengandung belerang, atau dilain pihak pencemar primer itu adalah produk hasil pembakaran unsur-unsur sulfur dalam industri-industri asam sulfat.

2. Sumber Gas SO₂ di udara

Sepertiga dari jumlah sulfur yang terdapat di atmosfer merupakan hasil kegiatan manusia dan kebanyakan dalam bentuk SO₂, dan sumber-sumber alam seperti vulkano dan terdapat bentuk H₂S dan oksida. Masalah yang ditimbulkan oleh bahan pencemar yang berasal dari kegiatan manusia dalam hal distribusinya tidak merata sehingga cenderung terkonsentrasi pada daerah tertentu. Sedangkan sumber SO₂ yang berasal dari alam biasanya lebih tersebar merata. Pembakaran bahan bakar pada sumbernya merupakan sumber pencemaran SO₂, misal pembakaran arang,

minyak bakar gas, kayu dan sebagainya. Pabrik peleburan baja merupakan industri terbesar yang menghasilkan SO_2 . Hal ini disebabkan adanya elemen penting alami dalam bentuk garam sulfide misalnya tembaga (CuFeS_2 dan Cu_2S), Zink (ZnS), Merkuri (HgS), dan Timbal (PbS). Kebanyakan senyawa logam sulfide dipekatkan dan dipanggang di udara untuk mengubah sulfide menjadi oksida yang mudah tereduksi.

3. Efek Gas SO_2 Terhadap Kesehatan Manusia

Gas SO_2 tidak berwarna, berbau pada ambang batas 0,5 ppm, serta dapat dirasakan pada ambang 0,3 ppm. Pada kadar 0,25 ppm yang tercampur dalam 750 mg/m^3 smoke selama 24 jam dapat meningkatkan kematian.

Peningkatan kematian sudah dimungkinkan pada kadar 0,19 ppm dalam waktu 24 jam untuk berturut-turut beberapa hari dalam suasana udara yang juga mengandung kadar partikel rendah. Bagi anak-anak dapat menimbulkan gangguan berupa penyakit pernafasan pada kadar 0,046 ppm dalam suasana smoke dengan konsentrasi 100 mikrogram untuk exposure jangka lama. Untuk lingkungan industri oleh WHO ditetapkan $10\text{-}13 \text{ mg/m}^3$ yang seharusnya 8 jam. Lebih dari itu tidak dibenarkan.

Udara yang tercemar Sulfur Oksida (SO_x) menyebabkan manusia akan mengalami gangguan pernafasannya. Hal ini karena gas SO_x yang mudah menjadi asam tersebut menyerang selaput lendir pada hidung, tenggorokan, dan saluran nafas

yang lain sampai paru-paru. Serangan gas SO_x tersebut menyebabkan iritasi pada bagian yang terkena.

Pengaruh utama polutan SO_x terhadap manusia adalah iritasi sistem pernafasan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO_2 sebesar 5 ppm atau lebih, bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada konsentrasi 1-2 ppm. SO_2 dianggap polutan yang berbahaya bagi kesehatan terutama terhadap orang tua dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernafasan dan kardiovaskular.

Sulfur dioksida (SO_2) bersifat iritan kuat pada kulit dan lendir, pada konsentrasi 6-12 ppm mudah diserap oleh selaput lendir saluran pernafasan bagian atas, dan pada kadar rendah dapat menimbulkan spasme tergores otot-otot polos pada bronchioli, spasme ini dapat menjadi hebat pada keadaan dingin dan pada konsentrasi yang lebih besar terjadi produksi lendir di saluran pernafasan bagian atas, dan apabila kadarnya bertambah besar maka akan terjadi reaksi peradangan yang hebat pada selaput lendir disertai dengan paralytic cilia, dan apabila pemaparan ini terjadi berulang kali, maka iritasi yang berulang-ulang dapat menyebabkan terjadi hyperplasia dan metaplasia sel-sel epitel dan dicurigai dapat menjadi kanker. (Fardiaz,1992).

4. Penentuan Kadar SO₂ di udara

a. Penentuan Sampling SO₂ secara aktif

Pada prinsip penentuan SO₂ secara aktif adalah dengan penyerapan udara menggunakan larutan penyerap tetraklomercurat membentuk senyawa kompleks diklorosulfonatomercurat. Dengan menambahkan larutan pararosanilin dan formaldehida, kedalam senyawa diklorosulfonatomercurat maka terbentuk senyawa pararosanilin metil sulfonat yang berwarna ungu. Konsentrasi larutan diukur menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.



Pengambilan contoh sulfur dioksida di udara menggunakan serangkaian alat impinger pada flow tertentu, sehingga dapat diserap dengan baik dalam larutan penyerap sehingga dapat dianalisa menggunakan spektrofotometer.

b. Penentuan Sampling SO₂ secara pasif

Metode pasif menggunakan sistem penyerapan gas secara difusi melalui suatu media yang dipaparkan dalam waktu tertentu tanpa menggunakan pompa penghisap. Periode pemaparan dapat divariasikan antara satu hari sampai dengan dua minggu atau lebih. Lokasi pengambilan contoh harus memperhatikan ketinggian tanpa ada penghalang berarti. Pengambilan contoh pasif ini tidak memerlukan energi listrik

serta dapat dipasang dimana saja karena bentuknya sederhana, praktis dan tidak mahal karena tidak perlu banyak menggunakan bahan kimia untuk analisa di laboratorium.

Prinsip Metode ini adalah penyerapan gas diudara ambien dengan menggunakan larutan campuran NaOH dalam methanol. *Difussion sampler* ini dikembangkan di Australia berdasarkan penelitian Martin Ferm tahun 1991. Prinsip Metode ini adalah cuplikan gas yang akan diukur ditangkap pada suatu filter yang telah diberi larutan penyerap campuran larutan NaOH dalam methanol. Pada prinsipnya larutan penyerap pada saat alat pencuplik pasif ini dapat diganti sesuai dengan reaksi spesifik terhadap gas yang akan dianalisis. Filter ditempatkan pada tabung kecil dan lebar tempat gas akan masuk secara difusi molekuler. Kasa stainless ditempatkan pada sisi atas tabung untuk menyaring kotoran yang terbawa angin atau serangga. Filter teflon ditempatkan dibawah stainless steel untuk menghindari reaksi larutan penyerap dengan aerosol. Sebelum digunakan, filter dicuci dengan air deionisasi selama satu jam dan dikeringkan di desikator selama 24 jam (Ayers *et al*,1996)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Industri daerah serpong tepatnya di PT Surya Toto dan pemukimanya di kelurahan cilenggang. Alasan pemilihan lokasi tersebut karena lokasi tersebut mewakili untuk pemantauan udara di kawasan industri dan juga terdapat pemukiman disekitar kawasan industri tersebut.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah menentukan perbandingan efektifitas metode aktif dan metode pasif di Sekitar wilayah kawasan industri untuk menentukan kadar SO₂ dan NO₂ di Kawasan Industri dan di pemukiman sekitar.

C. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan september 2019 sampai dengan bulan januari 2020.

D. Analisis Data

Pengambilan sampel dengan dua metode sampling (aktif dan pasif) untuk masing-masing parameter (SO₂ dan NO₂) dan dua lokasi (PT Surya Toto dan Kel. Cilenggang). Dari pengambilan sampel tersebut didapatkan konsentrasi SO₂ dan NO₂ dengan metode aktif masing-masing sebanyak 5 data.

Data tersebut diolah secara statistik sehingga diketahui apakah kedua metoda tersebut berbeda nyata atau tidak berbeda nyata.

E. Alat Pengambil Sampel NO₂ dan SO₂ di udara ambien

1. Metoda Aktif

Alat yang digunakan untuk mengambil sampel NO₂ dan SO₂ di udara ambien menggunakan seperangkat alat impinger dan vacuum udara. Dengan alat sampling aktif ini udara akan dihisap secara paksa dalam periode tertentu kedalam penyerap secara kontinu hingga didapatkan hasil konsentrasi kadar NO₂ dan SO₂.

2. Metoda Pasif

Alat yang digunakan untuk mengambil sampel NO₂ dan SO₂ di udara ambien menggunakan seperangkat alat pengambil sampel pasif CSIRO. Dengan alat ini udara yang terpapar pada filter yang telah dipregnasi dengan larutan spesifik dan dalam waktu dua minggu lalu dianalisis sehingga didapatkan hasil konsentrasi NO₂ dan SO₂

F. Prinsip Penentuan Gas NO₂.

1. Metoda Aktif

Metode penentuan konsentrasi NO₂ mengacu pada ASTM D 1607-91 (2011) (*Griess-Saltzman Reaction*). Gas NO₂ diserap dalam larutan Griess Saltzman sehingga membentuk senyawa azo dye berwarna merah muda yang stabil 15 menit.

Konsentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm.

2. Metoda Pasif

Metode yang digunakan sebagai acuan yaitu menggunakan CSIRO – *passive sampler*. Prinsip Metode ini adalah penyerapan gas di udara ambien dengan menggunakan campuran larutan NaOH + NaI dalam Methanol secara difusi dalam jangka waktu 2 minggu.

G. Prinsip Penentuan Gas SO₂

1. Metoda Aktif

Metode penentuan konsentrasi SO₂ mengacu pada ASTM D 2914-15 (*West-Gaeke Method*). Pada prinsipnya penentuan SO₂ secara aktif adalah dengan penyerapan udara menggunakan larutan penyerap tetrakloromercurat membentuk senyawa kompleks diklorosulfonatomercurat. Dengan menambahkan larutan pararosanilin dan formaldehida, kedalam senyawa diklorosulfonatomercurat maka terbentuk senyawa pararosanilin metil sulfonat yang berwarna ungu. Konsentrasi larutan diukur menggunakan alat spektrofotometer pada panjang 550 nm.

Pengambilan contoh sulfur dioksida di udara menggunakan serangkaian alat impinger pada flow tertentu, sehingga dapat diserap dengan baik dalam larutan penyerap sehingga dapat dianalisa menggunakan spektrofotometer

2. Metoda Pasif

Metode yang digunakan sebagai acuan yaitu menggunakan CSIRO – *passive sampler*. Prinsip Metode ini adalah penyerapan gas di udara ambien dengan menggunakan campuran larutan NaOH dalam Methanol secara difusi dalam jangka waktu dua minggu.

H. Bahan dan Alat

1. Bahan untuk Gas NO₂

- Metoda Aktif :

- a) Asam Sulfanulat

- b) Asam Asetat

- c) Aseton

- d) Larutan Penyerap Griess Saltzman

- e) Larutan standar Nitrit

- Metoda Pasif :

- a) Natrium Iodida

- b) Natrium Hidroksida

- c) Metanol

- d) Aquadest



e) Filter Whatman

2. Bahan untuk Gas SO₂

- Metoda Aktif :

a) Larutan penyerap tetrakloromerkurat (TCM) 0.04 M

b) Larutan standar dibuat dari Natrium Metabisulfit (Na₂S₂O₅)

c) Larutan iod 0.01 N

d) Indikator Kanji

e) Larutan HCl

f) Larutan asam Sulfamat 0.6 % b/v

g) larutan Asam Fosfat

h) Larutan Pararosanilin

i) Larutan Formaldehida

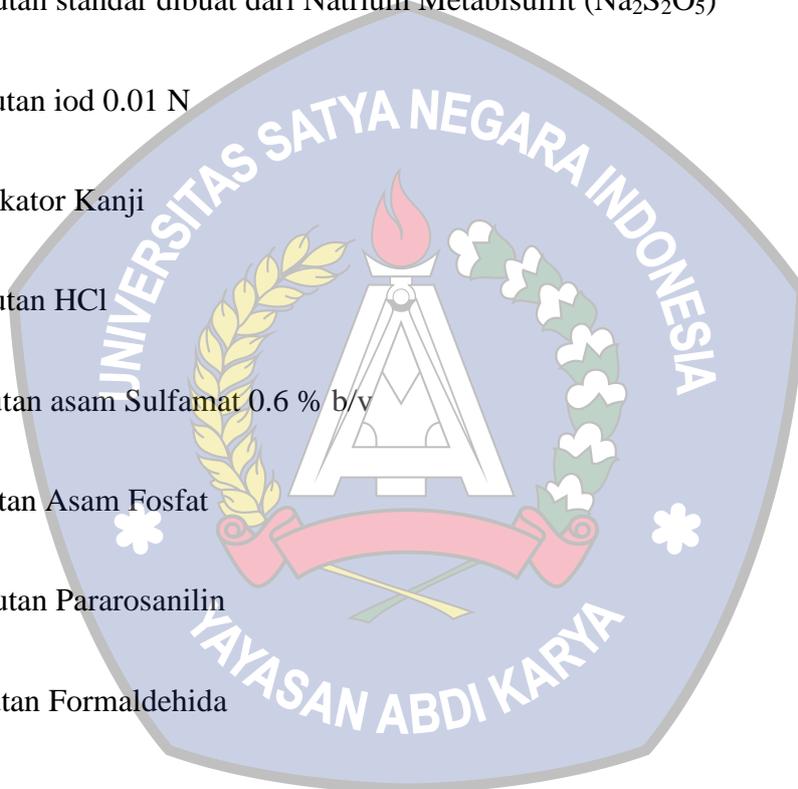
j) Larutan penyangga Asam Asetat 1 M

- Metoda Pasif :

a) Aquadest

b) Natrium Hidroksida

c) Metanol



d) Filter Whatman

I. Peralatan

1. Peralatan untuk Pengukuran Gas NO₂

- Metoda Aktif
 - a) Seperangkat impinger
 - b) Gelas ukur
 - c) Gelas piala
 - d) Tabung uji 25 ml
 - e) Spektrofotometer
 - f) Neraca analitik
 - g) Oven
 - h) Desikator
- Metode Pasif
 - a) Seperangkat alat pengambil contoh pasif
 - b) Spektrofotometer
 - c) Tabung uji 25 ml

2. Peralatan untuk pengukuran Gas SO₂

- Metoda Aktif :
 - a) Seperangkat alat impinger
 - b) Labu ukur 50 ml

- c) Gelas ukur 100 ml
- d) Spektrofotometer
- e) Neraca Analitik
- f) Buret 50 ml
- g) Labu erlenmeyer
- Metode Pasif :
 - a) Seperangkat alat sampling pasif
 - b) Kromatografi Ion
 - c) Tabung uji 50 ml

J. Prosedur pengambilan contoh uji dan analisa

1. Prosedur pengambilan contoh uji dan analisa NO₂ dan SO₂ Metode Aktif

Siapkan peralatan pengambilan contoh uji NO₂ dan SO₂ seperti botol impinger, impinger dan tripod. Susun peralatan pengambilan contoh uji seperti pada lampiran 1. Masukkan larutan penjerap. Untuk nitrogen dioksida menggunakan larutan penjerap *Griess Saltzman* sebanyak 10 mL kedalam botol sedangkan untuk sulfur dioksida menggunakan larutan penjerap TCM sebanyak 50 mL kedalam botol. Atur botol penjerap agar tidak terkena hujan dan sinar matahari langsung. Hidupkan pompa penghisap kemudian atur kecepatan alirnya, untuk nitrogen dioksida sebesar 0.4 L/menit sedangkan untuk sulfur dioksida sebesar 0.2 L/menit. Setelah kecepatan alir sudah stabil catat sebagai laju alir awal (F1). Lakukan pengambilan contoh uji selama 1 jam untuk gas NO₂ dan 24 jam untuk gas SO₂. Setelah selesai catat laju alir akhir (F2). Kemudian di analisa dengan cara memasukan larutan penjerap ke dalam

kuvet lalu diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm.

2. Prosedur pengambilan contoh uji dan analisa NO₂ dan SO₂ metode pasif :

Siapkan peralatan pengambilan contoh uji NO₂ dan SO₂ dengan metode pasif. Rangkai peralatan pengambilan contoh uji seperti pada lampiran 2. Sebelum dipasangkan ke alat, impregnasi filter dahulu dengan aquadest dan metanol. Setelah itu untuk gas NO₂ filter diinjeksikan 50 µl larutan penyerap NO₂ sedangkan untuk gas SO₂ filter diinjeksikan 50 µl larutan penyerap SO₂. Pelaksanaan pengukuran dilakukan selama 2 minggu. Untuk analisisnya filter yang telah dilakukan sampling dimasukkan kedalam *test tube*, kemudian ditambahkan 4 mL akuades. Setelah itu larutan dihomogenisasi dengan *ultrasonic cleaner* selama 10 menit. Analisa Konsentrasi NO₂ dilakukan dengan cara memasukan 4 mL larutan pereaksi kedalam sampel, kemudian didiamkan selama 15 menit. Setelah itu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm. Sedangkan untuk analisa SO₂ menggunakan alat kromatografi ion dengan cara menginjeksikan sampel ke alat dengan menggunakan syringe sebanyak 2 kali.

K. Metoda Pengolahan Data

Pengolahan data hasil penelitian menggunakan metode anova. Analisis of variance atau anova merupakan salah satu teknik analisis multivariate yang berfungsi untuk membedakan rerata lebih dari dua kelompok data dengan cara membandingkan variasinya. Analisis varian termasuk dalam kategori statistik

parametrik. Sebagai alat statistik parametrik, maka untuk dapat menggunakan rumus anova harus terlebih dahulu perlu dilakukan uji asumsi meliputi normalitas, heterokedastisitas dan random sampling.

Analisis varian dapat dilakukan untuk menganalisis data yang berasal dari berbagai macam jenis dan desain penelitian. Analisis varian banyak digunakan pada penelitian-penelitian yang banyak melibatkan pengujian komparatif yang menguji variabel terikat dengan cara membandingkannya pada kelompok-kelompok sample independen yang diamati. Analisis Varian saat ini banyak dipergunakan dalam penelitian survey dan penelitian eksperimen.

- Rumus Anova

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

H_1 : tidak semua sama

Tabel 1. Tabel Anova

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Varian (ragam)	F hit	F table	
					0,01	0,05
Antar kolom	$v_1 = k - 1$	JKK	$S_1^2 = \frac{JKK}{v_1}$	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$		
sisaan	$v_2 = N - k$	JKS	$S_2^2 = \frac{JKS}{v_2}$			
	$N - 1$	JKT				

$N =$ banyaknya pengamatan $n_1 + n_2 + \dots + n_k$

$k =$ jumlah populasi atau perlakuan

$$JKK = \text{jumlah kuadrat antar kolom} = \left(\sum \frac{T_i^2}{n_i} \right) - \frac{T^2}{N}$$

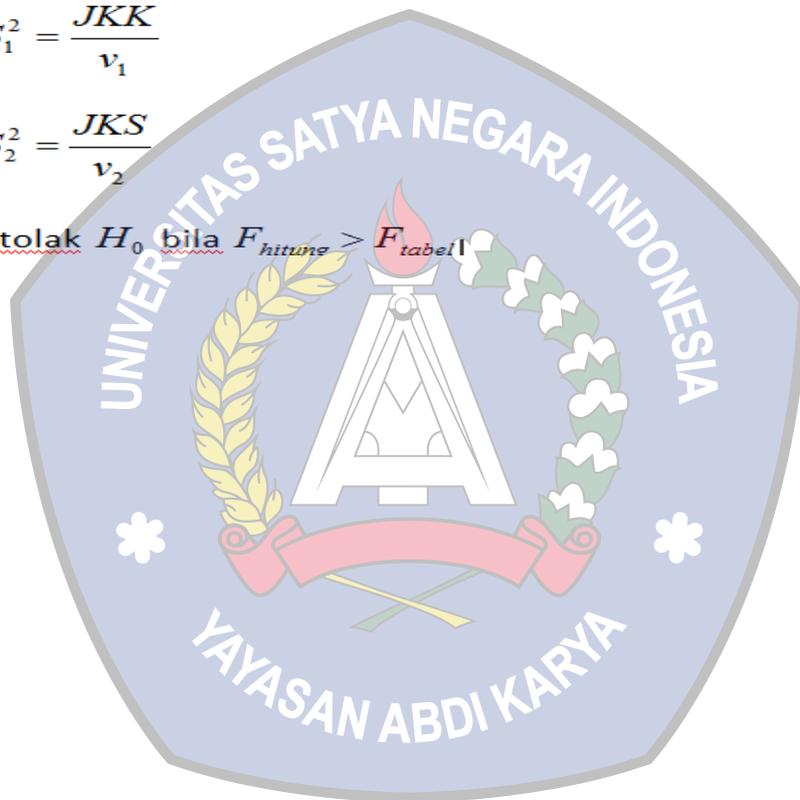
$$JKT = \text{jumlah kuadrat total} = \left(\sum X_i^2 \right) - \frac{T^2}{N}$$

$JKS =$ jumlah kuadrat sisaan $= JKT - JKK$

$$S_1^2 = \frac{JKK}{v_1}$$

$$S_2^2 = \frac{JKS}{v_2}$$

tolak H_0 bila $F_{hitung} > F_{tabel}$



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian di dapatkan konsentrasi NO_2 dan SO_2 di sekitar kawasan industri dengan metode aktif dan metode pasif.

A. Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO_2) di Sekitar Kawasan Industri

Metode sampling aktif untuk udara ambien merupakan metode pengambilan contoh uji udara ambien dengan cara mempompa udara sekitar dengan pompa pada laju alir tertentu kedalam larutan penyerap yang spesifik, yang selanjutnya dianalisis hingga didapat kadar yang diinginkan, Pengambilan sampel udara ambien menggunakan metode aktif ini dilakukan di kawasan Industri di PT Surya Toto dan di pemukimanya di daerah cilenggang kec. Serpong, Tangerang Selatan.

Metode sampling pasif untuk udara ambien merupakan metode pengambilan contoh uji udara ambien dengan sistem penyerapan gas secara difusi melalui suatu media yang dipaparkan dalam waktu 2 minggu tanpa menggunakan pompa penghisap. Pada tabel 2 dapat dilihat konsentrasi NO_2 di PT Surya Toto dan pada tabel 3 dapat dilihat konsentrasi NO_2 di kelurahan cilenggang.

Tabel 2. Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) di PT Surya Toto

Ulangan	Metode Aktif (µg/Nm ³)	Metode Pasif (µg/Nm ³)	Selisih (%)	Baku Mutu (µg/Nm ³)
1	26,3	26,0	0,01	400 µg/Nm ³
2	26,5	26,3	0,01	
3	26,8	26,5	0,01	
4	26,4	26,1	0,01	
5	26,3	26,1	0,01	
Jumlah	132,3	131		
Rerata	26,5	26,2		

(Sumber baku mutu : PPRI No.41 tahun 1999)

Tabel 3. Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) di Cilenggang

Ulangan	Metode Aktif (µg/Nm ³)	Metode Pasif (µg/Nm ³)	Selisih (%)	Baku Mutu (µg/Nm ³)
1	15,3	15,2	0,01	400 µg/Nm ³
2	15,3	15,2	0,01	
3	15,5	15,3	0,01	
4	15,4	15,3	0,01	
5	15,5	15,4	0,01	
Jumlah	77	76,4		
Rerata	15,4	15,3		

(Sumber baku mutu : PPRI No.41 tahun 1999)

Pada tabel 2 dan tabel 3 dari data diatas konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) baik metode aktif maupun metode pasif memiliki nilai yang tidak berbeda jauh hasilnya. Analisa varian (Anava) digunakan untuk mengambil keputusan tingkat perbedaan pemeriksaan konsentrasi nitrogen dioksida (NO₂) menggunakan sampling metode aktif dan sampling metode pasif. Hasil analisis varian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil analisis varian Nitrogen Dioksida (NO₂) antara metode pasif dan metode aktif di PT Surya Toto

Sumber keberagaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Varian (ragam)	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	1	0,17	0,17	4,07	5,32	11,26
Galat	8	0,33	0,04			

Tabel 5. Hasil analisis varian Nitrogen Dioksida (NO₂) antara metode pasif dan metode aktif di Cilenggang

Sumber keberagaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Varian (ragam)	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	1	0,04	0,04	4,24	5,32	11,26
Galat	8	0,07	0,01			

Pada tabel 4 terlihat bahwa F hitung (4,07) < F tabel (5,32) pada selang kepercayaan 0,05 % dan dari tabel 5 terlihat bahwa F hitung (4,24) < F tabel (5,32) pada selang kepercayaan 0,05 % hal ini berarti menunjukkan bahwa metode pasif

maupun metode aktif untuk analisis Nitrogen Dioksida (NO₂) di PT Surya Toto dan kelurahan Cilenggang tidak memiliki perbedaan yang signifikan atau untuk analisis Nitrogen Dioksida (NO₂) dapat menggunakan metode pasif atau aktif karena hasilnya tetap sama tidak berbeda.

B. Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) di sekitar kawasan Industri

Pengambilan sampel udara ambien menggunakan metode aktif yang dilakukan di Kawasan industri di PT Surya Toto dan di pemukimanya di Cilenggang. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, maka diperoleh konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) diudara. Metode sampling pasif untuk udara ambien merupakan metode pengambilan contoh uji udara ambien dengan sistem penyerapan gas secara difusi melalui suatu media yang dipaparkan dalam waktu 2 minggu tanpa menggunakan pompa penghisap. Hasil analisa konsentrasi SO₂ dapat dilihat pada tabel 6 di PT Surya Toto dan pada tabel 7 di kelurahan cilenggang.

Tabel 6. Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) metode aktif di PT Surya Toto

Ulangan	Metode Aktif ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Metode Pasif ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Selisih (%)	Baku Mutu ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
1	28,3	28,2	0,01	365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
2	28,5	28,4	0,01	
3	28,4	28,2	0,01	
4	28,8	28,4	0,01	
5	28,4	28,2	0,01	
Jumlah	142,4	141,4		

Rerata	28,5	28,3		
--------	------	------	--	--

(Sumber baku mutu : PPRI No.41 tahun 1999)

Tabel 7. Konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) metode aktif di Cilenggang

Ulangan	Metode Aktif (µg/Nm ³)	Metode Pasif (µg/Nm ³)	Selisih (%)	Baku Mutu (µg/Nm ³)
1	6,3	6,2	0,02	365 µg/Nm ³
2	6,6	6,3	0,05	
3	6,6	6,3	0,05	
4	6,7	6,5	0,03	
5	6,3	6,1	0,03	
Jumlah	32,5	31,4		
Rerata	6,5	6,3		

(Sumber baku mutu : PPRI No.41 tahun 1999)

Pada tabel 6 dan tabel 7 diatas konsentrasi Sulfur dioksida (SO₂) baik metode aktif maupun metode pasif memiliki nilai yang tidak berbeda jauh hasilnya. Hasil analisis varian (anava) antara konsentrasi Sulfur dioksida (SO₂) metode pasif dan metode aktif di udara, Hasil analisis varian dapat dilihat pada tabel 8 dan tabel 9 dibawah ini.

Tabel 8. Hasil analisis varian Sulfur Dioksida (SO₂) antara metode pasif dan metode aktif di PT Surya Toto

Sumber keberagaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Varian (ragam)	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	1	0,1	0,1	4,08	5,32	11,26
Galat	8	0,20	0,02			

Tabel 9. Hasil analisis varian Sulfur Dioksida (SO₂) antara metode pasif dan metode aktif di Cilenggang

Sumber keberagaman	Derajat Bebas	Jumlah kuadrat	Varian (ragam)	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	1	0,12	0,12	4,25	5,32	11,26
Galat	8	0,23	0,03			

Pada tabel 8 terlihat bahwa $F_{hitung} (4,08) < F_{tabel} (5,32)$ pada selang kepercayaan 0,05 % dan dari tabel 9 terlihat bahwa $F_{hitung} (4,25) < F_{tabel} (5,32)$ pada selang kepercayaan 0,05 % hal ini berarti metode pasif maupun metode aktif untuk analisis Sulfur Dioksida (SO₂) di PT Surya Toto dan kelurahan Cilenggang tidak memiliki perbedaan yang signifikan atau untuk analisis Sulfur Dioksida (SO₂) dapat menggunakan metode pasif atau aktif karena hasilnya tetap sama tidak berbeda.

C. Perbandingan konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) antara metode aktif dan metode pasif

Perbedaan konsentrasi NO₂ metode aktif dan pasif di PT Surya Toto diperoleh untuk metode aktif sebesar 26,46 dan untuk metode pasif diperoleh sebesar 26,33 sehingga perbedaannya hanya 0,49 % dan untuk di kelurahan cilenggang diperoleh untuk metode aktif sebesar 15,40 dan untuk metode pasif diperoleh sebesar 15,28 sehingga perbedaannya hanya 0,7 %. Jika melihat pada penelitian sebelumnya (Nisa,2103) perbedaan antara metode aktif dan pasif untuk parameter NO₂ diperoleh untuk metode aktif sebesar 21,61 dan untuk metode pasif sebesar 21,70 sehingga perbedaannya hanya 0,41 %. Ini menunjukkan bahwa hasil metode aktif dan metode pasif tetap sama atau tidak berbeda.

Berdasarkan dua rata – rata yang didapat dari metode aktif dan metode pasif untuk PT Surya Toto dan kelurahan cilenggang maka diperoleh standar deviasi pada tabel 10 dan tabel 11 dibawah ini.

Tabel 10. Rerata konsentrasi NO₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di PT Surya Toto

Keterangan	Metode Aktif	Metode pasif
Rerata Konsentrasi	26,46	26,33
Standar Deviasi	0,21	0,20

Tabel 11. Rerata konsentrasi NO₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di Cilenggang

Keterangan	Metode Aktif	Metode pasif
Rerata Konsentrasi	15,40	15,28
Standar Deviasi	0,10	0,08

D. Perbandingan konsentrasi Sulfur Dioksida (SO₂) antara metode aktif dan metode pasif

Perbedaan konsentrasi SO₂ metode aktif dan pasif di PT surya Toto diperoleh untuk metode aktif sebesar 28,48 dan untuk metode pasif diperoleh sebesar 28,28 sehingga perbedaannya hanya 0,7 % dan untuk di kelurahan cilenggang diperoleh untuk metode aktif sebesar 6,50 dan untuk metode pasif diperoleh sebesar 6,28 sehingga perbedaannya hanya 3,4 %. Jika melihat pada penelitian sebelumnya (Nisa,2103) perbedaan antara metode aktif dan pasif diperoleh untuk metode aktif sebesar 22,30 dan untuk metode pasif sebesar 22,10 sehingga perbedaannya hanya 0,9 %. Ini menunjukkan bahwa hasil metode aktif dan metode pasif tetap sama atau tidak berbeda.

Berdasarkan dua rata – rata yang didapat dari metode aktif dan metode pasif untuk PT Surya Toto dan kelurahan cilenggang maka diperoleh standar deviasi pada tabel 12 dan tabel 13 dibawah ini.

Tabel 12. Rerata konsentrasi SO₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di PT Surya Toto

Keterangan	Metode Aktif	Metode pasif
Rerata Konsentrasi	28,48	28,28
Standar Deviasi	0,19	0,11

Tabel 13. Rerata konsentrasi SO₂ dan standar deviasi dengan metode aktif dan pasif di Cilenggang

Keterangan	Metode Aktif	Metode pasif
Rerata Konsentrasi	6,50	6,28
Standar Deviasi	0,19	0,15

Standar deviasi pengukuran Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Sulfur Dioksida (SO₂) untuk metode pasif memiliki standar deviasi yang lebih kecil dibandingkan metode aktif, Hal ini menunjukkan bahwa metode pasif lebih sensitif dan akurat dibandingkan metode aktif, karena sebaran datanya lebih kecil dibandingkan metode aktif.

Metode pasif hanya dipengaruhi oleh faktor kesalahan analisa saat di laboratorium sedangkan metode aktif banyak faktor kesalahan yang mempengaruhi seperti kestabilan laju alir udara, perubahan angin, tekanan udara, volume larutan penyerap, dan ketepatan pengambilan contoh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2) dengan menggunakan metode aktif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang masing-masing $26,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $15,4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sedangkan konsentrasi nitrogen dioksida (NO_2) dengan menggunakan metode pasif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang masing-masing $26,2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $15,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
- Konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) dengan menggunakan metode aktif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang masing-masing $28,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $6,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sedangkan konsentrasi sulfur dioksida (SO_2) dengan menggunakan metode pasif di PT Surya Toto dan di kelurahan cilenggang masing-masing $28,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan $6,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
- Hasil perbandingan nitrogen dioksida pada kedua metode dengan menggunakan statistik Anova didapat nilai F hitung untuk nitrogen oksida di PT Surya Toto dan kelurahan cilenggang masing-masing 4,07 dan 4,24 lebih kecil dari F tabel yaitu 5,32. ini menyatakan bahwa metode sampling aktif dan pasif untuk parameter NO_2 tidak berbeda nyata. Sedangkan untuk hasil perbandingan sulfur dioksida pada kedua metode dengan menggunakan statistik Anova didapat nilai F hitung untuk sulfur oksida di PT Surya Toto

dan kelurahan cilenggang masing-masing 4,08 dan 4,25 lebih kecil dari F tabel 5,32. ini menyatakan bahwa metode sampling aktif dan pasif untuk parameter NO_2 tidak berbeda nyata.

- Dengan demikian metode sampling pasif dapat menjadi alternatif untuk sampling SO_2 dan NO_2 di sekitar kawasan Industri.

B. SARAN

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sampling metode pasif tidak hanya disekitar kawasan industri saja tetapi di daerah pemukiman, pasar, dan sekolah disekitar daerah yang terkena dampak oleh industri. Selain itu bisa juga dilakukan didaerah yang memiliki tingkat polutan yang tinggi seperti di pinggir jalan raya.
- Pada saat pengambilan sampel udara dengan metode aktif perlu diperhatikan kestabilan laju alir udara, perubahan angin, tekanan udara, volume larutan penyerap dan ketepatan pengambilan contoh agar hasil yang didapat tepat dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Nisa, Khairun.** 2013. *Perbandingan Metode Sampling Aktif dan Sampling Pasif dalam Penentuan Kadar Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Sulfur Dioksida SO₂ di udara Ambien.*
- Aprishanty,R.,dkk.** 2000. *Pengkajian dan Penerapan Metode Pasif untuk Pengukuran Bahan Pencemar SO₂ dan NO₂ di Udara Ambien.* Pusarpedal – Bapedal. Tangerang
- ASTM D 1607-91.** 2011. *Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)*
- ASTM D2914-15.** *Standard Test Method for Sulphur Dioxide Content of the Atmosphere (West-Gaeke Method)*
- Ayers,G. and P. Manins.** 1996. *CSIRO Passive Gas Samplers. Division of Atmospheric Research Australia.* Victoria
- Fardiaz,S.** 1992. *Polusi air dan Udara.* Kanisius. Yogyakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup.** 2002. *Peraturan Pemerintah RI No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.* BAPEDAL. Jakarta
- Mukono, H.J.** 1997. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan.* Airlangga University Press. Surabaya

Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.* Sekretaris Kabinet Republik Indonesia. Jakarta

Wardhana, W.A. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan.* Andi Offset. Yogyakarta

Wikipedia. *id.wikipedia.org/wiki/Pencemaran_Udara*

Radojevic, M. and Bashkin, V.N. 2006. *Practical Environmental Analysis.* RSC Publishing, Cambridge.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Pengambilan Sampel dengan Metode Aktif



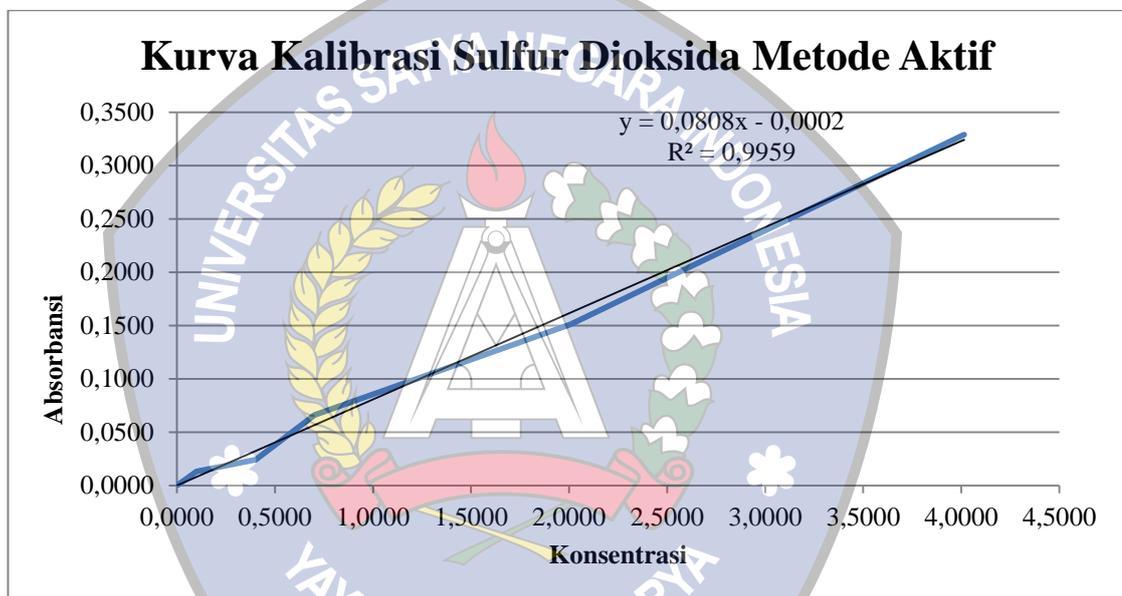
Lampiran 2. Contoh Pengambilan Sampel dengan Metode Pasif



Lampiran 3. Kurva Kalibrasi Sulfur Dioksida Metode Aktif

- Deret Standar Sulfur Dioksida Metode Aktif

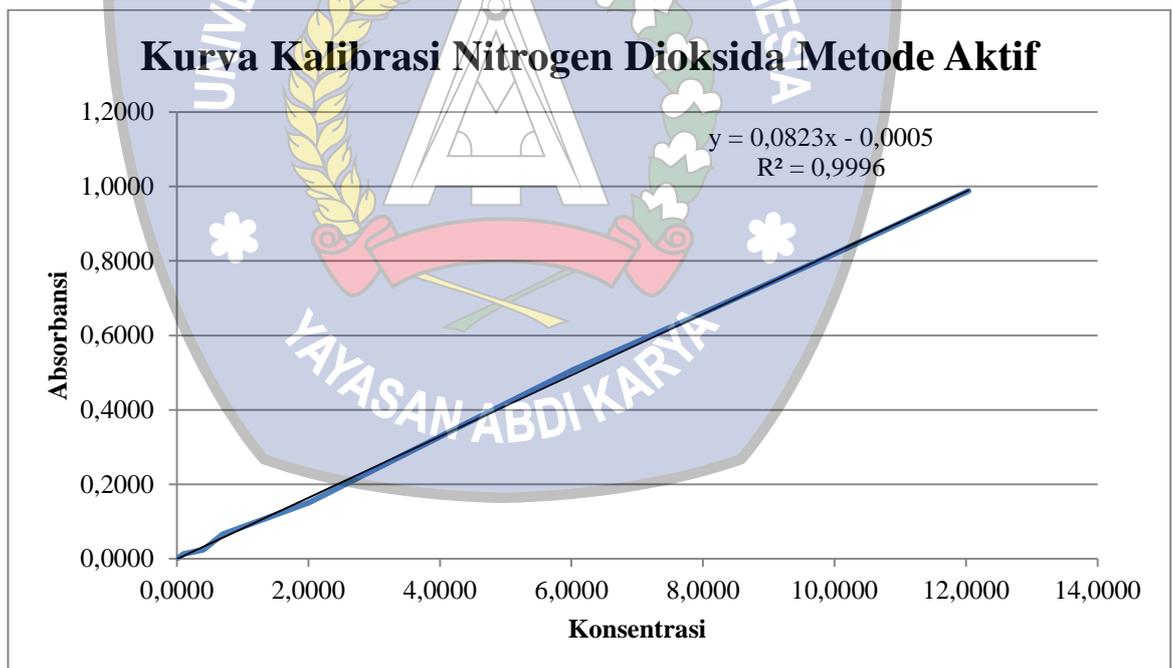
Konsentrasi	Absorbansi
0,0000	0,000
5,7633	0,1030
11,5497	0,2090
17,3072	0,3220
23,1052	0,4430



Lampiran 4. Kurva Kalibrasi Nitrogen Dioksida Metode Aktif

- Deret Standar Nitrogen Dioksida Metode Aktif

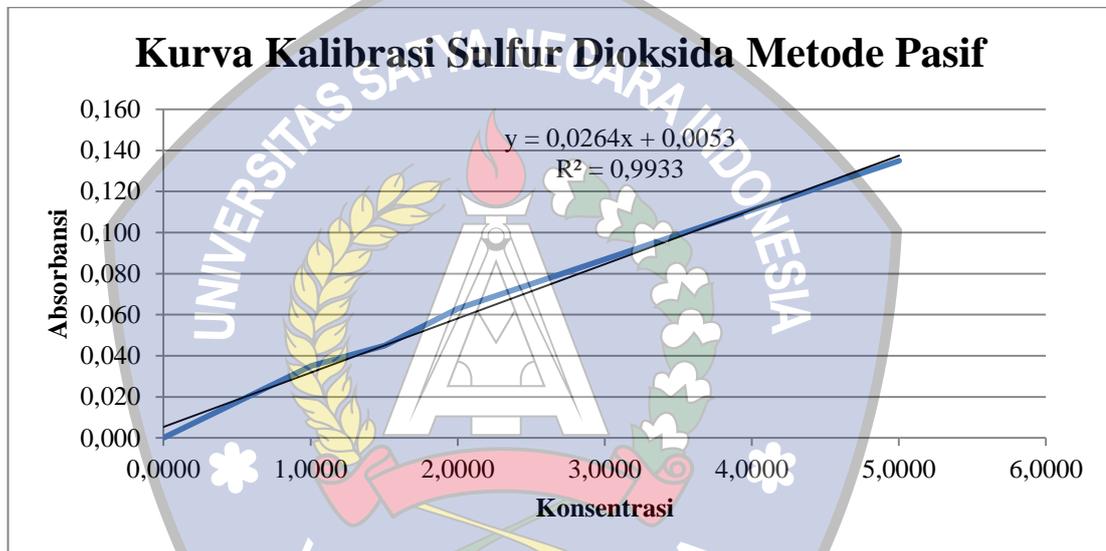
Konsentrasi	Absorbansi
0,0000	0,0000
0,1002	0,0130
0,4012	0,0240
0,7017	0,0660
2,0083	0,1510
4,0147	0,3290
6,0208	0,5070
8,0270	0,6620
10,0623	0,8240
12,0395	0,9880



Lampiran 5. Kurva Kalibrasi Sulfur Dioksida Metode Pasif

- Deret Standar Sulfur Dioksida Metode Pasif

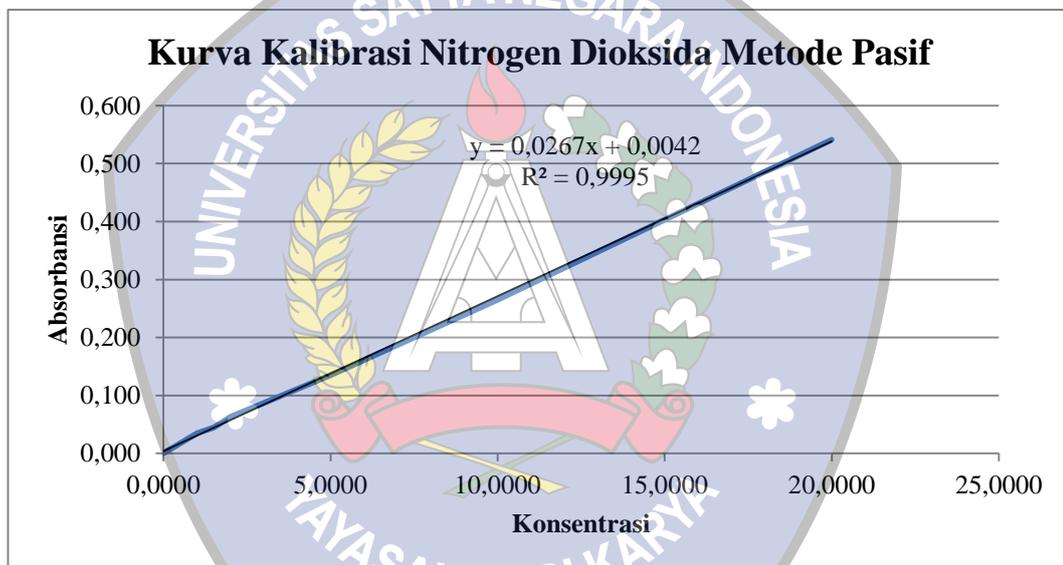
Konsentrasi	Absorbansi
1,0099	0,153
2,0200	0,285
3,0194	0,435
4,0300	0,602
5,0195	0,731



Lampiran 6. Kurva Kalibrasi Nitrogen Dioksida Metode Pasif

- Deret Standar Nitrogen Dioksida Metode Pasif

Konsentrasi	Absorbansi
0,0000	0,000
1,0026	0,035
1,5034	0,045
2,0029	0,063
5,0025	0,135
10,0030	0,265
19,9900	0,541



Lampiran 7. Baku Mutu Udara Ambien

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂	1 Jam	900 ug/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
	(Sulfur Dioksida)	24 Jam	365 ug/Nm ³		
		1 Thn	60 ug/Nm ³		
2	CO	1 Jam	30.000 ug/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
	(Karbon Monoksida)	24 Jam	10.000 ug/Nm ³		
		1 Thn	-		
3	NO ₂	1 Jam	400 ug/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
	(Nitrogen Dioksida)	24 Jam	150 ug/Nm ³		
		1 Thn	100 ug/Nm ³		
4	O ₃	1 Jam	235 ug/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
	(Oksidan)	1 Thn	50 ug/Nm ³		
5	HC	3 Jam	160 ug/Nm ³	Flame Ionization	Gas
	(Hidro Karbon)				Chromatogarfi

6	PM ₁₀	24 Jam	150 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	(Partikel < 10 um)				
	PM _{2,5} (*)	24 Jam	65 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	(Partikel < 2,5 um)	1 Thn	15 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
7	TSP	24 Jam	230 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	(Debu)	1 Thn	90 ug/Nm ³		
8	Pb	24 Jam	2 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol
	(Timah Hitam)	1 Thn	1 ug/Nm ³	Ekstraktif	
				Pengabuan	AAS
9.	Dustfall	30 hari			
	(Debu Jatuh)		10 Ton/km ² /Bulan (Pemukiman)	Gravimetric	Cannister
			20 Ton/km ² /Bulan		
			(Industri)		
10	Total Fluorides (as F)	24 Jam	3 ug/Nm ³	Spesific Ion	Impinger atau
		90 hari	0,5 ug/Nm ³	Electrode	Countinuous Analyzer

11.	Fluor Indeks	30 hari	40 u g/100 cm ² dari kertas lined filter	Colourimetric	Limed Filter Paper
12.	Khlorine &	24 Jam	150 ug/Nm ³	Spesific Ion	Impinger atau
	Khlorine Dioksida			Electrode	Countinous Analyzer
13.	Sulphat Indeks	30 hari	1 mg SO ₃ /100 cm ³	Colourimetric	Lead
			Dari Lead Peroksida		Peroxida Candle

Sumber : PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR : 41 TAHUN 1999