

**DISTRIBUSI KOMPOSISI UNSUR KIMIA PADA *PARTICULAT
MATTER* (PM_{2.5}) DAN *PARTICULAT MATTER* (PM₁₀) HASIL
PEMBAKARAN BATUBARA DI DAERAH SEKITAR PLTU
TUBAN**

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S-1**



Oleh :

LAILY NAFIAH

13630036

kepada

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2018



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : B.1228/Un.02/DST/PP.05.3/08/2018

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada Particulat Matter ($PM_{2.5}$) Dan Particulat Matter (PM_{10}) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Laily Nafiah
NIM : 13630036
Telah dimunaqasyahkan pada : 20 Agustus 2018
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.
NIP. 19750725 200003 2 001

Penguji I

Sri Murniasih, S.ST., M.Si.
NIP. 19830106 200604 2 004

Penguji II

Dr. Nita Handayani, M.Si.
NIP. 19820125 200801 2 008

Yogyakarta, 24 Agustus 2018
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Dekan



Murtoto, M.Si.
NIP. 19691212 200003 1 001



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu`alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Laily Nafiah

NIM : 13630036

Judul Skripsi : Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particulat Matter* ($PM_{2.5}$) dan *Particulat Matter* (PM_{10}) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.
Wassalamu`alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 09 Agustus 2018

Pembimbing

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.

NIP. 19750725 200003 2 001

NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi /Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Laily Nafiah

NIM : 13630036

Judul Skripsi : Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particulat Matter* ($PM_{2.5}$) Dan *Particulat Matter* (PM_{10}) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban

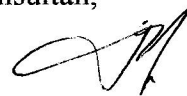
sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 23 Agustus 2018

Konsultan,



Sri Murniasih, S.ST. M.Si.

NIP. 19830106 200604 2 004



NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi /Tugas Akhir

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Laily Nafiah

NIM : 13630036

Judul Skripsi : Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particulat Matter* (PM_{2.5}) Dan *Particulat Matter* (PM₁₀) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 23 Agustus 2018

Konsultan,

Dr. Nita Handayani, M.Si.

NIP. 19820126 200801 2 008



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Laily Nafiah

NIM : 13630036

Judul Skripsi : Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particulat Matter* ($PM_{2.5}$) dan *Particulat Matter* (PM_{10}) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban.

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 09 Agustus 2018

Pembimbing

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.

NIP. 19750725 200003 2 001



NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi /Tugas Akhir

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Laily Nafiah

NIM : 13630036

Judul Skripsi : Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particulat Matter* ($PM_{2.5}$) Dan *Particulat Matter* (PM_{10}) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 23 Agustus 2018
Konsultan,

Dr. Nita Handayani, M.Si.

NIP. 19820126 200801 2 008



NOTA DINAS KONSULTAN

Hal : Persetujuan Skripsi /Tugas Akhir

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UTN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum warahmanillahi wabarakanah

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Laily Nafiah

NIM : 13630036

Judul Skripsi : Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particular Matter* ($PM_{2.5}$) Dan Particulat Matter (PM_{10}) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakanah

Yogyakarta, 23 Agustus 2018
Konsultan,

Sri Murniasih, S.ST, M.Sc.
NIP. 19830106 200604 2 004

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Laily Nafiah
NIM : 13630036
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particulat Matter* (PM_{2.5}) Dan *Particulat Matter* (PM₁₀) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban**” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 10 Agustus 2018



Laily Nafiah
NIM: 13630036

MOTO

“Masalah adalah yang kau anggap masalah, jika tidak berarti bukan masalah”

- Anonim



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Swt, ku persembahkan karya ini untuk :

Kedua Orang Tuaku beserta Keluarga Besarku
yang selalu memberikan doa dan dukungan untuku

Almamater Program Studi Kimia
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Yogyakarta



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufiq, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat dan salam tetap terlimpahkan kepada beliau Nabi besar Muhammad SAW yang selalu menjadi panutan hidup dan semoga kita termasuk kedalam orang-orang yang mendapatkan syafa'atnya.

Skripsi yang berjudul “Distribusi Komposisi Unsur Kimia Pada *Particulat Matter* (PM_{2.5}) Dan *Particulat Matter* (PM₁₀) Hasil Pembakaran Batubara Di Daerah Sekitar PLTU Tuban” disusun sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat sarjana setrata satu (S1) program studi Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Semoga skripsi ini dapat menjadi bagian yang bermanfaat bagi khasanah ilmu pengetahuan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penulisan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Murtono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Puradwi Ismuwahyono, DEA selaku Plt. Ka. Pusat Sains dan Teknologi Akselerator yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melaksanakan tugas akhir.
3. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga.

4. Bapak Irwan Nugraha, S.Si.,M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi.
5. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar meluangkan waktunya dalam membimbing, mengarahkan, dan memotivasi dalam penulisan skripsi ini.
6. Ibu Sri Murniasih, S.ST, M.Sc. selaku dosen pembimbing di Badan Tenaga Nuklir Nasional Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Yogyakarta yang telah dengan ikhlas dan sabar dalam meluangkan waktu, membimbing, dan mengarahkan penulis baik pada saat penelitian maupun penulisan skripsi.
7. Bapak Sutanto W., Sukirno dan Suhardi selaku pembimbing lapangan yang telah membantu dan membimbing penulis selama kegiatan penelitian berlangsung.
8. Seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu dan memberi fasilitas kepada penulis sehingga penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
9. Seluruh staf dan karyawan sub. bidang kimiadi Badan Tenaga Nuklir Nasional Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Yogyakarta yang telah membantu dan memberi fasilitas kepada penulis sehingga penulisan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
10. Bapak Sastoro, Ibu Umi Hanik, dan kedua adik penulis Oryza Sativa dan Aulia Rahma, serta seluruh keluarga besar penulis, terimakasih atas dukungan semangat dan doanya yang tidak pernah berhenti. Penulis mempersembahkan karya ini untuk kalian sebagai bukti pengabdian dan kepercayaan yang kalian berikan.
11. Inggit Supranata terimakasih untuk doa, dukungan semangat, kesabaran, dan keluangan waktu yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini berlangsung.
12. Ibu Lusi, Ibu Nunuk, dan Amaliya Hasniawati terimakasih untuk doa dan keluangan waktu dan tempat yang diberikan kepada penulis.
13. Budi Satria terimakasih untuk keluangan waktu dan kesuka relaannya dalam membantu penulis selama penelitian berlangsung

14. Ayu Norma, Nawang Wulan, Kharisa Nadhari, dan Nur Afifah Eka terimakasih untuk semangat dan doa yang diberikan dari ibu kota.
15. Mutya Hanun dan Addinia Irawan terimakasih untuk doa, semangat, dan kesabarannya selama ini.
16. Hanifa Wulan Ramadhan terimakasih untuk bimbingan dan dukungan semangatnya.
17. Anggi Sulistyowati, Rika Sulistiyo Rini, Eneng Riska Yuliani, Fitrianamiswan, Mariyana, Arum Setya, Widya Tri Saputri, Dienda Lora Buana dan Erni Widyastuti terimakasih untuk dukungan semangat, diskusi dan bantuannya selama ini.
18. Teman-teman program studi Kimia 2013 terima kasih atas kebersamaannya serta sikap kekeluargaannya selama ini.
19. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam proses penulisan skripsi.

Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan khasanah ilmu pengetahuan secara umum bagi masyarakat dan kimia secara khususnya.

Yogyakarta, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN SKRIPSI /TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI /TUGAS AKHIR	iii
NOTA DINAS KONSULTAN	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
MOTTO.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Landasan Teori	10
1. Batubara.....	10
2. Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	12
3. Pencemaran Udara.....	15
4. Analisis Aktivasi Neutron.....	19
5. Spektrometer Gamma	21
6. <i>Particulat Matter</i> (PM _{2,5}) Dan (PM ₁₀).....	24
7. Aplikasi Suffer	26
BAB III METODE PENELITIAN	29

A. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	29
B. Alat-Alat Penelitian.....	29
C. Bahan Penelitian	30
D. Cara Kerja Penelitian	30
E. Teknik Analisis Data.....	34
F. Uji Validasi Dan Hasil Analisis.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Analisis Kualitatif	37
B. Analisis Kuantitatif	42
C. Presisi dan Akurasi Metode Analisis	45
D. Perbandingan Hasil Analisis Dengan Baku Muku Lingkungan	48
E. Peta Kontur Sebaran Unsur-Unsur Polutan.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batubara Lignit.....	11
Gambar 2.2	Serbuk <i>Fly Ash</i>	12
Gambar 2.3	Ukuran Diameter Partikel Pencemar Udara.....	17
Gambar 2.4	Skema Proses Aktivasi Neutron.....	20
Gambar 2.5	Skema Alat Spektrometer Gamma	22
Gambar 2.6	Spektrum Energi Versus Intensitas dari Suatu Materi yang Telah Di Iradiasi.....	24
Gambar 2.7	Skema Distribusi Partikulat di Udara Ambien.....	25
Gambar 2.8	Peta Kontur Pada Aplikasi <i>Surfer</i>	27
Gambar 4.1	Peta Kontur Sebaran Unsur Mn Di Udara Sekitar PLTU Tuban	51
Gambar 4.2	Peta Kontur Sebaran Unsur V Di Udara Sekitar PLTU Tuban.....	52
Gambar 4.3	Peta Kontur Sebaran Unsur Cr Di Udara Sekitar PLTU Tuban.....	53
Gambar 4.3	Peta Kontur Sebaran Unsur As Di Udara Sekitar PLTU Tuban	53
Gambar 4.5	Peta Kontur Sebaran Unsur Zn Di Udara Sekitar PLTU Tuban	53
Gambar 4.6	Peta Kontur Sebaran Unsur Co Di Udara Sekitar PLTU Tuban.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Unsur Kimia Pada <i>Fly Ash</i> Yang Jatuh Di Atas Permukaan Tanah.....	13
Tabel 2.2	Jumlah Konsentrasi Logam Berat Dalam Batubara Sub-bituminus dan Bituminus	14
Tabel 4.1	Hasil Analisis Kandungan Unsur Pada PM _{2.5}	38
Tabel 4.2	Hasil Analisis Kandungan Unsur Pada PM ₁₀	38
Tabel 4.3	Hasil Analisis Kuantitatif dengan Energi Sinar- γ dan Waktu Paruh ..	39
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Kadar Unsur-Unsur Pada PM _{2.5}	43
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Kadar Unsur-Unsur Pada PM ₁₀	44
Tabel 4.6	Kriteria Kebersamaan Hasil Analisis Berdasarkan Perhitungan	46
Tabel 4.5	Hasil Perbandingan Jumlah Konsentrasi Hasil Analisis dengan PP.No.41 Tahun 1999 dan WHO.....	49

ABSTRAK

DISTRIBUSI KOMPOSISI UNSUR KIMIA PADA *PARTICULAT MATTER* (PM_{2.5}) DAN *PARTICULAT MATTER* (PM₁₀) HASIL PEMBAKARAN BATUBARA DI DAERAH SEKITAR PLTU TUBAN

Oleh :

Laily Nafiah

NIM. 13630036

Telah dilakukan penelitian tentang analisis komposisi unsur kimia pada *Particulat Matter* (PM_{2.5}) dan *Particulat Matter* (PM₁₀) dalam sampel udara pada pembakaran batubara. Adapun sampel udara hasil pembakaran batubara diperoleh dari udara di sekitar PLTU Tuban. Penelitian ini menggunakan PM_{2.5} dan PM₁₀ sebagai batasan ukuran partikulat polutan dan metode Analisis Aktivasi Neutron untuk mengetahui kandungan unsur yang dihasilkan. Konsentrasi unsur yang telah didapat, diaplikasikan pada aplikasi *Suffer* untuk mengetahui pola sebaran distribusinya di udara. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu analisis kualitatif, analisis kuantitatif, presisi dan akurasi metode analisis, perbandingan hasil analisis dengan baku mutu lingkungan dan pembuatan peta kontur sebaran unsur-unsur polutan.

Hasil menunjukkan komposisi unsur yang didapat yaitu Mn, V, As, Zn, Co dan Cr. Unsur-unsur tersebut tergolong kedalam jenis logam berat dan merupakan hasil dari pembakaran batubara. Hasil analisis kuantitatif menunjukkan, konsentrasi yang diperoleh tidak melebihi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan (WHO dan PP No.41 Tahun 1999). Besar konsentrasi setiap unsur yang diperoleh pada PM_{2.5} yaitu Mn 5,49 µg/m³, V 0,000436 µg/m³, Cr 0,01178 µg/m³, As 0,001178 µg/m³, Zn 0,7875 µg/m³, dan Co 0,0000368 µg/m³. Jumlah konsentrasi pada PM₁₀ yaitu Mn 4,96 µg/m³, V 0,2515 µg/m³, Cr 0,737 µg/m³, As 0,08005 µg/m³, Zn 22,988 µg/m³, dan Co 0,06445 µg/m³. Pola sebaran polutan mengarah ke arah barat daya cerobong, di Desa Bugang, Kecamatan Jenu, Tuban dengan konsentrasi unsur Mn 3,59 µg/m³, Cr 0,37685 µg/m³, As 0,047845 µg/m³, Zn 11,0595 µg/m³ dan Co 0,0266701 µg/m³.

Kata Kunci : PM_{2.5}, PM₁₀, Batubara, PLTU, Metode Analisis Aktivasi Neutron, dan Aplikasi *Suffer*.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Mengacu pada program pemerintah untuk meningkatkan tingkat produksi listrik di Indonesia yang mencapai 35000 Megawatt (MW) dengan tujuan mencukupi pasokan listrik dari Sabang - Merauke, maka telah berdampak secara signifikan terhadap adanya pembangunan pembangkit listrik. Dalam rentang 5 tahun ke depan, pemerintah bersama PLN dan pihak swasta akan membangun 109 pembangkit listrik. Masing-masing terdiri dari 35 proyek dari PLN dengan total 10.681 MW dan 74 proyek oleh pihak swasta /*Independent Power Producer* (IPP) dengan total kapasitas 25.904 MW (Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2016).

Sampai dengan saat ini, salah satu sumber bahan bakar yang digunakan masih bergantung pada penggunaan bahan bakar minyak (BBM) yang terus meningkat setiap tahunnya. Harga BBM yang tidak stabil, menjadikan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produksi tenaga listrik yang dihasilkan, sehingga perlu adanya penggantian sumber bahan bakar yang digunakan untuk mewujudkan program pemerintah tersebut.

Salah satunya dengan penggunaan energi alternatif batubara sebagai pilihannya. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) juga merupakan salah satu program dari pemerintah tentang akselerasi peningkatan energi listrik dengan membangun PLTU batubara berkapasitas 10.000 MWe. Hal ini tertuang pada Peraturan Presiden Nomer 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional bahwa, Indonesia menargetkan peningkatan penggunaan batubara sebagai sumber energi sebanyak 14,1% untuk saat ini dan menjadi 32,7% pada tahun 2025 mendatang (Ida N., dkk, 2007).

Penggunaan energi alternatif ini bukan tanpa alasan, hal ini dikarenakan batubara merupakan bahan bakar fosil dengan harga yang kompetitif dan lebih murah bila dibandingkan dengan bahan bakar minyak ataupun gas. Jumlah batubara di Indonesia sangat besar yaitu sebanyak 125,28 miliar ton dan cadangan yang dapat ditambang sebesar 32,36 miliar ton. Selama 10 tahun terakhir (2005 - 2014) produksi batubara terus meningkat rata-rata 4% setiap tahunnya, dengan salah satu konsumen terbesar adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebesar 46,15 juta ton atau sebanyak 64% dari jumlah yang ada (Anshariah, dkk, 2017).

Penggunaan batubara dalam kenyataannya ternyata menghasilkan beberapa limbah yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak mendapat perlakuan dan pengolahan secara baik dan benar. Limbah yang dihasilkan berupa emisi hasil pembakaran, partikulat, serta abu layang (*fly ash*) batubara yang dapat mencemari lingkungan. Abu ini akan terdistribusi oleh angin dan kemudian akan

terakumulasi pada bangunan dan permukaan tanah di lokasi sekitar industri PLTU itu berada (Maulana Yusuf, 2012).

Menurut Anshariah, dkk (2017), kandungan sulfur yang ada dalam batubara apabila dibakar berubah menjadi oksida sulfur yang menjadi asam sulfat, jika bereaksi dengan udara yang lembab atau berair dapat menyebabkan peristiwa hujan asam. Sisa abu yang dihasilkan dapat mengandung unsur radioaktif alam karena pada dasarnya batubara secara alamiah mengandung unsur-unsur radioaktif. Pada saat batubara dibakar terjadi penguraian yang menyebabkan unsur tersebut ikut keluar bersama dengan gas emisi lainya ataupun terbawa dalam abu pembakaran (*bottom ash*). Unsur radioaktif alam yang terdapat dalam batubara terdiri dari kalium, uranium, thorium, dan juga hasil peluruhannya seperti radium, radon, polonium, bismuth dan timbal. Sedangkan sumber polutan radioaktif yang paling dominan adalah Uranium (U-238), Thorium (Th-232), dan Kalium (K-40). Unsur-unsur ini mempunyai waktu paruh yang sangat panjang sehingga keberadaannya di udara akan sangat lama hingga milyard tahun. Hal ini dapat terjadi karena polutan yang dihasilkan berbentuk partikulat berupa abu terbang (*fly ash*) yang diemisikan melalui cerobong suatu pembangkit dan akan menyebar ke udara sehingga kemungkinan akan terjadi penurunan kualitas udara (Ida N, dkk., 2007).

Peningkatan penggunaan batubara, akan berbanding lurus dengan adanya peningkatan hasil emisi dan polutan partikulat yang dihasilkan. Menurut Agus Gindo dan Budi Hari (2007), partikel udara dalam wujud padat yang berdiameter

kurang 10 μm (PM_{10}) dan kurang dari 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) diyakini oleh pakar lingkungan dan kesehatan masyarakat sebagai pemicu infeksi saluran pernafasan. Partikel padat PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$ dapat mengendap pada saluran pernafasan daerah bronki dan alveoli yang dapat membahayakan kesehatan tubuh apabila terpapar terlalu lama. Hal tersebut menjadi efek samping dari adanya kegiatan industri PLTU batubara yang dapat merugikan kegiatan masyarakat sekitar, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengurangi atau mengetahui dampak yang mungkin ditimbulkan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menganalisis dampak yang dihasilkan dari adanya kegiatan industri PLTU yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sulistyani (2016) menunjukkan bahwa kegiatan industri PLTU menghasilkan dampak berupa abu terbang (*fly ash*) yang apabila dalam jumlah besar akan merusak lingkungan dan kesehatan. Emisi gas buang juga menjadi dampak yang sering diperhatikan oleh pakar lingkungan, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Anshariah, dkk. (2017) tentang analisis emisi SO_2 hasil pembakaran batubara pada PLTU Jenepono di daerah Bangkala, Sulawesi Selatan dengan pengamatan langsung pada *Continuous Emission Monitoring System* (CEMS).

Pada penelitian ini dilakukan analisis unsur-unsur kimia yang ada pada PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$ dari hasil pembakaran batubara di PLTU Tuban, menggunakan metode Analisis Aktivasi Neutron (AAN) dan spektrometer gamma sebagai alat pengukurnya. Metode ini jauh lebih efisien untuk menganalisis berbagai macam

unsur dalam waktu yang singkat dan juga unsur-unsur kimia yang didapat termasuk ke dalam *trace element* atau unsur kimia dengan konsentrasi rendah. Penelitian ini menggunakan PM_{10} dan $PM_{2.5}$ sebagai parameter ukurnya dan telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, namun demikian pengukuran analisis komposisi udara di daerah sekitar PLTU Tuban belum pernah dilakukan. Hasil analisis komposisi unsur dalam sampel ditentukan dengan analisis kualitatif, sedangkan kadar unsur dalam sampel dilakukan dengan analisis kuantitatif menggunakan metode komperatif. Hasil analisis kualitatif dan kuantitatif kemudian diaplikasikan pada aplikasi *Surfer* guna mengetahui pemodelan proses distribusi unsur tersebut.

B. Batasan Masalah

1. Sampel udara diambil pada 3 titik lokasi di daerah sekitar PLTU Tuban berdasarkan data BMKG setempat.
2. Menggunakan $PM_{2.5}$ dan PM_{10} sebagai parameter pengukuran polutan partikulat yang dihasilkan.
3. Kandungan unsur dalam $PM_{2.5}$ dan PM_{10} dianalisis menggunakan metode AAN.
4. Aplikasi yang digunakan untuk mengetahui proses pendistribusian unsur-unsur kimia di udara adalah *Surfer*.

C. Rumusan Masalah

1. Apa saja komposisi unsur kimia pada $PM_{2.5}$ dan PM_{10} yang dihasilkan dari pembakaran batubara di sekitar PLTU Tuban ?

2. Berapa jumlah konsentrasi komposisi unsur kimia pada $PM_{2,5}$ dan PM_{10} yang dihasilkan dari pembakaran batubara di sekitar PLTU Tuban ?
3. Bagaimana pemodelan distribusi komposisi unsur kimia pada $PM_{2,5}$ dan PM_{10} hasil pembakaran batubara di udara sekitar PLTU Tuban menggunakan aplikasi *Surfer* ?

D. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui komposisi unsur kimia pada $PM_{2,5}$ dan PM_{10} yang dihasilkan dari pembakaran batubara disekitar PLTU Tuban.
2. Mengetahui jumlah konsentrasi komposisi unsur kimia pada $PM_{2,5}$ dan PM_{10} yang dihasilkan dari pembakaran batubara di sekitar PLTU Tuban
3. Mengetahui pemodelan distribusi komposisi unsur kimia pada pada $PM_{2,5}$ dan PM_{10} hasil pembakaran batubara di udara sekitar PLTU Tuban menggunakan aplikasi *Surfer*.

E. Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan tentang adanya kandungan unsur-unsur kimia pada PM_{10} dan $PM_{2,5}$ yang dihasilkan dari pembakaran batubara di sekitar PLTU Tuban, serta distribusinya di udara yang dimungkinkan dapat memberikan dampak negatif terhadap masyarakat sekitar lokasi PLTU Tuban.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, et.al. 2016. *Assesment Erosion 3d Hazard with USLE and Surfer Tool : A Case Study of Sumani Watershed in West Sumatra Indonesia* dalam SitiHaryati, et.al. 2013. *Sofware Pemodelan Aermod dan Suffer*. UII : Teknik Sipil dan Perencanaan.
- Agus Gindo dan Budi Hari, H. 2007. *Pengukuran Partikel Udara Ambien (TSP, PM10, PM2,5) Di Sekitar Calon Lokasi PLTN Semenanjung Lemah Abang dalam Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VI*. BATAN : Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.
- Anggayana, K. 2002. *Genesa Batubara*. Bandung : Departemen Teknik Pertambangan FIKTM, Institut Teknologi Bandung.
- Anshariah, Sri Widodo, Latif Talayansa. 2017. *Analisis Emisi SO₂ Hasil Pembakaran Batubara Pada PLTU Jeneponto*. Makasar : Universitas Hasanuddin.
- [BAPEDAL] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. 1999. *Catatan Kursus Pengelolaan Kualitas Udara*. Jakarta.
- Bhangare, M. Tiwari, P.Y. Ajmal, S.K. Sahu, G.G. Pandit. 2014. *Distribution of Natural Radioactivity in Coalo and Combustion Residues of Thermaol Power Polants. Journal of Radioanalytical and Nucolear Chemistry* April 2014 Vol. 300 pp 17-22. India
- Chow J. C., (1995). *Measurement Methods to Determine Compliance with Ambient Air Quality Standards for Suspended Particles in Journal of Air&Waste Management Association* vol. 45.EPA.
- Colbeck, I. 1998. *Physical and Chemical Properties of Aerosols*, Blackie Academic and Professional. London.
- Diah Dwiana Lestiani, Muhayatun Santoso dan Natalia Adventini. 2010. *Asesmen Kandungan Unsur Pada Cupllikan Batubara Terkait Dampak Lingkungan*. Bandung : Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri (PTNBR).
- Elliot, M.A danYohe, G.R. 1981. *The Coal Industry and Coal. Research and Development in Prospective in H.H. Lowry. Chemistry of Coal Utilization Second Supplementary Volume John Willey and Sons*. 2014. USA : New York.

- Ida N. Finahari, Djati H.S, Heni Susiati. 2007. *Emisi Gas CO₂ Dan Polutan Radioaktif Dari PLTU Batubara dalam Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 9 No.1 Juni*. Bidang Perencanaan Sistem Energi.
- James, C. Hower, Thomas L.Robl, Gerald A. Thomas, Shelley D. Hopps, Margaret Gridder. 2009. *Chemistry of Coal and Coal Combustion Products from Kentucky Power Plants : Results from the 2007 Sampling with Emphasis on Selenium in Journal Coal Combustion and Gasification Products*. USA : University of Kentucky.
- Khopal. 2003. *Deteksi Radiasi dan Pengukuran*. UI Press.
- Madawala Liyanage Duminda Jayaranjan, Eric D. Van Hullebusch, Ajit P. Annachatre. 2014. *Reuse Options for Coal Fired Power Plant Bottom Ash dan Fly Ash*. *Rev Environ Sci Biotechnol* 13 : 467-486. Springer Science +Business Media Dordrecht.
- Maulana Yusuf. *Studi Pengaruh Waktu Perendaman Abu Batubara PLTU Sebagai Bahan Penyerap Logam Berat Lindi Sampah Perkotaan*. 2012. Fakultas Teknik : Universitas Sriwijaya.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. 2016. *Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d 2025 dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*.
- Misbachul Munir. 2008. *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) Untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan dalam Tesis Program Studi Lingkungan*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- MuhayatunSantoso, et.al. *Peran Teknik Analisis Nuklir Dalam Kesehatan Lingkungan. Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan VI 15-16 Juni. 2010*. Jakarta : Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- M. Subekti, et.al. 2000. *Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Analisis Spektrum Gamma Hasil Aktivasi Neutron*. BATAN.
- M. Syamsa. 2002. *Pengembangan Spectrometer Sinar Gamma Dengan Sistem Identifikasi Isotop Radioaktif Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan*. Batan : Pusat Pengembangan Teknologi Informasi dan Komputasi.
- Noneng Dewi Zannaria, Dwina Roosmini, Muhayatun santoso. 2009. *Karakteristik Kimia Paparan Partikulat Terespirasi. Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir*

- Indonesia. Vol IX No.1 Februari 2009.ISSN 1411-3481. Hal 37-50. Bandung : Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri - BATAN.*
- Nurhayati, U. 2000. *Pemrogaman Dispersi Pencemaran Pertikulat (PM-10) Dari Sumber Titik Tunggal Kontinu Berdasarkan Persamaan Gauss*. Skripsi.Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan, ITS.
- Nurjana Ramadani. 2014. *Upaya Peningkatan Mutu Batubara Lignit Mengguakan Minyak Jelantah*. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Rita Mukhtar, et.al. 2014. *Kajian Baku Mutu Logam Berat di Udara Ambien Sebagai Bahan Masukan Lampiran PP 41/1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Ecolab Vol.8 No.1 hal 1-52*.Banten : PUSARPEDAL.
- Robert L. et.al. 2012. *Certificate of Analysis. Standard Reference Material 1648a. Urban Particulate Matter. National Institute of Standard and Technology.*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Roni Djokorayono dan Agus Cahyono. 2014. *Rancangan Dasar On-Line Analyzer Batubara Pada Belt Conveyor Dengan Teknik Aktivasi Neutron dalam Jurnal Perangkat Nuklir Volume 08. Nomor 01. Juni*. Batan : Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir.
- Shan Li, Shengli Guo, Xiao Huang, Tao Huang, Irshad Bibi. 2016. *Research on Characteristics of Heavy Metals (As, Cd, Zn) in Coal From Southwest China and Prevetion Method by Using Modified Calcium-Based Materials.Fuel 186 (2016) 714-725*. Elsevier.
- Shogo Suzuki. 1988. *The Development of Instrumental Neutron Activation Analysis For Enviromental Samples Analysis Edition 1* dalam M. Subekti, et.al. 2000. *Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Analisis Spektrum Gamma Hasil Aktivasi Neutron*.BATAN : Staf Pusat Teknologi Reaktor Riset.
- Speight, J.G. 1994. *The Chemistry and Technology of Coal, Marcel Dekker Inc. New York. 642 p.*
- Sri Murniasih dan Agus Taftazani. 2013. *Evaluasi Hg, Cd, Co, Cr dan As Dalam Sampel Produk Agroindustri Berdasarkan Keputusan BPOM dan ADI (Accept Daily Intake) dalam Jurnal IPTEK Nuklir Ganendra Vol. 16 No.1 Januari hal 26-37*. BATAN : PTAPB.

- Sri Widayati, et.al. 2010. *Penerapan Program Aplikasi Surfer di Bidang Pertambangan. MIMBAR, Vol. XXVI No.1* hal 43-58. Bandung : Fakultas Teknik Unisba.
- Sulistiyani. 2016. *Berbagai Potensi Polutan Abu Terbang (Fly Ash) Hasil Pembakaran Batubara Pada PLTU. Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY. Sinergi Pendidikan dan Penelitian Kimia Untuk Mendukung Pembentukan Karakter Mandiri dan Berprestasi di Era Global.*Yogyakarta : FMIPA UNY.
- Sunardi dan Darsono. 2010. *Kajian Awal Analisis Kualitatif Unsur Karbon (C) Dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Gamma Serentak dalam Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng dan DIY, Semarang 10 April* hal. 151-157. Yogyakarta : PTAPB BATAN.
- Tri Bambang L dan RS.Tedjasari.2007. *Pengukuran Dosis Iodineine Dalam Organ Thyroid Dengan Detektor NaI (TI).* Pusat Teknologi Limbah Radioaktif. BATAN.
- Upadhyay,Ankur, et.al.2007.Characterization and Utilization of Fly Ash.Orissa : Department of Mining Engineering National Institute of Technology Rour dalam Nono Agus Santoso, et.al. *Studi Komposisi , Morfologi Bulir Dan Suseptibilitas Mineral Magnetik Abu Ringan (Fly Ash) Sisa Pembakaran Batubara Pada PLTU PT. Ipmomi Paiton dan Pasaran.* Malang : Unversitas Negeri Malang.
- US EPA.1996. *Air Quality Criteria For Particulate Matter Vol. 1 EPA 600 /P-99 /0024.*
- Wardani. 2008. *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan.* Semarang : Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- WHO.2005. *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide.*World Health Organization.
- Wisnu Arya Wardhana. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkugan Dengan Kata Sambutan Menteri Negara Lingkungan Hidup /Kepala BAPEDAL.*Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Wisnu Susetyo. 1984. *Instrumentasi Kimia II : Spektrometri gamma.* Pusat Pendidikan dan Latihan Badan Tenaga Atom Nasional.

Xiaowei Liu, et.al. 2006. *Effect of Combustion Parameters on the Emission and Chemical Composition of Particulate Matter During Coal Combustion in Journal of Energy and Fuels* page 157- 162. China :Huangzhong University of Science and Technology.

