

Identifikasi Sumber Logam yang Terkandung pada SPM (*Suspended Particulate Matter*) di Kecamatan Paiton Kabupaten Probolinggo Dengan Aplikasi *Positive Matrix Factorization* (PMF)

Rizky Sofri Hanafi^{*)}, Badrus Zaman ^{**)}, Haryono S Huboyo^{**)}
Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
JL. Prof. H. Sudarto, S H Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275
email: rizkysofrih@gmail.com

Abstrak

Perkembangan Industri dan kegiatan manusia di Kecamatan Paiton yang sangat besar menyebabkan masalah lingkungan yang berbahaya yaitu, pencemaran udara yang disebabkan oleh *Suspended Particulate Matter*. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan sumber-sumber potensial pada SPM di Kecamatan Paiton. Penentuan sumber dilakukan dengan model reseptor yang dikeluarkan oleh EPA yaitu PMF v 5.0. sebelum melakukan analisa kontribusi sumber, pertama sampel SPM akan dikumpulkan dengan menggunakan HVAS di Kecamatan Paiton. Setelah itu sampel di analisa kandungan logam dengan menggunakan alat ICP-MS, dan barulah data input berupa data konsentrasi SPM beserta konsentrasi logam didalamnya, dan data ketidakpastian konsentrasi. Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi SPM, Kecamatan Paiton memiliki konsentrasi PM tertinggi dengan rata-rata konsentrasi 150,34 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, Berdasarkan hasil model PMF v 5.0. didapatkan 3 faktor sumber yang diyakini berkontribusi terhadap konsentrasi PM di tiga lokasi. Tiga faktor sumber tersebut ialah PLTU & garam laut (41,3%); Debu tanah, debu jalan, dan pembakaran biomassa (41,1%); serta kendaraan bermotor (17,6%).

Kata kunci: SPM, model reseptor, faktor sumber, PMF

Abstract

[*Identification of Metal Source in Suspended Particulate Matter at Paiton District Probolinggo Using Positive Matrix Factorization (PMF)*]. The enormous development of industry and human activities in Paiton Subdistrict caused dangerous environmental problems, specifically, air pollution caused by *Suspended Particulate Matter*. For this reason the aim of this research is to identify and determine potential sources of SPM in Kec. Paiton. Source determination has done by receptor models issued by EPA, namely PMF v 5.0. before analyzing source contributions, the first SPM sample will be collecting used HVAS in Paiton District. After that the sample is analyzed for metal content using the ICP-MS tool, and then the input data is in the form of SPM concentration data along with metal concentrations therein, and data on concentration uncertainty. Based on the measurement results of SPM concentration, Paiton district had the highest PM concentration with an average concentration of 150.34 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, Based on the results of the PMF model v 5.0. found 3 source factors which are believed to contribute to PM concentration. The three source factors are PLTU & sea salt (41.3%); Soil dust, road dust, and biomass combustion (41.1%); and motorized vehicles (17.6%).

Keywords: SPM, receptor model, source factor, PMF

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Kabupaten Probolinggo yang semakin meningkat menyebabkan peningkatan jumlah penduduk dan kegiatan di sekitar wilayah industri. Salah satu Kecamatan dengan jumlah industri yang cukup besar di Kabupaten Probolinggo adalah Kecamatan Paiton. Kecamatan Paiton memiliki industri dengan skala yang cukup besar yaitu pembangkit listrik, dan juga industri lainnya. Industrialisasi selain membawa manfaat bagi Kabupaten, juga membawa dampak yang cukup besar terhadap lingkungan, yaitu pencemaran udara. selain industri faktor lain yang dapat menyebabkan pencemaran udara adalah kendaraan bermotor, dan aktivitas manusia lainnya. Pencemar udara yang sangat berbahaya bagi kesehatan adalah *Suspended Particulate Matter* (SPM).

Suspended Particulate Matter (SPM) merupakan salah satu pencemar yang mempunyai dampak yang cukup besar, dan memiliki cakupan persebaran yang luas. Salah satu SPM yang banyak dikaitkan dengan masalah kesehatan ialah SPM dengan ukuran $\leq 10\mu\text{m}$ atau SPM (Biancofiore et al.,2007). Sebagian besar masyarakat belum mengetahui akan bahaya yang dihasilkan oleh particulate matter tersebut. Hal ini disebabkan karena particulate matter mempunyai ukuran yang sangat kecil dan sangat sulit dikenali, dan juga dapat tersuspensi dalam waktu yang lama dan jarak yang jauh di udara atmosfer.

Dalam mengamati sumber dan distribusi dari konsentrasi polutan di udara diperlukan suatu model untuk mempermudah proses manajemen kualitas udara. Metode ini disebut dengan istilah model reseptor atau source appointment. Salah satu model dari model reseptor adalah *Positive Matrix Factorization* (PMF).PMF menggabungkan dua data yaitu, data konsentrasi polutan yang terukur, dan data Uncertainty (data ketidakpastian) konsentrasi polutan yang terukur untuk kemudian diolah menjadi suatu bentuk estimasi jumlah faktor yang berkontribusi pada area studi pemantauan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Sampling

Lokasi pemantauan udara ambien dilakukan pada 1 titik pemantauan di Kecamatan Paiton dengan koordinat (LS $7^{\circ}43'47.24''$, BT $113^{\circ}32'22.27''$) yang berada di Kabupaten Probolinggo.

2.2 Pengambilan Sampel SPM

Pengambilan data sampel SPM pada bulan Juli-Agustus 2018 pada lokasi sampling di Kecamatan Paiton. Sampel diambil dengan filter jenis Quartz dan dipasangkan ke alat HVAS. Pengambilan sampel dilakukan selama 24 jam penuh selama 2 hari perbulan pada tiap lokasi, dimana pengambilan sampel SPM dengan HVAS mengacu pada SNI dengan metode gravimetri.

2.3 Pemantauan Kualitas Udara (arah dan kecepatan angin, Suhu, dan kelembaban udara)

Data kualitas udara didapatkan dengan mengukur langsung kualitas udara setiap satu jam sekali untuk kemudian dijadikan sebagai data meteorologi dalam menentukan faktor sumber.

2.4 Data kegiatan industri besar/ sedang di sekitar wilayah pemantauan

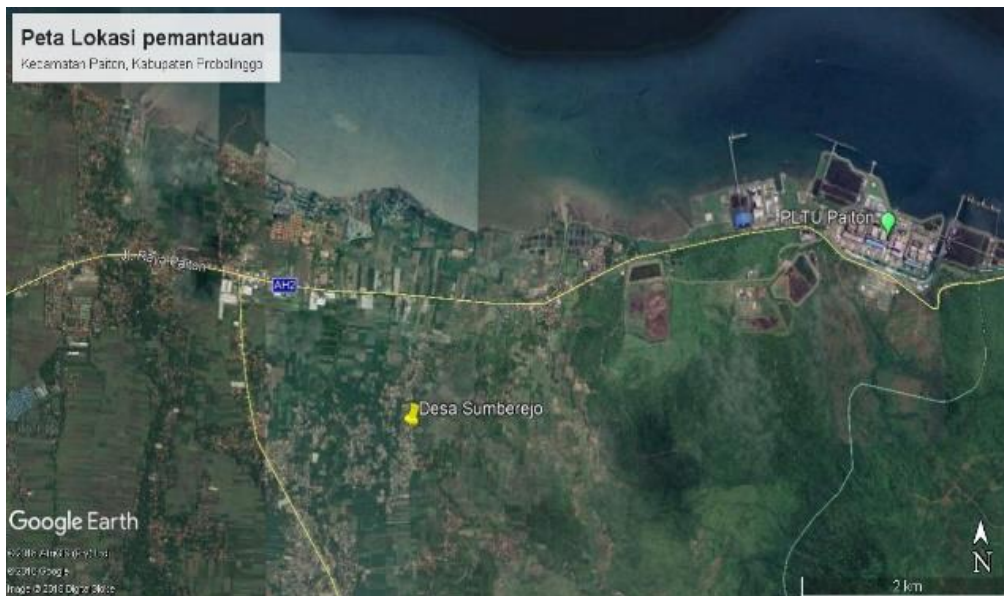
Data mengenai aktivitas industri didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur, peta tata guna lahan yang didapatkan dari bakosurtanal Provinsi Jawa Timur.

2.5 Konsentrasi Spesies Logam SPM

Konsentrasi spesies logam SPM di analisa dengan menggunakan alat ICP-MS, dimana spesies kimia yang akan diteliti adalah logam. Logam yang akan dideteksi adalah logam seperti As, Al,Cd, Sb, Hg, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Sn, Zn, K, V, Mo, Ag, Na. Hanya logam yang diteliti pada penelitian ini.

2.6 Pengolahan Data Dengan *Positive Matrix Factorization* (PMF)

Model reseptor merupakan pendekatan matematis yang digunakan untuk menghitung kontribusi sumber yang ada pada sampel



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

berdasarkan komposisi atau jejak pada sumbernya. Positive Matrix Factorization (PMF) adalah model analisa multivariate faktor yang menguraikan matriks sampel data menjadi 2 matriks, tairu faktor kontribusi (G) dan faktor profil (F). Faktor profil ini dibutuhkan untuk diinterpretasikan oleh pengguna untuk mengidentifikasi jenis sumber yang mungkin berkontribusi pada sampel menggunakan informasi pengukuran profil sumber, dan inventarisasi emisi yang keluar (Paatero and Tapper, 1994).

Hasil yang diperoleh dengan menggunakan sampel yang hilang dapat secara signifikan menghasilkan kontribusi sumber yang negatif. PMF menggunakan kedua konsentrasi sampel dan ketidakpastian yang disediakan pengguna terkait dengan data sampel ke beban poin individu. Untuk memaksimalkan peluang mencapai minimum global, model harus dijalankan 20 kali mengembangkan solusi dan 100 kali untuk solusi akhir, setiap kali dengan titik awal yang berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemantauan Konsentrasi SPM

Pemantauan konsentrasi SPM yang telah dilakukan di lokasi pemantauan pada bulan Juli-Agustus 2018 menghasilkan data konsentrasi aktual dari SPM. Pada Tabel 1. Akan diperlihatkan konsentrasi SPM dan juga data kelembaban dan suhu di Kecamatan Paiton.

Periode pengambilan I,II,III, dan IV di kecamatan Paiton dilakukan pada tanggal 21 Juli 2018, 22 Juli 2018, 29 Agustus 2018, dan 30 Agustus 2018.

Parameter	Periode Pengambilan				Satuan
	I	II	III	IV	
SPM (SPM)	171	182	154	94.8	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Kelembaban	66.5	64.4	64.4	66.1	%
Suhu	29.8	30.6	31	30.8	$^{\circ}\text{C}$

Tabel 1. Data Konsentrasi SPM dan data pendukung Lokasi Pemantauan.

Berdasarkan data diatas, pemantauan konsentrasi tertinggi untuk parameter SPM selama periode pemantauan adalah pada nilai konsentrasi sebesar 182 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pengambilan II (bulan Juli). Sedangkan untuk konsentrasi Bila dilihat, tiga periode pemantauan di Kecamatan Paiton tersebut telah melebihi baku mutu sesuai dengan PP No. 41 Tahun 1999 Tentang standar baku mutu udara ambien. Tinggi konsentrasi SPM tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor seperti kegiatan aktivitas manusia seperti penggunaan kendaraan bermotor, dan juga pembakaran sampah di sekitar rumah penduduk. Selain itu, suhu dan kelembaban udara di lokasi pemantauan juga berpengaruh terhadap tinggi rendahnya konsentrasi SPM. Ketika suhu berada pada keadaan rendah, maka kelembaban tinggi, sebaliknya jika suhu berada pada

keadaan tinggi, maka kelembaban akan rendah (Mutmainna,2015). Kelembaban udara berbanding lurus dengan konsentrasi partikulat diudara ambien, dimana bila kelembaban udara tinggi, maka konsentrasi partikulat di udara ambien semakin tinggi pula.

3.2 Indeks Kualitas Udara di Lokasi Pemantauan

Berdasarkan hasil pemantauan konsentrasi SPM yang telah dilakukan, tingginya nilai SPM dapat menimbulkan masalah khususnya kesehatan bagi masyarakat disekitar lokasi pemantauan. Untuk melihat seberapa bahaya nilai yang dihasilkan SPM. Kualitas udara yang rendah (ISPU tinggi) dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, antara lain infeksi saluran pernapasan, sesak napas, iritasi kulit, dan iritasi mata. Dampak buruk ini akan lebih nyata dijumpai pada para manula dan bayi. Dampak buruk dari ISPU yang tinggi juga dapat mengenai populasi orang sehat (Aditama,2000). Dalam menentukan nilai ISPU, diperlukan batas indeks pencemar udara satuan SI. Perhitungan ISPU SPM mengacu kepada Keputusan Kepala Bapedal No. 107 Tahun 1997.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai ISPU SPM didapatkan bahwa dari 4 periode pemantauan, 3 diantaranya berada pada kategori tidak sehat (100-200 indeks), dan 1 masih berkategori sedang. Kategori tidak sehat memiliki arti bahwa kualitas udara yang bersifat merugikan manusia dan hewan yang memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi.

3.3 Data Arah Angin dan Kecepatan Angin

Data arah dan kecepatan angin didapatkan dengan mengukur langsung di area sekitar area pemantauan (data primer). Pengukuran dilakukan dengan alat anemometer portable. Pengukuran dilakukan setiap 1 jam sekali selama waktu pemantauan untuk menentukan kecepatan angin dan arah angin. Data arah dan kecepatan angin digunakan untuk menentukan sumber-sumber SPM yang potensial diduga akan mempengaruhi konsentrasi SPM. Berikut ini adalah data kecepatan dan arah angin dominan di lokasi pemantauan.

Lokasi	Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin
Paiton	I	0,3-2,3	Ke Barat
	II	0,3-1,3	Ke Barat
	III	0,6-1,5	Ke Barat
	IV	0,4-1,5	Ke Selatan

Tabel 2. Data arah dan kecepatan angin di lokasi pemantauan

3.4 Komposisi Logam SPM

Seluruh sampel filter SPM yang telah dikumpulkan di area pemantauan Kecamatan Paiton. kemudian dilakukan analisa kandungan kimia dari sampel tersebut. Kandungan kimia yang dianalisa adalah kandungan kimia berjenis logam. Analisa elemental dilakukan kepada seluruh filter, untuk keseluruhan total elemen logam yang diuji berjumlah 27 elemen logam mulai dari logam Arsen (As) sampai dengan Selenium (Se). Proses analisa logam tersebut menggunakan alat ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) dengan menggunakan metode analisa *Compendium Method IO-3.4* yang dikeluarkan oleh US EPA.

Hasil dari analisa elemental logam kemudian dikumpulkan dalam konsentrasi $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan juga data simpangan bakunya (uncertainty) yang berhubungan dengan estimasi berdasarkan presisi analisa yang dipakai pada spesies logam SPM.

Parameter	Simbol	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Antimoni	Sb	0,00012 \pm 0
Timbal	Pb	0,00059 \pm 0
Merkuri	Hg	0,002 \pm 0,0014
Seng	Zn	0,005 \pm 0,0002
Natrium	Na	0,019 \pm 0,009
Kalium	K	0,0019 \pm 0,0007
Magnesium	Mg	0,0012 \pm 0,0006
Kalsium	Ca	0,010 \pm 0,002
Barium	Ba	0,003 \pm 0,0003
Vanadium	V	0,0012 \pm 0,0003
Krom	Cr	0,0012 \pm 0,0006

Parameter	Simbol	Konsentrasi ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Mangan	Mn	$0,012 \pm 0,003$
Besi	Fe	$0,003 \pm 0,0006$
Kobalt	Co	$0,0002 \pm 0$
Nikel	Ni	$0,0008 \pm 0,0004$
Tembaga	Cu	$1,75 \pm 0,61$
Perak	Ag	$0,0006 \pm 0,0001$
Alumunium	Al	$0,2 \pm 0,09$
Timah	Sn	$0,0005 \pm 0,0001$

Tabel 3. Konsentrasi Logam Sampel SPM

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa terdapat kandungan logam yang tidak terdeteksi dari jumlah kandungan logam yang di analisa. Dari total 27 kandungan logam yang dianalisa, hanya 19 kandungan logam yang terdeteksi. Hal ini dapat terjadi dalam analisa komposisi karena kandungan yang sangat bervariasi baik dalam jumlah maupun unsur yang ada didalamnya. Selain itu, kandungan lain seperti karbom elemental, karbon organik, dan elemen lainnya tidak terukur didalam penelitian ini karena keterbatasan alat dan metode analisa. Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa total logam yang terdeteksi pada massa partikel SPM berjumlah 1,35% dari total massa partikel SPM. Rata-rata komposisi kimia di dalam SPM didominasi oleh logam Cu sebesar $1,75 \pm 0,61 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Menurut Furujo (2007), tingginya nilai Cu dapat disebabkan oleh faktor emisi kendaraan (Vehicular Emission), dan juga debu jalan (road dust). Hal ini mungkin saja terjadi di lokasi pemantauan, mengingat jarak antara titik pemantauan dengan jalan raya Pantura yang cukup dekat sekitar 1 – 2 Km. Selain Cu, parameter yang memiliki konsentrasi cukup tinggi seperti Na, dan Ca. Menurut Crilley (2015), konsentrasi Na yang tinggi di sekitar wilayah pesisir dapat diakibatkan oleh sumber yang berasal dari laut (marine source) yang umumnya Na akan bereaksi dengan Cl dan menghasilkan garam laut. Sedangkan Ca, umumnya berasal dari debu jalan (road dust) atau debu yang tersuspensi kembali (resuspended dust) (Gugamsetty,2012).

3.5 Hubungan Massa dan Komposisi Logam SPM

Komposisi spesies logam SPM dari jangka waktu selama pemantauan dapat memberikan gambaran bahwa konsentrasi yang

dihasilkan pada tiap parameter didalam SPM sangatlah bervariasi. Untuk itu, dalam menentukan hubungan antar massa yang ada pada komposisi logam SPM dibutuhkan metode korelasi yang menghubungkannya. Metode korelasi yang digunakan adalah metode korelasi pearson, metode ini akan berbentuk matriks koefisien korelasi. Koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui kuat atau tidaknya hubungan antara variabel-variabel bebas dan variabel tidak bebas. Nilai koefisien korelasi berada diantara 1 dan -1 (Budiawati,2010).

Nilai koefisien korelasi tersebut memiliki rentan atau batas interpretasi. Untuk rentan nilai 0-0,199 memiliki arti hubungan yang sangat rendah, 0,2-0,399 mempunyai hubungan rendah, 0,4-0,599 memiliki hubungan sedang, 0,6-0,799 memiliki hubungan kuat, dan 0,8-1 memiliki hubungan yang sangat kuat.

Kemungkinan Sumber	Spesies Kimia	Referensi
Debu Tanah	Fe, Ca, Na, Mg, Mo, Al, K	Gugamsetty et al.,2012 Dennis et al.,2016
Pembakaran Biomassa	K, Cl, F	Zannaria, 2008
PLTU	Cr, Cd, Ni, V, Zn, Al, Ca, Mn, Ba, Fe, As, Co	Chen, 2017 Gugamsetty, 2012 Lestiani, 2015
Kendaraan bermotor	Pb, Cd, Fe, Cu, Sb, Hg, Ni, V	Furujo et al.,2007 Alam, 2015 Crilley, 2015
Garam Laut	Na, Mg	Crilley, 2015
Industri	Pb, Zn, Fe, Cu, Cd, Mn, Ni, Cr, Ce, V, Rb, Li, As	Zannaria, 2008

Tabel 4. Hasil Korelasi Kemungkinan Sumber

3.6 Karakterisasi Reseptor Model PMF terhadap SPM di Lokasi Pemantauan

Sumber SPM yang dimodelkan oleh PMF, didasari oleh adanya korelasi atau

hubungan yang kuat pada tiap unsur yang terdapat di dalam sampel. Model PMF dijalankan pada tiap masing-masing parameter SPM.

3.6.1 Kontribusi logam pada SPM

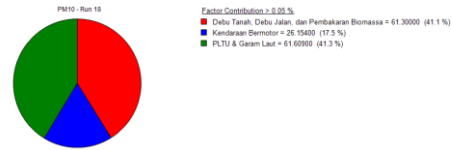
Berdasarkan hasil model yang telah dilakukan oleh PMF, maka didapatkan 3 faktor sumber yang dinilai memiliki pengaruh kontribusi terhadap parameter SPM di ketiga lokasi. Ketiga faktor sumber tersebut ialah Debu tanah, debu jalan, Pembakaran biomassa ; PLTU & Industri lainnya , garam laut ; dan kendaraan bermotor. Ketiga faktor tersebut ditentukan oleh unsur penanda yang mendominasi pada tiap-tiap faktor, sehingga mengindikasikan bahwa unsur tersebut berasal dari satu sumber.

Sumber 1 (Debu Tanah, debu jalan, dan pembakaran Biomassa) : Unsur penanda yang diindikasikan memiliki pengaruh terhadap penentuan faktor ini adalah K, Mg, Mn, dan Al. Faktor penanda ini memiliki nilai yang dominan terhadap faktor ini dengan nilai K (70,1%), Mg (72,2%), Mn (57,4%), dan Al (66,1%). Faktor sumber ini memiliki nilai kontribusi terhadap SPM sebesar 41,4%. Hal ini disebabkan karena banyaknya jalan di sekitar lokasi sampling yang berpasir dan bertanah sehingga menghasilkan debu yang cukup besar, selain itu adanya pembangunan di area pemantauan dengan jarak ± 200 meter kandungan Al menjadi tinggi (Crilley,2015).

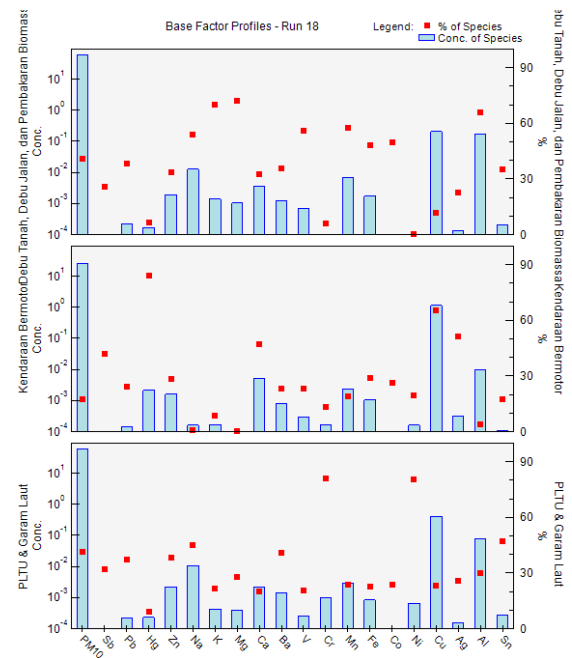
Sumber 2 (kendaraan bermotor) : Unsur penanda yang teridentifikasi pada faktor ini tidak beda jauh dengan unsur yang ada di Desa Banyuglugur, yaitu Ca, Hg, dan Cu. Masing-masing unsur penanda tersebut memiliki kontribusi terhadap faktor sebesar, Cu (65,1%), Hg (84,3%), dan Ca (47,3%). Faktor ini sendiri memiliki kontribusi terhadap SPM sebesar 17,5%. Hal ini disebabkan karena jarak antara jalan besar (Pantura) ke lokasi sampling yang lumayan jauh sekitar ± 2 km.

Sumber 3 (PLTU dan Garam Laut) : Unsur penanda pada faktor ini adalah Cr, Ni, Ba, Zn, dan Na. Cr dan Ba berasal dari fly ash PLTU yang tersebar (Crilley,2015). Sedangkan Na merupakan salah satu kontributor dari sumber garam laut (marine source). Unsur penanda yang dominan pada faktor ini memiliki nilai Cr (81,1%), Ni (80,5%), dan Zn (38,2%). Faktor ini memiliki nilai kontribusi terhadap SPM sebesar 41,3%. Hal ini disebabkan sebaran dari SPM

yang berasal dari PLTU yang dapat mencapai 10 km.



Gambar 2. Kontribusi Faktor Sumber SPM



Gambar 3. Komposisi Unsur pada Setiap faktor Sumber

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan uraian hasil dan pembahasan penelitian ini adalah :

- Konsentrasi pencemaran SPM rata-rata di Kecamatan Paiton sebesar $150,45 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Dengan 3 dari 4 periode pengambilan sampel berada diatas baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah. Unsur logam yang terkandung dalam konsentrasi SPM memiliki jumlah yang sangat bervariasi antar Desa yang dipantau. Dari 27 logam yang diuji, hanya 19 logam saja yang dapat terdeteksi oleh ICP-MS, unsur logam terbesar yang terkandung didalam SPM di tiga desa adalah Cu, Al, Mn, dan Ca.
- Berdasarkan hasil karakterisasi yang dilakukan oleh model reseptor PMF yang berasal dari data input berupa

konsentrasi sampel SPM selama pemantauan di bulan Juli – Agustus 2018, didapatkan bahwa faktor yang terdeteksi pada lokasi pemantauan di Kecamatan Paiton berjumlah tiga (3) faktor sumber. Faktor tersebut adalah Debu jalan, debu tanah, dan Pembakaran biomassa (41,4%); PLTU dan garam Laut (41,3%) ; serta kendaraan bermotor (17,5%).

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, T. Y. (2000). Impact of haze from forest fine to respiratory health : Indonesian experiences. *Respirologi*, 5(2), 169-174.
- Alam, Khan., et. Al. (2018). Source Apportionment and Characterization of particulate matter (PM10) in urban Environment of Lahore. *Aerosol and Air Quality Research*, 14: 1851-1861, 2014. ISSN: 1680-8584.
- Biancofiore, F., Busilacchio, M., Verdecchia, M., Tomassetti, B., Aruffo, E., Bianco, S., ... Di Carlo, P. (2017). Recursive neural network model for analysis and forecast of SPM and PM2.5. *Atmospheric Pollution Research*, 8(4), 652–659. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2016.12.014>
- Budiwati, Tuti, Budiyo, Afif., Setyawati, Wiwiek., Indrawati, Asri. (2010). Analisa Korelasi Pearson untuk unsur-unsur kimia air hujan di Bandung. *Jurnal Sains Dirgantara*, Vol 7, No. 2.
- Crilly, Leigh. R., et. Al. (2017). Source apportionment of fine and coarse particles at road side and urban background site in London during the 2012 Summer ClearLo Campaign. *Environmental Pollution*, 220, 766-778. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.002>
- Environmental Protection Agency (EPA). (2014). *Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health*. New York: U.S. Government Printing Office
- Gugamsetty, B., et. Al. (2012). Source Characterization and Apportionment of pm10, PM2,5, and PM0,1 by Using Positive Matrix Factorization. *Aerosol and Air Quality Research*, 12: 476 - 491. doi: 10.4209/aaqr.2012.04.0084
- Lestiani, D. D., Santoso, M., Kurniawati, S., Adventini, N., & Prakoso, D. A. D. (2015). Characteristics of Feed Coal and Particulate Matter in the Vicinity of Coal-fired Power Plant in Probolinggo, Central Java, Indonesia. *Procedia Chemistry*, 16, 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.12.044>
- Kepala Bapedal. (1997). Keputusan Kepala Bapedal Nomor 107 Tahun 1997 Tentang perhitungan dan pelaporan serta informasi indeks standar pencemar udara.
- Mokhtar, M. M., Hassim, M. H., & Taib, R. M. (2014). Health risk assessment of emissions from a coal-fired power plant using AERMOD modelling. *Process Safety and Environmental Protection*, 92(5), 476–485. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.05.008>
- Mutmainna, A. (2015). Analisis Tingkat Pencemaran Udara Pada Kawasan Industri Di Makassar. Laporan Tugas Akhir. Teknik Lingkungan Universitas Hassanudin, Makassar
- Presiden Republik Indonesia. (1999). Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, 178–202.
- Shamzani, A., M. (2013). Fine Particulate Matter (PM2,5) from Coal-fired Power Plant in Manjung and its health Impact. *Social and Behavioral Sciences*, 85 (2013), 92-99. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.08.341