
Hubungan Kadar PM2.5 dan PM10 Terhadap Keluhan *Dyspnea* Warga Desa Lakardowo, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur

✉ Rosa Masita As'ari

Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

ABSTRAK

Lingkungan merupakan salah satu ruang dimana manusia menjalankan aktivitasnya secara produktif setiap harinya. Aktivitas produktif masyarakat tentunya tidak lepas dari ketersediaan lingkungan yang nyaman dan bersih akan dapat menunjang aktivitas secara produktif. Lingkungan hidup yang nyaman juga akan mempengaruhi aspek-aspek kehidupan masyarakat seperti aspek ekonomi, kesehatan, sosial dan budaya. Lakardowo adalah sebuah desa di wilayah Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengetahui bagaimana hubungan kadar PM10 dan PM2.5 dengan keluhan *Dyspnea* bagi masyarakat Lakardowo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian observasional analitik dengan melakukan pengambilan sampel udara di halaman rumah warga dan wawancara menggunakan kuesioner. Berdasarkan hasil penelitian faktor resiko Kesehatan akibat paparan asap industri terutama *dyspnea* sangat berpengaruh terhadap Kesehatan anak-anak yang sangat masih rentan dan orang dewasa. Kenaikan dan penurunan konsentrasi PM2.5 dan PM10 dapat disebabkan oleh beberapa faktor meliputi arah mata angin dan ketinggian cerobong.

Kata kunci: Lakardowo, PM 2.5, PM 10, *Dyspnea*

Relationship Between PM2.5 dan PM10 Levels with Delaying *Dyspnea*
in Community of Lakardowo Village, Mojokerto Regency, East Java Province

ABSTRACT

The environment is a space where humans carry out their activities productively every day. People's productive activities certainly cannot be separated from the availability of a comfortable, clean environment that will be able to support productive activities. A comfortable living environment will also affect aspects of people's live such as economic, health, social and cultural aspects. The purpose of this study was to identify and determine how the relationship between PM10, PM2.5 levels with *dyspnea* complaints for the Lakardowo community. The method used in this research is an analytical observational study by taking air samples in the residents yards and questionnaires. Based on the results of research, health risk factors due to exposure to industrial smoke, especially *dyspnea*, greatly affect the health of children who are still very vulnerable and adults. The increase and decrease in the concentration of PM2.5, PM10 can be caused by several factors including the cardinal directions and the height of the chimney.

Keywords: Lakardowo, PM 2.5, PM 10, *Dyspnea*

PENDAHULUAN

Lingkungan merupakan salah satu ruang dimana manusia menjalankan aktivitasnya secara produktif setiap harinya. Aktivitas produktif masyarakat tentunya tidak lepas dari ketersediaan lingkungan yang nyaman dan bersih akan dapat menunjang aktivitas secara produktif. Lingkungan hidup yang nyaman juga akan mempengaruhi aspek-

aspek kehidupan masyarakat seperti aspek ekonomi, Kesehatan, sosial dan budaya. Lakardowo adalah sebuah desa di wilayah Kecamatan Jetis, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Pembangunan dari sektor industri yang setiap saat selalu meningkat secara terus-menerus dapat berpengaruh terhadap kualitas udara. Kualitas

✉ Corresponding author :
Address : Sidoarjo, Jawa Timur
Email : ochaacha@gmail.com

udara dipengaruhi oleh pencemaran udara, pencemaran udara disebabkan oleh sumber bergerak dan sumber tidak bergerak yang meliputi sektor transportasi, industri, dan domestik. Dampak dari polusi udara secara tidak langsung dapat menjadi penyebab kematian sekitar 4,3 juta kematian tiap tahunnya di negara berkembang yang terjadi akibat dari terpapar di luar ruangan (WHO, 2015).

Angka kematian akibat polusi udara oleh partikel padat dan ozon (O₃) yang terjadi di Indonesia di tahun 2010 sebesar 71.372 kematian, setelah itu meningkat kembali tahun 2016 sebesar 80.650 kematian (Ritchie, 2019). Faktor lain yang secara tidak langsung mempengaruhi pencemaran udara adalah tingkat kesadaran masyarakat yang rendah terhadap aktivitas mereka yang termasuk dalam mencemari udara juga (Simanjuntak, 2007). Tingginya konsentrasi zat polutan bisa disebabkan oleh aktivitas lingkungan sekitar rumah seperti kegiatan industri serta lalu lintas transportasi yang menghasilkan partikel PM10 dan PM2.5.

PM2.5 merupakan debu partikulat yang memiliki diameter aerodinamik 2.5µm yang dikumpulkan dengan 50% efisiensi oleh pengumpulan sampling PM2.5. Komposisi pembentuk PM2.5 terdiri dari sulfat, nitrat, *organic compounds*, *ammonium compounds*, *metal*, *acidic material*, dan bahan kontaminan lain yang dipercaya dapat memberikan efek buruk bagi Kesehatan. Sedangkan, PM10 didefinisikan sebagai debu partikulat yang memiliki diameter 10µm yang dikumpulkan dengan 50% efisiensi oleh pengumpulan sampling PM10. Partikulat ini termasuk kedalam tipe polutan karena dapat masuk kedalam saluran pernapasan yang lebih dalam. Fraksi utama partikel ukuran ini banyak bersumber dari industri. Sumber kontaminan debu partikulat berasal dari luar ruangan umumnya berasal dari emisi /gas buang kendaraan bermotor. Partikel tersebut umumnya memiliki ukuran 0.01-5 mikron. Partikel dengan ukuran lebih dari 50 mikron terdeposit pada jalanan. Selain itu faktor dalam ruangan yaitu aktivitas yang seperti memasak (Huboyo & Budiharjo, 2009), merokok, membakar sampah, dan

aktivitas lainnya yang dapat mempengaruhi konsentrasi PM10 dan PM 2.5 di dalam ruangan (Moon,, Fuchs, , Kogelschatz,, & Wanner,, 1995).

Konsentrasi PM2.5 dan PM10 yang bergerak bebas di udara dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia. Ukuran dari partikular yang sangat kecil dapat masuk dan menembus ke dalam organ manusia bahkan dapat menembus paru-paru serta mungkin dapat menembus ke aliran darah (Agency P. E., 2018). Efek PM2.5 terhadap saluran pernafasan terbukti berhubungan dengan insiden gejala pernafasan terutama batuk. Efek lain yang disebabkan oleh PM2.5 terhadap fungsi paru ditandai dengan adanya gangguan ventilasi yang menyebabkan menurunnya fungsi dari pengembangan paru dan gangguan obstruksi (lambatnya aliran udara di saluran nafas karena peningkatan mukus paru) (Azizah, 2019). Berbagai material yang terkandung didalam PM2.5 ini dapat menyebabkan berbagai gangguan saluran pernafasan seperti infeksi saluran pernafasan akut (ISPA), kanker paru-paru, kardiovaskuler, kematian dini, dan penyakit paru-paru obstruktif kronis (Novirsa *et al.*, 2012). PM2.5 dapat menembus pertahanan sistem saluran pernafasan melalui beragam mekanisme fisik antara lain sedimentasi, impaksi, difusi, intersepsi, dan presipitasi (Brown, 2015). Penelitian terkait efek Kesehatan akibat pencemaran udara di China menunjukkan adanya peningkatan kejadian kanker paru-paru dihubungkan dengan kandungan PAH didalam PM2.5 selama satu dekade terakhir. Leung *et al* (2014) menunjukkan tingkat insidensi kanker paru sebesar 1.6% (IR, 0.91-2.6%), melebihi IR tahunan sebesar 0.65×10⁵. PM2.5 yang masuk ke saluran pernafasan terdeposit dan juga dapat menyumbat alveolus hingga mengakibatkan kerusakan sel. Paparan PM2.5 pada jangka pendek atau jangka panjang dapat menyebabkan serangkaian gejala termasuk pernafasan seperti batuk, bersin dan *dyspnea* serta gejala lain seperti pusing, nyeri dada, mental dan perlambatan fisik (AH *et al.*, 2008).

Pemerintah telah membuat aturan terhadap sektor industri utama, yang harus bertanggung jawab atas pencemaran udara. Industri utama tersebut ialah industri petrokimia, industri pertambangan, industri produksi dan pengolahan seperti industri pengolahan limbah dan industri makanan. Industri wajib melakukan pengendalian pencemaran udara (PPU) sesuai dengan Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 dan Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999. Kualitas udara lingkungan yang buruk juga akan berdampak untuk kesehatan pernafasan masyarakat, gangguan pernafasan akan dialami oleh orang tua maupun anak atau balita yang berada di sekitar lingkungan industri pencemar yang memiliki kondisi kualitas udara yang buruk. Balita dan anak-anak memiliki proses bernafas yang lebih cepat dibandingkan orang dewasa, sehingga kemungkinan masuknya zat polutan yang ada di udara lebih besar. Partikulat yang terhirup masuk akan menyebabkan peradangan dan paparan polutan yang terlalu dini pada balita serta dapat menimbulkan kerusakan jaringan yang bersifat permanen sehingga meningkatkan resiko terjadinya gangguan pernafasan (Azhar *et al.*, 2015). Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengetahui hubungan kadar PM10 dan PM2.5 terhadap keluhan *dyspnea* warga Desa Lakardowo, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur yang sebagian besar khususnya petani yang *intens* berada di luar lingkungan rumah serta sawah yang dekat dengan industri pengolahan limbah.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah observasional analitik dengan melakukan pengambilan sampel udara pada halaman rumah warga menggunakan HTI HT-9600 *particle counter* dengan *passive sampling* selama 2 menit dengan 2 kali pengulangan dan kuisisioner wawancara. Penelitian dilakukan pada Maret 2022 di 3 lokasi yakni Dusun Kedung Palang, Sambi Gembol dan juga Sumber Wuluh, Desa Lakardowo, Kabupaten Mojokerto. Responden dipilih secara *random sampling*, dengan ketentuan rumah responden terletak dekat dengan industri.

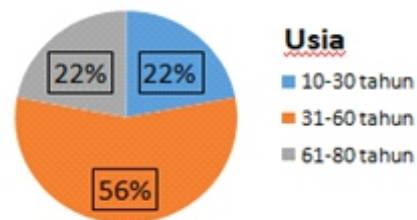
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden



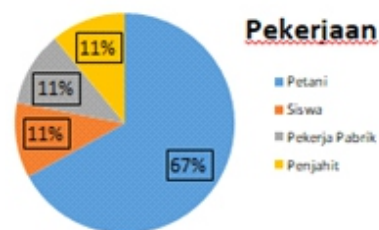
Sumber : Data Penelitian, 2022

Gambar 1
Jenis Kelamin Responden
Desa Lakardowo



Sumber : Data Penelitian, 2022

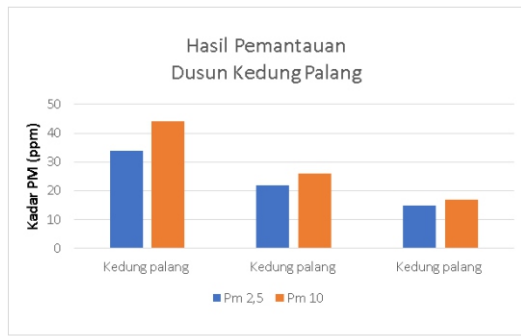
Gambar 2
Usia Responden Desa Lakardowo



Sumber : Data Penelitian, 2022

Gambar 3
Pekerjaan Responden Desa Lakardowo

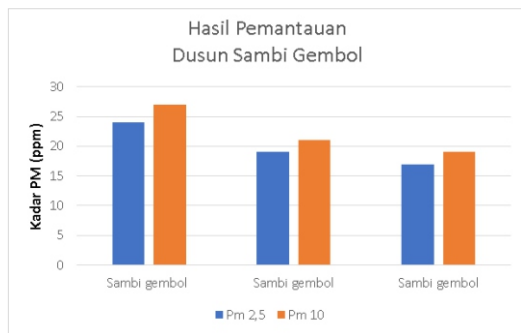
Responden yang menjadi objek penelitian sebanyak 3 orang masing-masing diambil dari 3 lokasi yakni Dusun Kedung Palang, Sambi Gembol dan juga Sumber Wuluh. Diketahui sebagian besar jenis kelamin responden laki-laki berjumlah 56% sedangkan responden perempuan berjumlah 44% yang ditunjukkan pada Gambar 1. Selain itu, karakteristik usia responden dominan pada usia 31-60 tahun sebesar 56%, lalu usia 10-30 tahun sebesar 22% dan yang terakhir usia 61-80 tahun sebesar 22% yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian pada karakteristik pekerjaan responden yang paling banyak adalah seorang petani sebanyak 67%, dan untuk persentase sama masing-masing 11% adalah siswa, 11% adalah pekerja pabrik dan juga 11% adalah penjahit.



Sumber : Data Penelitian, 2022

Gambar 4

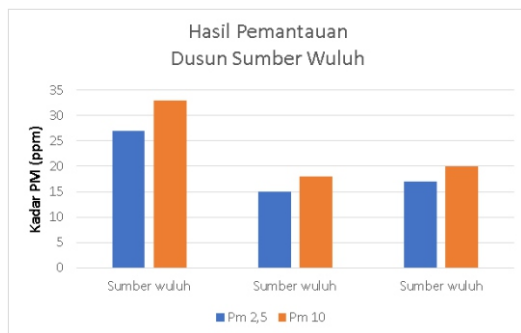
Kadar PM2,5 dan PM10 Dusun Kedung Palang



Sumber : Data Penelitian, 2022

Gambar 5

Kadar PM2,5 dan PM10 Dusun Sambil Gembol



Sumber : Data Penelitian, 2022

Gambar 6

Kadar PM2,5 dan Pm10 Dusun Sumber Wuluh

Pemantauan kadar PM2.5,PM10

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan pada halaman responden di siang hari, didapatkan data dari konsentrasi PM2.5 dan PM10 di masing-masing lokasi. Hasil pengukuran konsentrasi PM2.5 dan PM10 pada halaman responden di Dusun Kedung Palang ditunjukkan pada Gambar 4. 1 dari 3 responden teridentifikasi PM2.5 dan PM 10 yang nilai konsentrasinya tinggi. Nilai PM 2.5 teridentifikasi sebanyak 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, serta PM10 sebanyak 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Meskipun salah satu diantaranya memiliki nilai yang tinggi, namun ketiga responden terpantau me-

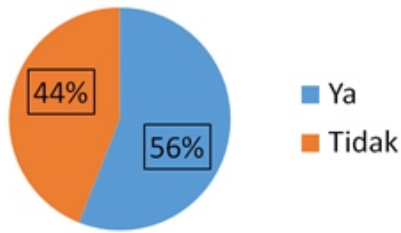
miliki nilai konsentrasi PM2.5 dan PM10 melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh WHO. Nilai baku mutu udara menurut WHO terkait konsentrasi PM2.5 adalah 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan PM10 adalah 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hasil pengukuran konsentrasi PM2.5 dan PM10 halaman responden di Dusun Sambi Gembol ditunjukkan pada Gambar 5. 1 dari 3 responden teridentifikasi PM2.5 dan PM 10 yang nilai konsentrasinya tinggi. Nilai PM 2.5 teridentifikasi sebanyak 24.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ serta PM10 sebanyak 27.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Meskipun salah satu diantaranya memiliki nilai yang tinggi, namun ketiga responden terpantau memiliki nilai konsentrasi PM2.5 dan PM10 melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh WHO.

Hasil pengukuran konsentrasi PM2.5 dan PM10 halaman responden di Dusun Sumber Wuluh ditunjukkan pada Gambar 6. 1 dari 3 responden teridentifikasi PM2.5 dan PM 10 yang nilai konsentrasinya tinggi. Nilai PM 2.5 teridentifikasi sebanyak 22.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ serta PM10 sebanyak 33.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Meskipun salah satu diantaranya memiliki nilai yang tinggi, namun ketiga responden terpantau memiliki nilai konsentrasi PM2.5 dan PM10 melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh WHO.

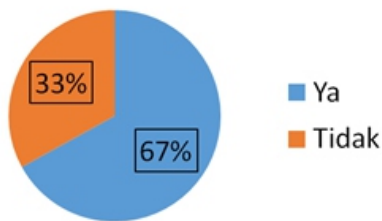
Hasil pemantauan konsentrasi PM2.5 dan PM10 pada seluruh responden diketiga dusun memiliki nilai konsentrasi PM2.5 dan PM10 yang telah melebihi baku mutu WHO yakni PM2.5 sebanyak 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan PM10 sebanyak 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Selain itu, pada hasil pemantauan konsentrasi PM2.5 dan PM10 ketiga dusun memiliki perbedaan konsentrasi. Rata-rata konsentrasi Dusun Kedung Palang pada PM2.5 sebanyak 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan PM10 sebanyak 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rata-rata konsentrasi Dusun Sambi Gembol pada PM 2.5 sebanyak 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan PM10 sebanyak 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Rata-rata konsentrasi di Dusun Sumber Wuluh pada PM2.5 sebanyak 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan PM10 sebanyak 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Perbedaan tersebut diakibatkan lokasi penelitian yang berbeda juga sehingga konsentrasi PM2.5 dan Pm10 berbeda. Dusun Kedung Palang memiliki nilai konsentrasi PM2.5 dan Pm10 yang tinggi dibandingkan dusun lainnya dikarenakan lokasi Dusun Palang yang lebih dekat dengan sumber pencemar yakni industri pengolahan limbah yang hanya berjarak \pm 485 sedangkan lokasi Dusun Sambi Gembol terletak \pm 559 m dan lokasi Dusun Sumber Wuluh terletak \pm 703 m.

Sesak Nafas



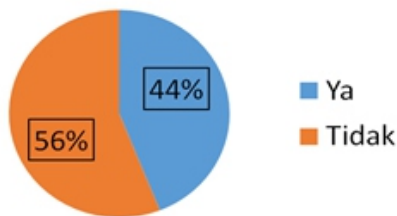
Sumber : Data Penelitian, 2022
Gambar 7
 Persentase Keluhan Sesak Nafas

Kulit Gatal



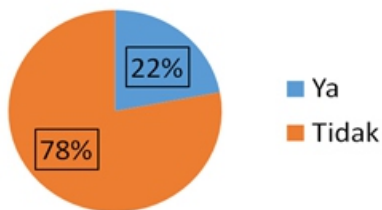
Sumber : Data Penelitian, 2022
Gambar 8
 Persentase Keluhan Kulit Gatal

Iritasi Mata



Sumber : Data Penelitian, 2022
Gambar 9
 Persentase Keluhan Iritasi Mata

alergi dengan debu



Sumber : Data Penelitian, 2022
Gambar 10
 Persentase Keluhan Alergi Debu

Perbedaan nilai konsentrasi PM2.5 dan PM10 ditengarai juga dari kecepatan angin. Angin mengakibatkan suatu zat dapat berpindah tempat dari satu tempat ke tempat lainnya. Kecepatan angin dipengaruhi oleh tekanan udara dan asal dari arah kecepatan angin tersebut sebagai faktor pendorong (Ancilla, 2014). Pada suatu tempat yang letak dekat dengan sumber pencemar dan kecepatan angin yang tinggi maka akan lebih cepat membawa polutan tersebut jauh dari asal sumbernya dan sebaliknya itu, bila kecepatan angin itu rendah maka polutan di sumbernya dapat berlangsung lebih lama di daerah yang tercemar. Arah mata angin juga dapat menentukan daerah sebagai penerima *disperse* zat (Puspitasari, 2011).

Analisa Gangguan Kesehatan

Wawancara keluhan kesehatan dilakukan terhadap 9 orang responden di halaman rumahnya yang dekat dengan cerobong asap industri pencemar. Hasil wawancara terkait keluhan sesak nafas ditunjukkan pada Gambar 7 yang mana sebanyak 56% dari responden mengeluhkan mengalami sesak nafas. Hasil wawancara terkait keluhan kulit gatal ditunjukkan pada Gambar 8 yang mana sebanyak 67% responden mengeluhkan mengalami kulit gatal. Hasil wawancara terkait keluhan iritasi mata ditunjukkan pada Gambar 9 yang mana sebanyak 44% mengeluhkan mengalami iritasi mata. Hasil wawancara terkait keluhan alergi dengan debu ditunjukkan pada Gambar 10 yang mana sebanyak 78% mengeluhkan mengalami alergi debu. Berdasarkan hasil dan wawancara kepada narasumber yang mengalami berbagai keluhan tersebut mereka mengungkapkan bahwa keluhan yang dialami mereka sejak berdirinya industri pencemar dan pada saat beroperasi menimbulkan asap hitam. Berdasarkan hasil rata-rata partikel PM2,5 yang dihasilkan pada setiap dusun memiliki jumlah sebanyak 20-24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang mana jika dibandingkan dengan Tabel 1 yakni efek kadar PM2.5 ke kesehatan manusia, menunjukkan bahwa gangguan pernapasan akan muncul oleh manusia yang berada di lingkungan dengan kadar PM2,5 12,1 - 35,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sehingga korelasi keluhan yang didapat dari hasil pemantauan beserta keluhan kesehatan dari narasumber berpotensi ada kesinambungan.

Tabel 1
Identifikasi bahaya PM2.5 terhadap kesehatan manusia

Level PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Efek Kesehatan
0 - 12	Tidak ada risiko
12,1 - 35,4	Individu sensitif kemungkinan mengalami gejala pernapasan
35,5 - 55,4	Meningkatnya gejala pernapasan, penyakit jantung & paru-paru
55,5 - 150,4	Meningkatnya risiko penyakit jantung, kematian dini bagi penderita kardiopulmoner dan meningkatkan risiko pernapasan populasi umum
150,5 - 250,4	Peningkatan signifikan memburuknya penyakit jantung, paru - paru, kematian dini penderita kardiopulmoner & meningkatnya risiko pernapasan populasi umum
250,5 - 500,4	Risiko kematian dini, penyakit jantung & paru - paru, populasi umum terancam efek penyakit pernapasan serius

Sumber : US-EPA, 2014

Sistem pernapasan memang memiliki beberapa sistem pertahanan yang mencegah masuknya partikel ke dalam paru-paru, baik polutan berbentuk padat maupun cair. Bulu hidung mencegah masuknya partikel berdimensi besar, sedangkan partikel dengan dimensi yang lebih kecil akan dicegah masuk oleh membran mukosa yang terdapat di sepanjang sistem pernapasan dan merupakan permukaan dimana partikel akan melekat. Namun partikel yang masuk dan tinggal dalam paru-paru berpotensi menimbulkan bahaya kesehatan karena bisa jadi memiliki racun karena sifat kimia dan fisiknya. Partikel bersifat *inert* (tidak bereaksi) namun jika berada di saluran pernapasan dapat mengganggu pembersihan bahan-bahan lain yang berbahaya, dan partikel kemungkinan membawa molekul-molekul gas yang berbahaya juga (Irianto, 2014). Gangguan fungsi paru dengan prevalensi tinggi dapat terjadi kepada anak-anak, diikuti remaja dan dewasa (Guo, et al., 2019).

Aktivitas warga di luar ruangan dalam jangka waktu yang lama dapat memberikan risiko pajanan PM2.5 yang lebih tinggi. Berdasarkan karakteristik responden yang dominan adalah berprofesi menjadi petani, maka mereka juga sangat mudah terpapar terlebih dalam bekerja di luar ruangan pada jangka waktu lebih dari 6 jam dan sangat berdekatan dengan sumber polutan udara (Rahmadini & Haryanto, 2020). Orang yang terkena langsung polutan (terpapar) oleh konsentrasi PM2.5 dalam waktu yang lama memiliki risiko 1.174 kali lipat dapat mengalami gangguan kesehatan dibandingkan dengan orang yang minim kontak langsung dengan polutan PM2,5 (Arba, 2019). Bila masyarakat terkena paparan polutan secara

langsung dan berlangsung lama maka dapat menyebabkan batuk, sakit tenggorokan, bronkitis akut, kronik asma, *pneumonia* dan yang lebih parah dapat terkena kanker paru (Getrudis, 2010).

Penelitian hubungan kadar PM2.5 dan PM10 terhadap keluhan kesehatan pada warga Desa Lakardowo, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur perlu dikembangkan lagi untuk mengetahui seberapa parah paparan dan lamanya paparan tersebut yang dapat mengancam kesehatan warga.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat tiga Dusun yang menjadi sasaran penelitian, area yang memiliki dampak udara yang tidak aman karena hasil dari industri ialah terletak di dusun Kedung Palang. Faktor resiko kesehatan akibat paparan asap industri terutama dyspnea sangat berpengaruh terhadap kesehatan anak-anak yang sangat masih rentan dan orang dewasa. Kenaikan dan penurunan konsentrasi PM2.5 dan PM10 dapat disebabkan oleh beberapa faktor meliputi arah mata angin dan ketinggian cerobong. Area berisiko terbesar terdapat pada area yang lebih dekat dengan sumber industri pencemar.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Terimakasih kepada ECOTON yang turut banyak membantu dalam berlangsungnya penelitian PM2.5 dan PM10 di Desa Lakardowo
2. Terimakasih kepada yang turut serta dalam penelitian PM2.5 dan PM10 di Desa Lakardowo

DAFTAR PUSTAKA

- Agency, P. E. (2018). Particulate Matter (PM) Pollution.
- AH, A., AV, D. R., & JT, D. (2008). Associations between recent exposure to ambient fine particulate matter and blood pressure in the Multiethnic study of Atherosclerosis (MESA). *Environ Health Perspect*, 1(1), 91-116.
- Ancilla, L. (2014). PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF TERHADAP. *Journal ITB*, 1-85.
- Arba, S. (2019). Konsentrasi Respirable Debu Particulate Matter (PM 2.5) dan Gangguan Kesehatan pada Masyarakat di Pemukiman Sekitar PLTU. *Promot J Kesehatan Masyarakat*, 9(V):178-84.
- Azhar, K., Dharmayanti, I., & Mufida, I. (2015). Kadar Debu Partikulat (PM_{2,5}) dalam Rumah dan . *Media Litbangkes*, Vol. 26 No. 1, 45-52.
- Azizah, I. (2019). Analysis The Level Of PM_{2,5} And Lung Function Of Organic Fertilizer Industry Workers In Nganjuk. . *JKesehat Lingkungan*, 11(2):141.
- Brown, J. S. (2015). Deposition of Particles. *In Comparative Biology of the Normal Lung*, II(1), 513-536.
- Getrudis, T. (2010). Hubungan antara kadar partikulat (PM₁₀) udara rumah tinggal dengan kejadian ISPA pada balita di sekitar pabrik semen PT. Indocement, Citereup tahun 2010 (Pascasarjana Tesis). *Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia, Depok*, 1.
- Guo, C., Hoek, G., Chang, L., Bo, Y., Lin, C., & Huang, B. (2019). Long-term exposure to ambient fine particulate matter (Pm_{2:5}) and lung function in children, adolescents, and young adults: A longitudinal cohort study. *Environ Health Perspect*, 127(12):1-9.
- Huboyo, S. H., & Budiharjo, A. M. (2009). Pengukuran konsentrasi PM₁₀ pada udara dalam ruang (Studi kasus: dapur rumah tangga berbahan bakar kayu dan minyak tanah). *Lingkungan Tropis*, 105-114.
- Irianto, K. (2014). *Ekologi Kesehatan. Bandung, Alfabeta*.
- Leung, P. Y., Wan, H. T., Billah, M. B., & Cao, J. J. (2014). Chemical and biological characterization of air particulate matter 2.5. *Enviromental Pollution*, 1(1), 188-195.
- Moon,, C., Fuchs, , A., Kogelschatz,, D., & Wanner,, -U. H. (1995). Comparison of indoor and outdoor concentrations of PM-10 and PM_{2.5}. *Journal of Aerosol Science*, S515-S516.
- Novirsa, R., Achmadi, U. F., & Mufida. (2012). Analisis Risiko Paparan PM_{2,5} di Udara Ambien Siang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional Vol. 7, No. 4, 7(1)*, 173-179.
- Puspitasari, I. Y. (2011). Perkembangan Gumuk Pasir dan Perubahan penggunaan tanah di gumuk pasir pantai Parangtritis Daerah Istimewa Yogyakarta. *Journal Universitas Indonesia*, 1-67.
- Rahmadini, A., & Haryanto, B. (2020). Dampak Paparan Particulate Matter 2.5 (PM_{2.5}) terhadap gejala Penyakit Paru Obstruktif (PPOK) Kronis Eksaserbasi Akut pada Pekerja di Pelabuhan Tanjung Priok 2018. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Glob.*, 1(1):17-26.
- Ritchie, R. H. (2019). *Mental Health. Our World in Data*.
- Simanjuntak, A. G. (2007). Pencemaran Udara. *Buletin LIMBAH Vol.11 No.1 2007*, 34-40.
- US-EPA. (2014). *Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health*.
- WHO. (2015). *Exposure to Air Pollution. A Major Public Health Concern*, 1-121.