

LITERATURE REVIEW: KUALITAS UDARA DI KAWASAN INDUSTRI DI BERBAGAI LOKASI DI INDONESIA

Meilya Dwi Safira^{1*}, Achmad Syafiuddin², Abdul Hakim Zakkiy Fasya³, Budhi Setianto⁴

^{1,2,3,4}Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

*Email Korespondensi : meilyadwisafira123@gmail.com

Info Artikel	ABSTRACT
<p>Masuk: 04 Agustus 2022 Revisi: 19 November 2022 Diterima: 04 Desember 2022</p> <p>Keywords: Air quality, industrial area, air pollutant</p> <p>Kata kunci: Kualitas udara, kawasan industri, polutan udara</p> <p>P-ISSN : 2407 - 2664</p>	<p><i>One of the contributors to air pollutants in Indonesia is the production process in the industry, Indonesia is ranked 1st in Southeast Asia with an average PM 2.5 of 40.8 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). So this research was made to review the results of air quality research in industrial areas that have been carried out in various locations in Indonesia. The method used in this paper is a literature review. The database used is Google Scholar and through the screening stage, a total of 25 articles are obtained that discuss the topic of discussion. The results of the study show that 6 industries from 2017-2021 have concentrations that exceed the ambient air quality standards, namely the industry in Bandung Regency, the 'X' cement industry in Cilegon-Banten, the Sidoarjo tofu industry, the Jombang aluminum smelting industry, the cooking oil industry, and Gresik industrial area. Types of air pollutants in industrial areas, in general, are PM2.5, PM10, TSP, CO2, NO2, NOX, SO2, NH3, and dust. The impact of air pollutants on public health can lead to a decrease in the quality of the tear film mucin layer, impaired lung function (restrictions), and respiratory tract complaints (difficulty breathing, coughing and fever accompanied by a runny nose). Air pollution control in industrial areas uses a green belt design, using a venturi-type wet scrubber control device. This study concluded that there were 8 industrial locations in various locations in Indonesia that were studied.</i></p> <p>ABSTRAK</p> <p>Salah satu penyumbang polutan udara di Indonesia adalah dari proses produksi di industri didapatkan Indonesia menduduki peringkat 1 Asia Tenggara pada rata-rata PM 2,5 sebesar 40,8 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Maka penelitian ini dibuat bertujuan untuk mereview hasil penelitian kualitas udara di kawasan industri yang telah dilakukan di berbagai lokasi di Indonesia. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah <i>literature review</i>. Database yang digunakan adalah <i>google scholar</i> dan melalui tahap <i>screening</i> didapatkan total 25 artikel yang membahas sesuai topik pembahasan. Hasil penelitian terdapat 6 industri dari tahun 2017-2021 memiliki konsentrasi yang melebihi melebihi baku mutu udara ambien, yaitu industri di Kabupaten Bandung, industri semen 'X' di Cilegon-Banten, industri tahu Sidoarjo, industri peleburan aluminium Jombang, industri minyak goreng, dan kawasan indsutri Gresik. Jenis polutan udara di kawasan industri pada umumnya adalah PM_{2,5}, PM₁₀, TSP, CO₂, NO₂, NO_x, SO₂, NH₃, dan debu. Dampak polutan udara terhadap kesehatan masyarakat dapat mengakibatkan penurunan kualitas lapisan musin <i>tear film</i>, gangguan faal paru (retriksi), keluhan saluran pernapasan (susah bernapas, batuk dan panas disertai pilek). Pengendalian pencemaran udara di kawasan industri menggunakan rancangan <i>green belt</i> (sabuk pengaman hijau), menggunakan alat pengendali <i>wet scrubber</i> jenis venturi. Kesimpulan pada penelitian ini didapatkan 8 lokasi industri di berbagai lokasi di Indonesia yang diteliti.</p>

PENDAHULUAN

Kualitas udara di Indonesia masih cukup tinggi dilihat dari laporan *world air quality report region & city PM_{2,5} ranking 2020* menunjukkan bahwa Indonesia menduduki peringkat 1 negara dengan konsentrasi PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) paling tinggi di Asia Tenggara dengan kategori tidak sehat

bagi orang yang sensitif terhadap kualitas udara yang kurang baik dengan rata-rata PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sebesar 40,8 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dan kategori kota-kota regional paling terpolusi di Asia Tenggara berada di Tangerang, Indonesia menduduki peringkat 1 kota regional paling terpolusi di Asia Tenggara dengan kategori tidak sehat dengan rata-

rata $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sebesar 74,9 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Engel, 2021). Polusi udara di negara berkembang lebih serius akibat jumlah penduduk berlebih, urbanisasi yang tidak terkontrol, serta perkembangan industrilisasi. Kegiatan industri yang berkembang pesat menyebabkan peningkatan konsumsi energi yang secara tidak langsung dapat menimbulkan pencemaran udara.

Polutan udara yang biasa ditemui pada kawasan industri adalah debu, nitrogen dioksida (NO_2), sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), dan hidrokarbon (HC) (Helmy, 2019). Partikel tersuspensi di udara ambien mempunyai beragam ukuran, dikelompokkan menjadi Total Suspended Particel (TSP) berukuran hingga 100 mikron, PM_{10} (partikel dengan ukuran <10 mikron) dan $PM_{2,5}$ (partikel dengan ukuran < 2,5 mikron) (Duppa et al., 2020).

Pada industri semen 'X' Kota Cilegon-Banten terdapat kadar debu PM_{10} di ruang pengepakan sebesar 1002,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan di ruang pembuatan kantong semen sebesar 142,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kadar debu PM_{10} tersebut memberikan dampak gangguan saluran pernapasan terhadap para pekerja. Tinggi kadar debu yang mengakibatkan gangguan saluran pernapasan dipengaruhi oleh suhu, kelembaban udara dan kondisi sirkulasi udara yang sebagian kondisi ruangan yang tertutup (Ferial et al., 2021). Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di industri semen Padang yang ditemukan konsentrasi debu pada daerah lokasi terpajan sebesar 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan tidak terpajan sebesar 53,50 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Didapatkan gejala terbanyak yaitu sesak nafas dan gangguan fungsi paru terbanyak dari kedua lokasi terpajan dan tidak terpajan adalah restriksi (Citra et al., 2018).

Dapat diketahui bahwa penelitian kualitas udara di industri di berbagai lokasi

banyak di lakukan dan penelitian tentang pengaruh kualitas udara terhadap kesehatan juga banyak dilakukan di berbagai lokasi. Oleh karena itu akan dilakukan *review* artikel yang membahas tentang kualitas udara di kawasan industri terhadap kesehatan masyarakat di berbagai lokasi di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian yaitu *literature review*. Sumber artikel berasal dari *Google scholar*. Terdapat tahapan *screening* dalam memilih artikel yang terdiri dari 3 tahap yaitu *screening 1* memilih artikel berbayar dan tidak berbayar, *screening 2* mereview judul dan abstrak, *screening 3* mereview latar belakang, metode, hasil dan pembahasan. Ditemukan artikel sebanyak 25 artikel yang sesuai.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Keberadaan Lokasi Industri di Indonesia yang Diteliti

Dari 34 provinsi di indonesia ditemukan 8 provinsi yang telah dilakukan penelitian sesuai dengan artikel terkait kualitas udara di kawasan industri yaitu: Jawa Barat, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, D.I. Yogyakarta, Sumatera Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Banten.

Konsentrasi dan Jenis Polutan Udara di Kawasan Industri di Berbagai Lokasi di Indonesia

Data tabel 1 menjelaskan bahwa di berbagai kawasan industri terdapat berbagai hasil analisis konsentrasi dan jenis polutan udara yang didapat dari berbagai macam industry. Penelitian yang dilakukan di PT semen Bosowa di Kabupaten Maros. Hasil temuan yang didapat menunjukkan konsentrasi $PM_{2,5}$ berkisar antara 11,30-20,92 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Tabel 1. Konsentrasi dan Jenis Polutan Udara Industri di Berbagai Lokasi di Indonesia

No	Lokasi	Metode	Hasil	Referensi
1.	Industri semen Bosowa Kabupaten Maros	Observasi analitik	Konsentrasi PM _{2,5} tertinggi sebesar 20,92 µg/m ³ , terendah sebesar 11,30 µg/m ³ dan rata-rata konsentrasi PM _{2,5} sebesar 15,4 µg/m ³ .	(Duppa, et al., 2020)
2.	Industri PT. Semen Tonasa	observasional dengan pendekatan deskriptif.	Konsentrasi CO berada pada rentang 504,04 – 2334,56 µg/m ³ . Konsentrasi TSP berada pada rentang 30,35 – 163,89 µg/m ³ .	(Anwar, et al., 2019)
3.	PT. Semen Padang	<i>Cross sectional</i> terhadap daerah terpajan dan tidak terpajan	Tingkat kadar debu di daerah terpajan sebesar 150 µg/Nm ³ dan daerah tidak terpajan sebesar 53,50 µg/Nm ³ .	(Citra, et al., 2018)
4.	Kawasan industri SIER Surabaya	NREL (<i>National Renewable Energy Laboratory</i>) USA	Total beban emisi SO ₂ sebesar 382,48 ton/tahun dan NO _x sebesar 155,32 ton/tahun.	(H & Kusuma, 2017)
5.	Daerah industri, semi industri, non industri di kabupaten Bandung	Gravitmetri.	Konsentrasi rata-rata PM ₁₀ di daerah industri sebesar 201 µg/m ³ , daerah semi-industri konsentrasi PM ₁₀ rerata sebesar 74 µg/m ³ dan daerah non-industri konsentrasi PM ₁₀ rerata sebesar 38 µg/m ³ .	(Novianti & Sumeru, 2020)
6.	Pabrik peleburan aki bekas di Tangerang dan Bekasi	APHA 2012 dengan menggunakan AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i>)	Didapatkan rata-rata konsentrasi timbel (Pb) di kawasan industri Kadu Manis Tangerang sebesar 20,37 mg/kg dan rata-rata konsentrasi timbel di kawasan industri Jababeka Bekasi sebesar 17,52 mg/kg.	(Fauzi, et al., 2019)
7.	Industri di Karang Pilang Surabaya	NREL	Beban emisi SO ₂ sebesar 247,45 ton/tahun dan NO _x 99,56 ton/tahun.	(H & Kusuma, 2017)
8.	Industri kayu lapis di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan Sleman, D.I Yogyakarta	Pararosanilin menggunakan spektrofotometer.	Rerata konsentrasi SO ₂ bulan oktober pada lokasi titik 1 dan 2 sebesar 4,919 µg/Nm ³ dan 5,228 µg/Nm ³ . Bulan November titik 1 dan 2 sebesar 4,413 µg/Nm ³ dan 4,281 µg/Nm ³ . Bulan Desember titik 1 dan 2 sebesar 3,878 µg/Nm ³ dan 3,866 µg/Nm ³ .	(Sari, 2017)
9.	Industri kayu lapis di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan Sleman, D.I Yogyakarta	Metode Griess Saltzman menggunakan spektrofotometer.	Hasil pada NO ₂ bulan oktober di titik 1 dan titik 2 sebesar 0,472 µg/Nm ³ dan 0,329 µg/Nm ³ . Bulan November di titik 1 dan 2 sebesar 0,349 µg/Nm ³ dan 0,222 µg/Nm ³ . Bulan Desember di titik 1 dan 2 sebesar 0,498 µg/Nm ³ dan 0,249 µg/Nm ³ .	(Ramadhani, 2017)
10.	Kawasan Industri Medan	Sampling SO ₂ menggunakan alat <i>midget impinger</i> .	Konsentrasi SO ₂ terendah adalah 58,63 µg/m ³ dan konsentrasi tertinggi SO ₂ adalah 112,91 µg/m ³ .	(Iramawati, 2017)
11.	Industri peleburan aluminium di Kab Jombang	Gravimetric	Hasil konsentrasi PM 2,5 maksimal sebesar 0,071 mg/m ³ .	(Oktaviana, 2019)
12.	Kawasan industri Gresik	Polutan udara diukur menggunakan metode <i>gravimetri</i>	Konsentrasi debu di 3 titik lokasi kawasan industri Gresik berturut-turut adalah 0,8614 mg/Nm ³ , 0,8134 mg/Nm ³ , 0,01767 mg/Nm ³ .	(Helmy, 2019)
13.	Industri semen X, Kota Cilegon-Banten	<i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS)	Kadar debu PM 10 di ruang pengepakan semen 1002,3 µg/m ³ , di ruang pembuatan kantong semen 142,1 µg/m ³ .	(Ferial, et al., 2021)
14.	Industri semen Bogor	Model Gauss	Konsentrasi debu sebesar 13,16 µg/Nm ³ , SO ₂ sebesar 32,69 µg/Nm ³ , 100,21 µg/Nm ³ .	(Dewi, et al., 2017)
15.	Industri kertas di Jawa Barat		Estimasi kadar merkuri (Hg) dalam udara yang dibuang ke lingkungan maksimum sebesar 0,0205 mg/Nm ³ (20,5 µg/Nm ³)	(Setiawan, 2017)
16.	Industri peleburan aluminium di Kab.Jombang	<i>Hight Volume Air Sampler</i> (HVAS)	Konsentrasi rata-rata dari debu di 3 titik lokasi berturut-turut 1,7084 mg/m ³ , 0,7778 mg/m ³ , 0,1921 mg/m ³	(Ulfah, 2017)
17.	Industri makanan PT. Japfa So Good Food Sidoarjo	<i>Direct sampling</i> menggunakan alat <i>High Volume Air Sampler</i>	Konsentrasi rata-rata TSP di luar ruangan tertinggi pada siang hari sebesar 184,95 µg/m ³ dan konsentrasi rata-rata TSP di dalam ruangan tertinggi pada sore hari sebesar 116,32 µg/m ³ .	(Af'idah, 2019)

18.	Pabrik tahu di Sidoarjo	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	Rata-rata konsentrasi gas amonia (NH ₃) sebesar 44,5 mg/m ³ , konsentrasi tertinggi 90,4 mg/m ³ .	(Parsetya, et al., 2019)
19.	Industri minyak goreng	Gravimetri	Konsentrasi emisi area boiler 1 sebesar 0,2657 mg/Nm ³ dan di area boiler 2 sebesar 0,8345 mg/Nm ³ .	(Heriantini, et al., 2019)

Disimpulkan bahwa udara ambien di semua titik tidak melewati nilai standar baku mutu yang ditetapkan oleh US-EPA yaitu 35 µg/Nm³. Perbedaan nilai konsentrasi PM_{2,5} di berbagai titik yang diukur dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin (Duppa et al., 2020).

Pengukuran konsentrasi polutan udara juga dilakukan di industri Semen Tonasa dihasilkan konsentrasi CO berada pada rentang 504,04-2334,56 µg/m³, konsentrasi tersebut masih dalam nilai ambang batas yaitu < 10.000 µg/m³. Konsentrasi TSP berada pada rentang 30,35-163,89 µg/m³, konsentrasi tersebut masih dalam nilai ambang batas yaitu < 230 µg/m³. Berdasarkan Peraturan Gubernur No. 69 Tahun 2010 (Anwar et al., 2019).

Pengukuran konsentrasi polutan udara pada industri semen juga dilakukan di PT. Holcim Indonesia, kota Bogor. Dengan mengestimasi konsentrasi debu, SO₂, dan NO_x di udara ambien pada malam hari berturut-turut adalah 13,16 µg/Nm³, 32,69 µg /Nm³, 100,21 µg/Nm³, masih berada di bawah baku mutu udara ambien berdasarkan PP No.41 Tahun 1999 (Puspa Dewi et al., 2018).

Pada industri semen 'X' Kota Cilegon-Banten terdapat kadar debu PM₁₀ di ruang pengepakan semen sebesar 1002,3 µg/m³ dan di ruang pembuatan kantong semen sebesar 142,1 µg/m³. Konsentrasi melebihi baku mutu udara ambien. Sedangkan di ruang pembuatan kantong semen masih berada di bawah baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999 untuk PM₁₀ adalah 150 µg/m³. Tinggi kadar debu dipengaruhi oleh suhu, kelembapan udara dan kondisi sirkulasi

udara yang sebagian kondisi ruangan yang tertutup (Ferial et al., 2021).

Pada industri semen Padang dilakukan perhitungan konsentrasi debu pada dua titik lokasi yaitu daerah lokasi terpajan sebesar 150 µg/Nm³ dan tidak terpajan sebesar 53,50 µg/Nm³ (Citra et al., 2018). Perhitungan kadar debu juga dilakukan di kawasan industri Gresik didapatkan hasil konsentrasi debu di lokasi pertama titik 1 dan 2 lokasi sebesar 0,8614 mg/NM³ dan 0,8134 mg/NM³ lebih besar dibandingkan kadar debu lokasi kedua sebesar 0,01767 mg/NM³. Kadar debu lokasi 1 tersebut melebihi baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan Pergub Jatim No. 10 Tahun 2009 yaitu 0,26 mg/NM³ (Khairina, 2019).

Pada industri kayu lapis di Yogyakarta dengan parameter SO₂ menunjukkan rentang konsentrasi sebesar 3,866-5,28 µg/Nm³ (Sari, 2017). Penelitian dengan mengukur konsentrasi SO₂ di kawasan industri Medan konsentrasi tertinggi berada pada bagian timur di siang hari sebesar 112,91 µg/m³. Hal ini menjelaskan bahwa konsentrasi emisi SO₂ di udara ambien dapat di pengaruhi oleh kecepatan angin, kelembapan udara, dan suhu udara (Iramawati, 2017). Pernyataan yang sama didukung oleh penelitian yang dilakukan di daerah kawasan industri di Kabupaten Bandung yang mengukur konsentrasi PM₁₀ menyatakan bahwa faktor yang dapat memengaruhi konsentrasi partikulat udara yaitu suhu, kelembapan, aktivitas bagi semua orang, dan kecepatan pengendapan partikulat (Novianti & Sumeru, 2020).

Pada industri kayu lapis di Yogyakarta juga dilakukan penelitian kualitas udara ambien dengan parameter NO₂. Didapatkan konsentrasi NO₂ dengan

rentang 0,222-0,498 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Konsentrasi tersebut tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Keputusan Gubernur Nomor 153 Tahun 2002 untuk pengukuran parameter NO_2 selama 1 jam yakni 400 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (Sari, 2017).

Pada industri Karang Pilang Surabaya didapatkan total beban emisi SO_2 dari kegiatan industri di Karang Pilang Surabaya yaitu 247,45 ton/tahun dan NO_x sebesar 99,56 ton/tahun (Handriyono & Kusuma, 2017a). Pada kawasan industri SIER yang menghasilkan total emisi lebih besar dibanding kawasan industri Karang Pilang dengan total beban emisi SO_2 sebesar 382,48 ton/tahun dan NO_x sebesar 155,32 ton/tahun (Handriyono & Kusuma, 2017b).

Pada penelitian yang dilakukan di industri minyak goreng dengan menghitung emisi partikulat dari unit *boiler* didapatkan hasil konsentrasi partikulat dari 2 titik area boiler yaitu sebesar 0,2657 mg/Nm^3 dan 0,8345 mg/Nm^3 , masih melebihi baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan oleh Pergub Jatim No.10 Tahun 2009 dengan konsentrasi 0,26 mg/Nm^3 . Diketahui ukuran partikulat yang dihasilkan dari *coal boiler* sebesar 5 μm , namun alat pengendalian partikulat yang digunakan untuk menghilangkan partikel ukuran 40-60 μm (Heriantini et al., 2018).

Pada industri kertas di Jawa Barat dengan menghitung estimasi emisi merkuri (Hg) yang dikeluarkan dari cerobong *boiler* batu bara industri kertas adalah maksimum sebesar 20,5 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal No.Kep.03/BAPEDAL/09/1995 untuk baku mutu emisi insinerator sebesar 0,2 mg/Nm^3 (Setiawan, 2017).

Pada industri peleburan aluminium di Desa Kendalsari, Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang dengan meneliti pajanan $\text{PM}_{2,5}$ maksimum $\text{PM}_{2,5}$ sebesar 0,071 mg/m^3 (Oktaviana, 2019). Pada industri peleburan aluminium di Desa

Kendalsari, Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang juga dilakukan penelitian mengenai kualitas debu. Didapatkan konsentrasi rata-rata di titik lokasi 1 sebesar 1,7084 mg/m^3 , pada lokasi 2 sebesar 0,7778 mg/m^3 , pada lokasi 3 sebesar 0,1921 mg/m^3 . Pada lokasi 1 dan 2 melebihi baku mutu udara ambien yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 yaitu sebesar 0,26 mg/m^3 (Ulfah, 2017).

Pada industri peleburan aki bekas didapatkan hasil konsentrasi timbel (Pb) di kawasan industri Kadu Manis Tangerang dan kawasan industri Jababeka Bekasi berturut-turut yaitu pada arah angin utara sebesar 20,37 mg/kg dan pada arah angin utara sebesar 17,52 mg/kg . Penelitian tersebut menunjukkan bahwa arah angin berpengaruh terhadap konsentrasi Pb dalam daun (Fauzi, 2019)

Pada industri tahu di Sidoarjo didapatkan saat penelitian bahwa terdapat konsentrasi gas amonia (NH_3) yang melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 adalah 17 mg/m^3 . Sedangkan rata-rata konsentrasi amonia di pabrik tahu Sidoarjo didapatkan sebesar 40 mg/m^3 (Prasetya et al., 2019).

Pada PT. Japfa So Good Food di Sidoarjo juga mendukung bahwa konsentrasi partikulat di udara dipengaruhi oleh beberapa faktor meteorologi yaitu, temperatur, kelembaban, kecepatan angin. Sehingga didapatkan konsentrasi TSP di luar ruangan pada siang hari konsentrasinya lebih besar siang hari yaitu 184,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di banding dengan konsentrasi TSP di dalam ruangan yang paling besar pada sore hari yaitu 116,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Af'idah, 2012).

Potensi Dampak Polutan Udara di Kawasan Industri Terhadap Kesehatan Masyarakat

Penelitian yang dilakukan di PT. Semen Padang telah dilakukan 2 kali pada tahun

2017 dan 2020 yang meneliti pengaruh debu semen Padang terhadap status *tear film* pada masyarakat yang terpapar emisi debu semen dengan masyarakat yang tidak terpapar.

Tabel 2 Potensi Dampak Polutan Udara di Kawasan Industri Terhadap Kesehatan Masyarakat

No	Lokasi	Metode	Hasil	Referensi
1.	PT. Semen Padang	Studi potong lintang	Terdapat peningkatan pH <i>tear film</i> dan penurunan kualitas lapisan musin <i>tear film</i> pada masyarakat yang terpapar emisi debu semen	(Syauqie, et al., 2020)
2.	PT. Semen Padang	<i>Analytic cross sectional study</i>	Terdapat peningkatan rerata nilai pH <i>tear film</i> dan penurunan kualitas lapisan musin <i>tear film</i> .	(Syauqie, et al., 2017)
3.	PT. Semen Padang	<i>Cross sectional</i>	Tidak ada perbedaan antara gejala respirasi dengan gejala gangguan fungsi paru, yaitu dengan gejala batuk berdahak, nyeri dada, sesak napas, batu kronik.	(Citra, et al., 2018)
4.	Kawasan industri Gresik	Gravimetri.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan status faal paru antara pedagang yang berjualan di sekitar kawasan industri Kecamatan Manyar dengan pedagang sekitar kawasan wisata religi Sunan Giri.	(Helmy, 2019)
5.	Industri Genteng Situbondo	Metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif.	Terdapat 43% responden mengalami gangguan faal paru, dengan derajat kerusakan sebagian besar restriksi ringan.	(Rindiani, 2018)
6.	Industri semen 'X' Kota Cilegon-Banten	Kadar debu PM ₁₀ diukur dengan <i>High Volume Air Sampler</i> (HVAS)	Terdapat 63,9% responden pada ruangan pengepakan semen mengalami gangguan pernapasan dan 54% responden pada pembuatan kantong semen mengalami gangguan saluran pernapasan dan iritasi mata dan iritasi kulit.	(Ferial, et al., 2021)
7.	Industri peleburan aluminium, Kab.Jombang	Pengukuran partikel di udara ambien menggunakan <i>Hight Volume Air Sampler</i> (HVAS)	Hasil wawancara dari masyarakat sebagian besar mengalami keluhan pada saluran pernapasan. Keluhan tertinggi yang dirasakan yaitu susah bernapas, keluhan tertinggi kedua yaitu batuk dan panas disertai pilek, keluhan tertinggi ketiga yaitu mengalami nyeri pada otot selama 1 bulan	(Ulfah, 2017)
8.	Pabrik tahu di Sidoarjo	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	Terdapat 14 orang mengalami gangguan saluran pernapasan dengan gejala batuk, sakit tenggorokan, sesak napas dan nyeri dada	(Parsetya, et al., 2019)

Didapatkan hasil temuan yang sama bahwa pada tahun 2017 dan 2020 terdapat peningkatan pH *tear film* pada kelompok terpapar dan penurunan kualitas lapisan musin *tear film* pada kelompok masyarakat terpapar debu semen. Dampak dari paparan debu semen dalam waktu jangka panjang terhadap kesehatan masyarakat dapat mengakibatkan terjadinya inflamasi subklinis kronik yang dapat menimbulkan gejala *dry eye syndrome* (Syauqie et al., 2018) (Syauqie, 2020)

Pada industri PT.Semen Padang juga dilakukan penelitian kualitas konsentrasi debu pada pabrik semen pada tahun 2018 dan tidak terdapat perbedaan gejala respirasi dan gangguan fungsi paru di daerah terpajan dan daerah tidak terpajan yaitu dengan gejala nyeri dada, batuk berdahak, batuk kronik, dan sesak napas. Didapatkan dari hasil penilaian fungsi paru sebagian besar masyarakat di daerah terpajan dan tidak terpajan mengalami gangguan restriksi sebesar 12,1% dan 11,3% (Citra et al., 2018). Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan di industri semen di Kota Cilegon-Banten yang meneliti dampak kadar debu. Didapatkan 63% karyawan yang mengalami gangguan saluran pernapasan dan 12 pekerja dinyatakan *restrictive*, penurunan fungsi paru (Ferial et al., 2021).

Dampak kualitas udara di kawasan industri terhadap kesehatan masyarakat juga terjadi di sekitar kawasan industri Gresik. Terdapat hubungan antara paparan debu di udara dengan gangguan faal paru. Mayoritas pedagang di kawasan industri Gresik, Kecamatan Manyar mengalami gangguan faal paru restriksi dan campuran (Khairina, 2019).

Salah satu dari proses pembakaran genteng di Situbondo dengan rata-rata lama waktu pembakaran selama 12 jam.

Didapatkan 43% responden mengalami gangguan faal paru, dengan derajat kerusakan sebagian besar restriksi ringan (Rindiani, 2018).

Industri peleburan aluminium merupakan industri yang memberikan andil dalam pencemaran udara karena aktivitas industri tersebut dapat mengakibatkan gangguan kesehatan masyarakat terutama gangguan saluran pernafasan dengan keluhan susah bernapas, mengalami batuk, panas disertai pilek dan nyeri pada otot (Ulfah, 2017).

Pengendalian Pencemaran Udara di Kawasan Industri

Data tabel 3 didapatkan 4 industri yang menjelaskan pengendalian pencemaran udara di kawasan industri. Pada industri peleburan baja di Kota Cilegon-Banten dalam pengendalian pencemaran udara di kawasan industri tersebut dilengkapi dengan alat *wet scrubber* yang digunakan untuk menghilangkan PM dan gas pencemar lainnya yang bersifat asam pada aliran gas buangan dari sumber. Terdapat juga beberapa alternatif yang dilakukan industri tersebut terkait pengelolaan kualitas udara yaitu: dilakukan program penyiraman jalan secara rutin untuk menghindari debu *fugitive* berlebih, pemasangan alat ukur emisi secara Continuous Emission Monitoring System (CEMS) untuk memantau emisi secara terus menerus, pemasangan alat ukur udara ambien, program penanaman pohon untuk menyerap CO₂ yang dihasilkan, dan pemanfaatan gas buang CO₂ oleh pihak ketiga untuk bahan baku CO₂ cair (Budiman, 2018).

Pada industri minyak goreng untuk pengendalian pencemaran udara menggunakan alat *gravity setting chamber (GSC)*.

Tabel 3. Pengendali Pencemaran udara di Kawasan Industri

No	Lokasi	Metode	Hasil	Referensi
1.	Kawasan industri Terboyo	Analisis berdasarkan <i>Central Pollution Control Board, Ministry of Environment & Forests, Govt. of India</i>	Desain <i>green belt</i> jenis pohon Acacia dapat menurunkan konsentrasi debu mulai dari efisiensi 15,84% pada tahun tanam dan meningkat pesat setiap tahunnya.	(Hardyanti, et al., 2021)
2.	Pabrik <i>Asphalt Mixing Plant</i> (AMP) di Desa Bakalan, Kecamatan Grogol, Kabupaten Kediri	Analisis SEM (Structural Equation Modeling)	Mesin AMP tidak begitu besar pengaruhnya dalam peningkatan model strategi penanggulangan dampak pencemaran udara, namun memiliki andil untuk menentukan kualitas udara.	(Romadhon & Mokhtar, 2021)
3.	Industri peleburan baja di Kota Cilegon-Banten		Didapatkan teknologi alternatif untuk mengolah emisi dari <i>blast furnace</i> adalah <i>wet scrubber</i> jenis venturi yang dipasang secara seri.	(Budiman, 2018)
4.	Industri minyak goreng	Gravimetri.	Emisi dari <i>coal boiler</i> di industri minyak goreng untuk pengendalian menggunakan <i>gravity settling chamber</i> (GSC).	(Heriantini, et al., 2019)

Namun alat tersebut kurang efektif dalam dalam menghilangkan partikel polutan udara karena GSC digunakan untuk menghilangkan partikel dengan ukuran 40-60 µm, sedangkan ukuran partikulat polutan udara yang dihasilkan dari aktivitas industri minyak goreng sebesar 5µm (Heriantini et al., 2018).

Pada kawasan industri *Asphalt Mixing Plant* (AMP) dalam pengendalian pencemaran udara dengan membuat perencanaan pembangunan *green belt*. Perencanaan *green belt* juga dilakukan di Industri Terboyo dalam mengatasi pencemaran udara dengan membuat rancangan bangunan *green belt* yang dinilai cukup efektif dan efisien. Dibuktikan dengan rancangan *green belt* yang mampu menurunkan massa polutan debu dengan laju efisiensi penipisan polutan pada 0 tahun (tahun tanam) sebesar 15,84% dan meningkat pesat setiap tahunnya dan dapat tercapai maksimum pada tahun ke-5 sebesar 87,92% (Hardyanti et al., 2021).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih banyak yang tak terhingga kepada semua pihak atas dukungan doa dan bantuan untuk melancarkan saya dalam menyelesaikan tugas akhir kuliah hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Afidah, N. (2012). Analisis Hubungan Konsentrasi Total Suspended Particulate (TSP) Di Dalam dan Di Luar Ruang dan Faktor-Faktor yang Berhubungan (Studi Kasus : PT. Japfa So Good Food Sidoarjo). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007>
- Anwar, F. S., Mallongi, A., Alimin Maidin, M., Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, P., Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, B., Manajemen Rumah Sakit Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Alamat Koresponden, B., &

- Kesehatan Masyarakat, F. (2019). Kualitas Udara Ambien Co Dan Tsp Di Permukiman Sekitar Kawasan Industri Pt. Semen Tonasa Ambient Air Quality of Co and Tsp in Settlements Around Pt. Semen Tonasa. *84 Jkmm*, 2(1).
- Budiman, W. N. R. A. (2018). *Perecanaan emisi PM 10 pada industri peleburan baja Cilegon - Banten*. 1-124.
- Citra, D., Medison, I., Ermayanti, S., & Sabri, Y. S. (2018). Perbedaan Gejala Respirasi dan Gangguan Fungsi Paru pada Daerah Terpajan dan Tidak Terpajan Debu Pabrik Semen Padang impairment Between Exposure and Unexposed Areas by Dust. *Jurnal Respirologi Indonesia*, 38(3), 173-176.
- Duppa, A., Daud, A., & Bahar, B. (2020). Kualitas Udara Ambien Di Sekitar Industri Semen Bosowa Kabupaten Maros. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Maritim*, 3(1), 86-92. <https://doi.org/10.30597/jkmm.v3i1.10296>
- Engel. (2021). World air quality report 2021. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- Fauzi, R. et al. (2019). Karakteristik konsentrasi timbel (Pb) dalam daun 3 (tiga) jenis pohon di sekitar pabrik peleburan aki bekas di Tangerang dan Bekasi. *Jurnal Litbang Industri*, 2019, 97-104.
- Ferial, L., Fitria, L., & Silalahi, M. D. (2021). Konsentrasi Particulate Matter (Pm10) Dan Gejala Pernapasan Yang Dialami Pekerja Pabrik Semen "X", Kota Cilegon-Banten. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.47080/jls.v4i1.1210>
- Handriyono, R. E., & Kusuma, M. N. (2017a). *Estimasi beban emisi so 2 dan no. x*, 19-24.
- Handriyono, R. E., & Kusuma, M. N. (2017b). Kajian Beban Emisi So2 Dan Nox Dari Kegiatan Industri Di Kawasan Industri Sier Surabaya. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(2), 41-46. <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i2.4026>
- Hardyanti, N., Darmawan, M., & Huboyo, H. S. (2021). Rancang Bangun Green Belt Untuk Pengendalian Pencemaran Debu di Kawasan Industri Terboyo (Jalan Kaligawe). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 681-689. <https://doi.org/10.14710/jil.19.3.681-689>
- Heriantini, A. F., Afiuddin, A. E., & Sophia, A. V. (2018). Perencanaan Wet Scrubber pada Unit Boiler di Industri Minyak Goreng. *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 2623, 47-52.
- Iramawati, C. (2017). *Pemetaan Konsentrasi So2 Ambien Dan Pengaruh Aspek Meteorologi (Kecepatan Angin, Kelembaban Dan Suhu Udara) Terhadap Konsentrasi So2 Ambien Di Sekitar Kawasan Industri Medan*.
- Khairina, M. (2019). The Description of CO Levels, COHb Levels, And Blood Pressure of Basement Workers X Shopping Centre, Malang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(2), 150. <https://doi.org/10.20473/jkl.v11i2.2019.150-157>
- Novianti, S. F., & Sumeru, K. (2020). Pengukuran Konsentrasi PM10 pada Daerah Industri, Semi- Industri, dan Non-Industri di Kabupaten Bandung. *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 7(1), 730-736.
- Oktaviana, D. L. (2019). *Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Particulate Matter (PM2.5) di Kawasan Industri Peleburan Aluminium*.
- Prasetya, A., Khambali, I., & . R. (2019). Analisis Risiko Paparan Gas Amonia (Nh3) Pada Pekerja Pabrik Tahu Di Desa Sepande Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo Tahun 2018. *Gema Lingkungan Kesehatan*, 17(1), 44-49. <https://doi.org/10.36568/kesling.v17i1>

.1052

- Puspa Dewi, N. W. S., June, T., Yani, M., & Mujito, M. (2018). Estimasi Pola Dispersi Debu, So₂ Dan Nox Dari Industri Semen Menggunakan Model Gauss Yang Diintegrasikan Dengan Screen3. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(1), 109–119. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.109-119>
- RINDIANI, A. T. (2018). Penggunaan Lichen Sebagai Bioindikator Kualitas Udara Dan Gangguan Faal Paru Pada Masyarakat Di Kawasan Industri Genteng (Studi Di Kawasan Industri In *Repository.Unej.Ac.Id*. [https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/91189%0Ahttps://repository.unej.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/91189/Anis Trisia Rindiani-142110101031-.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/91189%0Ahttps://repository.unej.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/91189/Anis%20Trisia%20Rindiani-142110101031-.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sari, P. H. (2017). Pemantauan Kualitas Udara Ambien Dan Pemodelan Gauss Dispersion Gas Sulfur Dioksida (So₂) Dari Emisi Industri Kayu Lapis Di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta. *Jurusan Teknik Lingkungan*.
- Setiawan, Y. (2017). Vauasi Pengendalian Emisi Boiler Batu Bara pada Industri Kertas dan Estimasi Emisi Merkuri (Hg). *Jurnal Selulosa*, 7(1), 39–48.
- Syauqie, M. (2020). Pengaruh Emisi Debu Semen Terhadap Permukaan Okular Pada Masyarakat Di Sekitar Pabrik Pt. Semen Padang. *Majalah Kedokteran Andalas*, 43(2), 112. <https://doi.org/10.25077/mka.v43.i2.p112-123.2020>
- Syauqie, M., Rahman, A., & Sukmawati, G. (2018). Pengaruh Emisi Debu Semen Terhadap Status Tear Film Masyarakat Di Sekitar Pabrik Pt. Semen Padang. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 6(3), 654. <https://doi.org/10.25077/jka.v6i3.753>
- Ulfah, R. (2017). Kualitas debu pada udara ambien dan keluhan kesehatan masyarakat di kawasan industri pelabuhan aluminium. *Digital Repository Universitas Jember*, 1–89.