

BAB 1: PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keluhan gangguan pernapasan merupakan indikasi awal masalah pernapasan yang sebagian besar berkembang sebagai akibat dari paparan di tempat kerja.⁽¹⁾ Keluhan gangguan pernapasan menurut American Thoracic Society terdiri dari batuk, dahak, mengi, dan sesak napas.⁽²⁾ Keluhan gangguan pernapasan yang tidak diatasi dalam jangka waktu tertentu dapat mengakibatkan gangguan pernapasan yang lebih parah. Gangguan pernapasan akibat kerja merupakan salah satu masalah kesehatan yang serius bagi pekerja. Pada tahun 2017, gangguan pernapasan akibat kerja menyumbang hingga 30% dari 2,78 juta pekerja yang meninggal akibat kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Laporan ILO pada tahun 2024 juga mengatakan bahwa terdapat sekitar 860 ribu kematian pekerja per tahun akibat paparan polusi di tempat kerja.⁽¹⁾⁽³⁾

Keluhan gangguan pernapasan pada pekerja biasanya berasal dari pencemaran udara.⁽⁴⁾ Pencemaran udara di luar ruangan terdiri dari campuran partikel padat, cair, dan gas kompleks yang tersuspensi di udara. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) mengatur enam jenis polutan udara yang terdiri dari *particulate matter* (PM), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), dan timbal (Pb). Kategori *particulate matter* kemudian diperbaiki dengan menambahkan sub kategori berdasarkan diameter aerodinamis, yaitu partikel berukuran sama atau kurang dari 10 µm (PM₁₀) dan berukuran sama atau kurang dari 2,5 µm (PM_{2.5}).⁽⁵⁾ Komponen utama PM adalah sulfat, nitrat, ammonia, natrium klorida, *black carbon*, debu mineral, dan air.⁽⁶⁾

Dari ukurannya, partikel halus seperti $PM_{2.5}$ berbahaya karena dapat menembus bagian terdalam paru-paru, menumpuk di dalam paru-paru, dan masuk ke dalam aliran darah.⁽⁷⁾ Penumpukan partikel halus pada alveoli dapat memicu reaksi peradangan karena tubuh menganggapnya sebagai zat asing. Dengan itu, sel-sel pertahanan tubuh di paru-paru menjadi aktif dan melepaskan zat-zat kimia (mediator inflamasi) yang dapat mengganggu keseimbangan saraf otonom (sistem yang mengatur fungsi otomatis seperti detak jantung dan pernapasan) serta sistem hormon tubuh. Peradangan yang terjadi di paru-paru akibat pajanan $PM_{2.5}$ juga dapat menimbulkan stres oksidatif, yaitu kondisi ketika terjadi ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan di dalam tubuh. Peningkatan stres oksidatif ini dapat merusak sel dan jaringan, termasuk pembuluh darah, sehingga meningkatkan risiko gangguan kesehatan seperti penyakit pernapasan dan penyakit kardiovaskuler.⁽⁸⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾

Laporan WHO tahun 2024 menyebutkan bahwa sekitar 4,2 juta orang meninggal akibat paparan polusi udara ambien di seluruh dunia pada tahun 2019. Masyarakat yang tinggal di negara berpenghasilan rendah dan menengah mengalami beban polusi udara luar ruangan secara tidak proporsional, dengan 89% dari 4,2 juta kematian terjadi di wilayah ini. Beban terbesar ditemukan di kawasan Asia Tenggara dan Pasifik Barat. Sebagian besar kematian tersebut disebabkan oleh berbagai penyakit pernapasan dan kardiovaskular yang berhubungan dengan paparan partikel halus, seperti $PM_{2.5}$.⁽⁶⁾

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Chanthorn dan Laokiat di Thailand menyebutkan bahwa terdapat sebesar 57% pekerja olah batu pasir memiliki setidaknya satu keluhan pernapasan akibat pajanan $PM_{2.5}$. Secara keseluruhan, temuan penelitian tersebut menunjukkan bahwa dahak merupakan keluhan pernapasan paling dominan (43,3%), diikuti oleh batuk (36,4%), sesak napas (12,1%), nyeri dada (12,1%), dan

mengi (4,3%). Dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain, penelitian ini juga menyebutkan adanya hubungan yang signifikan dengan masa kerja dan penggunaan masker di tempat kerja.⁽⁹⁾ Penelitian yang dilakukan oleh Nasri, dkk di Indonesia juga menyebutkan bahwa pajanan $PM_{2.5}$ dapat mengakibatkan pekerja industri semen serat mengalami keluhan sesak napas dan mengi. Faktor lain yang memperparah keluhan ini juga disebabkan oleh kebiasaan merokok, periode kerja yang panjang, serta pekerjaan bagian produksi.⁽¹⁰⁾ Oleh karena itu, kualitas udara menjadi determinan penting bagi kesehatan manusia yang memengaruhi kesejahteraan fisik maupun mental. Pada lingkungan kerja, pengendalian kualitas udara yang baik sangat penting untuk menjamin produktivitas pekerja dan menciptakan lingkungan kerja yang aman.⁽¹¹⁾

Salah satu cara pengendalian kualitas udara di lingkungan kerja adalah pemantauan kualitas udara menggunakan alat seperti *low-cost sensor*. Pengukuran menggunakan *low-cost sensor* menjadi alternatif yang semakin banyak digunakan dalam penelitian lingkungan dan kesehatan kerja karena memiliki keunggulan dari segi biaya, fleksibilitas, dan kemudahan dalam pengoperasiannya. *Low-cost sensor* memungkinkan pengukuran konsentrasi polutan seperti $PM_{2.5}$ secara lebih luas dengan biaya yang relatif rendah sehingga dapat meningkatkan cakupan pemantauan di berbagai lokasi. Selain itu, ukuran alat yang lebih kecil dan portabel memungkinkan pengukuran dilakukan secara langsung di lapangan serta pada beberapa titik pengukuran dalam waktu yang singkat.⁽¹²⁾

Pengelolaan lingkungan kerja perlu dilakukan dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip kesehatan lingkungan kerja, kearifan lingkungan, serta manfaat ekonomi yang dihasilkan.⁽¹³⁾ Tingginya kompleksitas dan intensitas kegiatan di tempat kerja terutama di pelabuhan menciptakan lingkungan kerja yang berisiko, salah satu

contohnya tingginya tingkat konsentrasi partikel halus seperti $PM_{2.5}$.⁽¹⁴⁾ Partikel halus ini berasal dari berbagai sumber emisi, baik alami maupun antropogenik. Sumber emisi antropogenik menjadi dominan secara global sejak awal industrialisasi.⁽¹⁵⁾ Penelitian dari Song, dkk pada tahun 2022 menyebutkan sumber alami emisi $PM_{2.5}$ di pelabuhan berasal dari terbentuknya partikel laut yang terlempar ke udara karena aktivitas ombak, hal ini yang dapat menjadi sumber PM primer. Akan tetapi, aerosol laut tidak hanya berasal dari partikel primer, tetapi juga dari proses sekunder melalui oksidasi senyawa seperti dimetil sulfida (DMS) menjadi sulfat di atmosfer.⁽¹⁶⁾

Sumber emisi antropogenik juga dapat meningkatkan kompleksitas $PM_{2.5}$ karena pelabuhan merupakan salah satu pusat logistik yang memiliki peran penting untuk perkembangan industri dan perdagangan serta merupakan bagian usaha yang dapat berkontribusi bagi pembangunan nasional.⁽¹⁷⁾ Secara prinsip, pelayanan yang diberikan pelabuhan adalah pelayanan terhadap kapal dan pelayanan terhadap muatan. Fungsi pelabuhan adalah tempat pertemuan dua moda angkutan atau lebih sebagai kepentingan yang saling terkait. Barang yang diangkut dengan kapal akan dibongkar dan dipindahkan ke moda lain seperti moda darat, yaitu truk dan kereta api. Sebaliknya, barang yang diangkut dengan truk atau kereta api ke pelabuhan bongkar akan dimuat lagi ke kapal.⁽¹⁸⁾

Peningkatan intensitas aktivitas di pelabuhan sering berhubungan dengan bertambahnya emisi pencemar udara, terutama partikel halus. Emisi tersebut bersumber dari berbagai aktivitas, seperti operasional kapal, proses bongkar muat, serta pergerakan kendaraan transportasi darat. Keberadaan polutan udara ini tidak hanya menurunkan kualitas udara ambien, tetapi juga menimbulkan risiko terhadap pekerja.⁽¹⁹⁾ Emisi $PM_{2.5}$ di kawasan pelabuhan sebagian besar dihasilkan dari aktivitas bongkar muat dan penggunaan bahan bakar pada transportasi di pelabuhan.⁽²⁰⁾

Penelitian dari Paul, dkk pada tahun 2025 menyebutkan bahwa emisi mesin kapal mengalami proses *photochemical aging* yang signifikan dalam membentuk PM_{2.5} sekunder. Aktivitas bongkar muat tidak hanya menyangkut debu yang dihasilkan dari komoditas curah kering, namun dari transportasinya juga (seperti kapal dan truk). PM_{2.5} di lokasi penelitian berpotensi terbentuk melalui reaksi kimia atmosfer dari gas prekursor seperti SO₂, NO_x, dan VOC yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi tersebut. Proses ini melibatkan oksidasi fotokimia (reaksi kimia di atmosfer yang dipicu oleh sinar matahari) yang menghasilkan aerosol sekunder seperti sulfat, nitrat, dan *secondary organic aerosol* (SOA). Gas ini yang bisa mengembun menjadi partikel halus, seperti PM_{2.5}.⁽²¹⁾ Penelitian oleh Zhang, dkk pada tahun 2016 juga menyebutkan bahwa emisi kendaraan diesel memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap pembentukan aerosol sekunder di udara ambien dan toksisitas yang signifikan terhadap kesehatan manusia.⁽²²⁾ Disimpulkan bahwa PM_{2.5} merupakan hasil akhir dari berbagai proses atmosfer, baik dari emisi primer maupun transformasi sekunder dari gas-gas prekursor.

Dermaga bongkar muat, area parkir kendaraan, dan jalur distribusi barang menjadi titik-titik aktivitas dimana sumber pencemar udara utama berasal. Sebuah penelitian yang dilakukan di Pelabuhan Tanjung Priok pada tahun 2018 menyebutkan bahwa rata-rata konsentrasi PM_{2.5} yang telah diukur adalah 178,78 µg/m³, dengan konsentrasi terendah adalah 42,59 µg/m³ dan tertinggi 517,8 µg/m³.⁽²³⁾ Penelitian yang dilakukan di UP PKB Pulo Gadung mendapatkan hasil konsentrasi yang hampir sama dengan rata-rata konsentrasi PM_{2.5} yang telah diukur adalah 100,53 µg/m³, dengan konsentrasi terendah adalah 49 µg/m³ dan tertinggi 651 µg/m³.⁽²⁴⁾ Berdasarkan penelitian-penelitian ini, tingkat konsentrasi PM_{2.5} pada area kerja tersebut telah melewati nilai ambang batas untuk PM_{2.5}, yaitu 15 µg/m³ menurut WHO *Air Quality*

Guidelines dan $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.⁽²⁵⁾

Kegiatan bongkar muat di seluruh pelabuhan Indonesia dibagi menjadi kegiatan bongkar muat curah kering dan curah cair. Pemilihan proses bongkar muat curah kering sebagai fokus penelitian didasarkan pada karakteristik kegiatannya yang melibatkan pekerja secara langsung dalam proses penanganan dan pemindahan komoditas yang berpotensi menjadi sumber paparan partikulat halus. Hal ini berbeda dengan proses bongkar muat curah cair yang umumnya dilakukan melalui sistem perpipaan otomatis untuk menyalurkan komoditas dari kapal menuju tangki penyimpanan sehingga keterlibatan langsung pekerja dalam kegiatan tersebut lebih terbatas.⁽²⁶⁾ Oleh karena itu, karakteristik kegiatan bongkar muat curah kering dinilai lebih relevan untuk mengkaji paparan partikulat di lingkungan kerja serta kaitannya dengan keluhan pernapasan pada pekerja.

Pelabuhan Teluk Bayur adalah pelabuhan terbesar dan terpadat di Sumatera Barat. Berlokasi strategis di jalur perdagangan internasional utama di Samudra Hindia, pelabuhan ini berfungsi sebagai pusat ekspor utama untuk komoditas seperti batubara, semen, dan produk pertanian di wilayah barat Indonesia. Lokasi dan infrastruktur yang luas ini menjadikan Pelabuhan Teluk Bayur vital bagi perdagangan maritim regional dan internasional.⁽²⁷⁾ Untuk mendukung kelancaran arus barang sepanjang tahun, Pelabuhan Teluk Bayur beroperasi selama 24 jam setiap hari, termasuk saat hari libur nasional. Kebijakan ini ditetapkan agar pelayanan logistik tetap berjalan tanpa hambatan dan mampu memenuhi tuntutan volume barang yang meningkat.

Sebagai terminal non petikemas yang strategis, Pelabuhan Teluk Bayur telah mengembangkan fasilitas dermaga sepanjang ratusan meter dan area penumpukan yang luas guna mendukung penanganan volume barang setiap harinya. Pada akhir

tahun 2024, Pelabuhan Teluk Bayur menunjukkan perbaikan kinerja operasional yang signifikan, khususnya dalam penanganan komoditas curah kering. Produktivitas bongkar muat curah kering yang diukur melalui indikator *Ton/Ship/Day* (T/S/D) meningkat dari 1.999 T/S/D menjadi 2.604 T/S/D. Sejalan dengan peningkatan tersebut, durasi keberadaan kapal di pelabuhan juga mengalami penurunan dari rata-rata tiga hari menjadi dua hari.⁽²⁸⁾ Penelitian yang dilakukan oleh Amalia pada tahun 2025 menyebutkan bahwa rata-rata konsentrasi PM_{2.5} berada di atas nilai ambang batas, yaitu 300 µg/m³ dan 280 µg/m³ pada dua titik lokasi di Pelabuhan Teluk Bayur.

Intensitas aktivitas bongkar muat curah kering yang tinggi ini meningkatkan paparan tenaga kerja bongkar muat (TKBM) terhadap kondisi kerja yang kompleks. Pada Pelabuhan Teluk Bayur, tenaga kerja bongkar muat bertanggung jawab dalam penerimaan, pengangkatan, serta penempatan barang dari kapal ke dermaga dan sebaliknya. Terutama pada aktivitas bongkar muat curah kering di area pelabuhan, tenaga kerja bongkar muat curah kering merupakan kelompok yang sangat rentan terhadap paparan PM_{2.5} akibat sifat pekerjaan mereka yang menuntut berada dalam lingkungan terbuka, dekat dengan sumber debu (komoditas curah kering, operasional transportasi seperti kapal dan truk, serta pengoperasian alat berat), serta dalam durasi kerja yang panjang. Paparan PM_{2.5} dalam jangka waktu tertentu pada pekerja di area pelabuhan, khususnya pada aktivitas bongkar muat, berkaitan dengan meningkatnya kejadian gangguan pernapasan, seperti batuk, sesak napas, hingga penurunan kapasitas fungsi paru. Kondisi ini diperberat oleh berbagai faktor risiko lain yang ditemukan di area kerja, seperti lamanya jam kerja di area terbuka, kepatuhan penggunaan alat pelindung diri yang masih rendah, dan kebiasaan merokok pekerja.⁽²⁰⁾⁽²⁹⁾

Penelitian mengenai dampak kesehatan pajanan PM_{2.5} terhadap tenaga kerja bongkar muat curah kering menjadi penting untuk diteliti karena menilai hubungan

konsentrasi $PM_{2.5}$ terhadap permasalahan kesehatan pernapasan terutama di area Pelabuhan Teluk Bayur dengan pendekatan *cross-sectional*. Penggunaan pendekatan ini memiliki tujuan yang berbeda dibandingkan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan pada penelitian sebelumnya di lokasi yang sama. Penelitian ini mampu memberikan gambaran empiris mengenai hubungan antara konsentrasi $PM_{2.5}$ di lingkungan kerja dengan keluhan pernapasan yang dialami oleh tenaga kerja bongkar muat. Pendekatan ini tidak hanya menilai tingkat pajanan lingkungan, tetapi juga mengaitkannya secara langsung dengan kondisi kesehatan aktual pekerja serta mempertimbangkan beberapa faktor lain yang berpotensi memengaruhi adanya keluhan pernapasan. Oleh karena itu, pendekatan ini dapat menghasilkan bukti epidemiologis yang lebih menyeluruh mengenai dampak pajanan $PM_{2.5}$ terhadap kesehatan pekerja dan memberikan dasar yang kuat untuk perumusan upaya pengendalian sumber pencemar serta pencegahan penyakit akibat kerja di lingkungan pelabuhan.

1.2 Perumusan Masalah

Aktivitas bongkar muat curah kering di pelabuhan berpotensi menghasilkan paparan partikel debu halus ($PM_{2.5}$) yang berasal dari debu material selama proses operasional, sehingga dapat terhirup oleh pekerja selama jam kerja. Pajanan $PM_{2.5}$ dalam jangka waktu tertentu dapat berdampak terhadap sistem pernapasan, khususnya keluhan pernapasan pada pekerja. Akan tetapi, masih kurangnya penelitian terkait hubungan pajanan $PM_{2.5}$ ini dengan keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur. Maka dari itu, berdasarkan data dan

uraian tersebut, perlu dicari tahu apakah pajanan $PM_{2.5}$ ini memiliki hubungan dengan keluhan pernapasan pada pekerja?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan pajanan $PM_{2.5}$ terhadap keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.

1.3.2 Tujuan Khusus

Berdasarkan tujuan umum diatas, maka tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui konsentrasi $PM_{2.5}$ pada area bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.
2. Mengetahui prevalensi keluhan pernapasan, usia, kebiasaan merokok, masa kerja, durasi kerja, dan penggunaan APD pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.
3. Menganalisis hubungan antara konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.
4. Menganalisis hubungan usia dengan keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.
5. Menganalisis hubungan kebiasaan merokok dengan keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.

6. Menganalisis hubungan masa kerja dengan keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.
7. Menganalisis hubungan durasi kerja dengan keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.
8. Menganalisis hubungan penggunaan APD dengan keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.
9. Menganalisis hubungan konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan keluhan pernapasan setelah dikendalikan faktor usia, kebiasaan merokok, masa kerja, durasi kerja, dan penggunaan APD pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur Padang Tahun 2026.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkuat teori, konsep kesehatan lingkungan kerja, dan menambah informasi referensi yang menjelaskan dampak dari pajanan $PM_{2.5}$ terhadap keluhan pernapasan pada pekerja. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan hipotesis bagi penelitian selanjutnya terkait pajanan $PM_{2.5}$ pada pekerja.

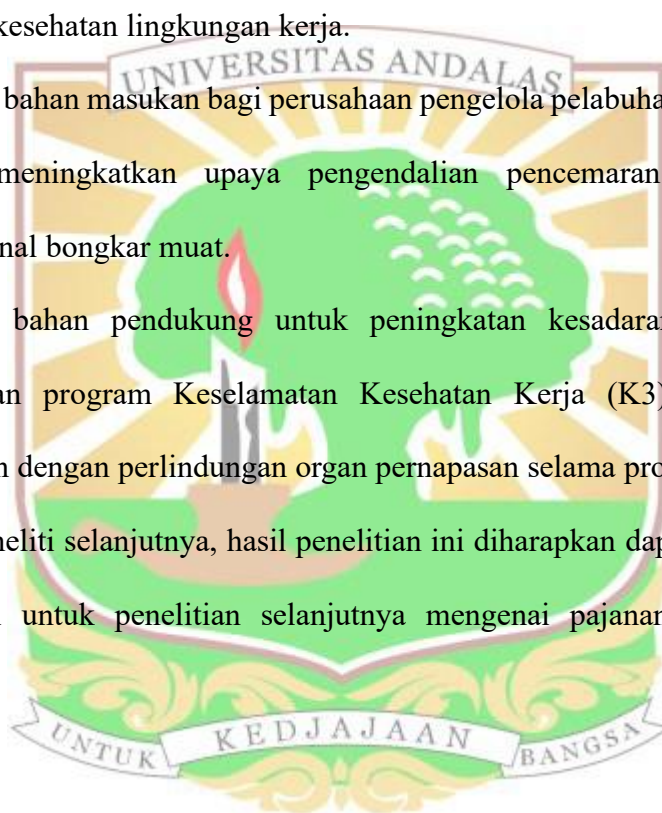
1.4.2 Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan di bidang Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) dan Kesehatan Lingkungan, khususnya terkait

pajanan $PM_{2.5}$ dan dampaknya terhadap keluhan pernapasan pekerja. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan bagi penelitian selanjutnya yang membahas tentang hubungan pajanan $PM_{2.5}$ dengan keluhan pernapasan, terutama pada sektor kepelabuhanan dan aktivitas bongkar muat.

1.4.3 Manfaat Praktis

1. Memberikan gambaran mengenai tingkat pajanan $PM_{2.5}$ pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur sebagai dasar evaluasi kondisi kesehatan lingkungan kerja.
2. Menjadi bahan masukan bagi perusahaan pengelola pelabuhan dan jasa pekerja dalam meningkatkan upaya pengendalian pencemaran udara di area operasional bongkar muat.
3. Sebagai bahan pendukung untuk peningkatan kesadaran pekerja dalam penguatan program Keselamatan Kesehatan Kerja (K3), terutama yang berkaitan dengan perlindungan organ pernapasan selama proses bekerja.
4. Bagi peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai pajanan $PM_{2.5}$ terhadap pekerja.



1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini berjudul Hubungan Pajanan $PM_{2.5}$ Dengan Keluhan Pernapasan Pada Tenaga Kerja Bongkar Muat Curah Kering di Pelabuhan Teluk Bayur Kota Padang Tahun 2026. Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan desain *cross sectional*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan pajanan $PM_{2.5}$ dengan

keluhan pernapasan pada tenaga kerja bongkar muat curah kering di Pelabuhan Teluk Bayur, Kota Padang.

Responden penelitian ini adalah Tenaga Kerja Bongkar Muat di Pelabuhan Teluk Bayur, Kota Padang dengan jumlah populasi sebanyak 443 orang dan diambil sampel sebanyak 90 responden. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – Juli 2026 di Pelabuhan Teluk Bayur, Kota Padang. Pengumpulan data primer dalam penelitian ini didapatkan dengan penggunaan alat SI8200 *Handheld 6 Channel Particle Counter* untuk mengukur konsentrasi $PM_{2.5}$ dan bantuan kuesioner sebagai alat ukur, sementara data sekunder didapatkan dari perusahaan pengelola pelabuhan dan jasa tenaga kerja serta situs web Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk mempertimbangkan kondisi meteorologis selama proses penelitian. Variabel independen dari penelitian ini adalah rata-rata konsentrasi $PM_{2.5}$ dengan variabel perancu, yaitu usia, kebiasaan merokok, masa kerja, durasi kerja, dan penggunaan APD. Sementara untuk variabel dependen yaitu keluhan pernapasan pada tenaga kerja. Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara univariat, bivariat, dan multivariat.

