

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Debu

1. Definisi Debu

Debu merupakan kumpulan partikel padat yang terbentuk melalui proses alami maupun mekanis dari berbagai bahan, baik organik maupun anorganik, seperti batu, kayu, logam, arang, maupun mineral lainnya. Sumber debu dapat berasal dari fenomena alam ataupun aktivitas manusia. Partikel ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia terutama melalui saluran pernapasan, dan bergantung pada ukuran serta massanya, debu berpotensi mengendap di berbagai bagian saluran napas. Partikel berukuran 1–5 mikron cenderung tertahan di saluran pernapasan bagian atas, partikel berukuran 3–5 mikron di saluran pernapasan tengah, sedangkan partikel berukuran 1–3 mikron dapat mencapai langsung jaringan paru-paru (Hayati *et al.*, 2019).

Debu termasuk salah satu bentuk *Suspended Particulate Matter* (SPM), yakni partikel padat yang melayang di udara. Partikel ini dapat terbentuk melalui proses alami maupun mekanis dari berbagai bahan organik maupun anorganik, misalnya akibat pengolahan, pelembutan, pengepakan cepat, atau peledakan. *Particulate Matter* (PM), yang juga dikenal sebagai debu, merupakan campuran antara material non-hidup dan mikroorganisme

dengan ukuran diameter berkisar antara 0,1 hingga 500 mikron. Partikel berukuran kurang dari 10 μm mampu masuk ke saluran pernapasan dan dikenal sebagai PM10. Debu sering digunakan sebagai indikator risiko lingkungan, kesehatan, serta keselamatan kerja (Sunaryo *et al.*, 2022).

2. Jenis-jenis Debu

Karakteristik debu ditentukan oleh tingkat kelarutan serta sifat kimianya. Perbedaan kedua aspek tersebut menyebabkan variasi kemampuan debu untuk mengendap di jaringan paru-paru serta perbedaan tingkat kerusakan yang dapat ditimbulkannya. Pengelompokan debu menjadi beberapa jenis antara lain:

- a. Debu organik merupakan partikel yang berasal dari sumber hayati, misalnya tembakau, dedaunan, kapas, dan sejenisnya.
- b. Debu logam adalah jenis debu yang mengandung unsur logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), serta arsen.
- c. Debu mineral terdiri atas partikel dengan kandungan senyawa kompleks, misalnya silikon dioksida (SiO_2) dan silikon trioksida (SiO_3) (Subarkah *et al.*, 2018).

Jenis debu khusus

- a. *Fugitive dust*: Debu mineral dari tanah yang tersuspensi di udara, biasanya dari lahan terbuka
- b. *Cosmic dust*: Debu luar angkasa seperti debu antarplanet dan meteorit, berukuran sangat mikro

- c. Rumah dan biologis: Termasuk debu tungau, spora jamur, bakteri—
 dapat memicu alergi dan asma.

Debu mencakup berbagai jenis berdasarkan ukuran, asal, dan bahaya terhadap kesehatan. Pengendalian debu mulai dari penanggulangan sumber, pemilahan kelas bahaya, hingga penggunaan alat pelindung seperti ekstraktor dan masker menjadi penting untuk melindungi lingkungan kerja dan masyarakat dari dampak negatifnya.

No.	Jenisdebu	Konsentrasimaksimal
1.	Debutotal	10mg/m ³
2.	Asbesbebas	5serat/mludaradenganpanjan
3.	Silicattotal	50mg/m ³

Gambar 2. 1 Klasifikasi jenis debu

Sumber : (Subarkah *et al.*, 2018)

3. Sifat-sifat Debu

Tanpa adanya gaya tarikan elektris, sifat-sifat debu tidak berflokulasi. Mereka juga tidak berdifusi karena tarikan gaya tarik bumi. Bahan baku maupun hasil produksi merupakan sumber utama terbentuknya debu di lingkungan kerja. Karakteristik debu dapat digolongkan ke dalam beberapa sifat, antara lain:

- a. Sifat pengendapan debu cenderung mengendap akibat pengaruh gaya gravitasi bumi. Namun, karena ukuran partikelnya yang sangat kecil, sebagian debu dapat tetap melayang di udara. Partikel

yang mengendap umumnya memiliki ukuran lebih besar dibandingkan dengan partikel yang masih berada di atmosfer.

- b. Sifat permukaan basah partikel debu biasanya memiliki permukaan yang lembap akibat adanya lapisan air yang sangat tipis
- c. Sifat penggumpalan pada debu dengan permukaan yang lembap memungkinkan partikel saling menempel sehingga membentuk gumpalan. Ada kemungkinan munculnya penggumpalan karena turbulensi udara.
- d. Sifat listrik statis sifat listrik debu memiliki kemampuan untuk menarik partikel yang berlawanan dengan muatannya.
- e. Sifat optik dari debu maupun partikel yang basah atau lembap memungkinkan pancaran cahaya yang dapat terlihat jelas di ruang gelap (Widiasari *et al.*, 2021).

4. Ukuran Debu

Debu tidak dianggap berbahaya bagi kesehatan manusia kecuali ukurannya cukup kecil untuk masuk ke dalam sistem pernapasan dan dihirup. Solusi, kadar kimia, ukuran partikel, dan konsentrasi debu menentukan jenis debu yang berbahaya bagi kesehatan (Nurmayanti *et al.*, 2022).

- a. Partikel debu berukuran 5–10 mikron umumnya tertahan dan terakumulasi pada saluran pernapasan bagian atas.

- b. Debu dengan ukuran 3–5 mikron cenderung menetap di saluran pernapasan tengah.
- c. Debu respirabel dengan diameter ukuran 1-3 mikron, adalah yang paling berbahaya karena dapat mengendap dari alveoli hingga bronkiolus terminalis.
- d. Partikel debu berukuran kurang dari 1 mikron relatif sulit mengendap di alveoli, sedangkan partikel berdiameter 0,1–0,5 mikron dapat berdifusi melalui gerakan acak keluar masuk alveoli. Walaupun batas debu respirabel ditetapkan pada ukuran 5 mikron, partikel berukuran 5–10 mikron dengan konsentrasi tertentu masih dapat mencapai alveoli, sementara partikel lebih besar dari 5 mikron umumnya akan dikeluarkan.
- e. Pada konsentrasi kurang dari 10 partikel/m³, seluruh debu berukuran lebih dari 5 mikron akan tereliminasi. Namun, jika jumlah partikel udara mencapai 1.000 partikel/m³, sekitar 10% di antaranya dapat tertimbun di jaringan paru-paru (Isdianto & Widiyanto, 2015).

5. Nilai Ambang Batas (NAB) Debu

NAB debu merupakan indikator kuantitatif yang digunakan untuk menetapkan konsentrasi maksimum partikel debu di udara yang masih dapat ditoleransi tanpa menimbulkan gangguan kesehatan pada pekerja. NAB menjadi salah satu komponen penting dalam sistem keselamatan

dan kesehatan kerja (K3), terutama dalam industri yang memiliki potensi paparan debu tinggi, seperti pertambangan, konstruksi, manufaktur, dan pertanian. Penetapan NAB bertujuan untuk mengontrol paparan zat berbahaya agar tidak melebihi batas yang dapat menimbulkan dampak kesehatan jangka pendek maupun jangka panjang bagi pekerja. Penetapan NAB debu mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 41 Tahun 1999 dan telah disesuaikan dengan Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1405/Menkes/SK/XV/2002 tanggal 19 November 2002, khususnya pada Lampiran I tentang ketentuan dan tata cara kesehatan lingkungan kerja. Batas kandungan debu di udara yang dianggap aman, berdasarkan rata-rata paparan selama 8 jam, ditentukan sebesar 0,15 mg/m³. NAB juga dapat bervariasi tergantung pada jenis bahan yang menjadi sumber debu. Misalnya, NAB untuk debu yang mengandung silika bebas kristalin ditetapkan pada tingkat yang lebih rendah, sekitar 0,025 mg/m³ menurut standar ACGIH, karena kontak berkepanjangan dengan silika dapat memicu silikosis, yakni penyakit paru yang bersifat progresif serta *irreversible*. Demikian pula, NAB untuk debu logam berat seperti timbal atau asbes ditetapkan sangat ketat karena sifat toksik dan karsinogeniknya yang tinggi (Indirwan *et al.*, 2023).

6. Mekanisme Penurunan Fungsi Paru Oleh Debu

Faktor lingkungan kerja merupakan salah satu sumber potensi bahaya yang dapat ditimbulkan oleh proses kerja. Kualitas atmosfer di

tempat kerja dapat mempengaruhi kesehatan pekerja. Media lingkungan yang sensitif adalah udara. Baik aktivitas manusia maupun sumber alam dapat menyebabkan pencemaran udara. Paparan debu, baik dari lingkungan industri, polusi udara, maupun partikel halus seperti PM_{2.5} dan PM₁₀, dapat menyebabkan gangguan fungsi paru melalui serangkaian proses patologis yang kompleks. Bulu hidung dan concha menyaring partikel dan debu yang terhirup. Gejala seperti gatal, bersin dan rinorea dipicu oleh alergen, sedangkan gejala seperti rasa terbakar, peradangan, dan hidung tersumbat dipicu oleh iritan. Proses awal yang terjadi pada mukosa nasal adalah vasodilatasi, peningkatan permeabilitas vaskular, rinorea, dan kongesti nasal. Beberapa faktor risiko, baik okupasional maupun non-okupasional, dapat berkontribusi pada perkembangan penyakit ini. Pada saluran pernapasan, laring merupakan bagian dengan luas penampang terkecil. Kondisi ini menyebabkan aliran udara menyempit, meningkatkan kecepatan udara, dan berkontribusi terhadap deposisi partikel serta pembentukan vortisitas (Alvanesya Gita *et al.*, 2024).

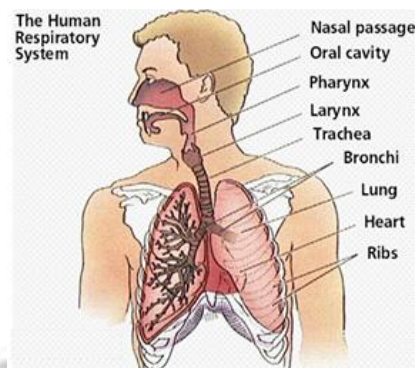
Kebocoran mediator inflamasi dari saluran hidung, alergen, atau bahan iritan dapat menyebabkan peradangan dan edema pita suara. Ada juga hubungan antara paparan ini dan disfungsi pita suara, yang menyebabkan gejala mirip dengan asma saat menghirup. Di dalam saluran respirasi, jumlah dan dimensi partikel menentukan lokasi deposisi. Partikel dengan diameter 10 µm atau lebih mengendap di faring dan

kavum nasal, sedangkan partikel dengan diameter 5 μm atau kurang dapat mencapai ke alveoli. Partikel berukuran intermediet mengendap pada tingkat yang bervariasi (Fatimah *et al.*, 2018).

B. Forced Expiratory Volume In One Second (FEV₁)

1. Definisi

Forced Expiratory Volume in One Second (FEV₁) merupakan salah satu parameter utama dalam pemeriksaan fungsi paru menggunakan spirometri. Secara sederhana, FEV₁ adalah volume udara yang dapat diekspirasikan secara paksa dari paru saat detik pertama setelah seseorang melakukan inspirasi maksimal. Pemeriksaan ini mengukur kecepatan dan kuantitas udara yang dapat dikeluarkan oleh paru-paru, yang mencerminkan efisiensi dan kapasitas saluran pernapasan dalam melakukan ventilasi. FEV₁ digunakan sebagai indikator penting untuk menilai adanya gangguan pada saluran pernapasan, yang secara khusus mengacu pada gangguan obstruktif, termasuk asma dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK). Dalam kondisi fisiologis normal, seseorang dapat menghembuskan mayoritas udara paru-paru pada detik pertama, dengan nilai FEV₁ biasanya mencapai kisaran 80% atau mengacu pada nilai prediksi sesuai dengan faktor usia, tinggi tubuh, jenis kelamin, serta latar etnisitas. Namun, bila terdapat penyempitan atau hambatan pada saluran napas, maka udara sulit keluar dengan cepat, menyebabkan penurunan nilai FEV₁ yang signifikan (Eguchi *et al.*, 2017).



Gambar 2. 2 Anatomi saluran pernafasan

Sumber : (Molenaar *et al.*, 2016)

FEV₁ sensitif terhadap perkembangan paru dan berkorelasi dengan parameter antropometri dan usia, merupakan indeks yang paling sering digunakan untuk menentukan abnormalitas obstruksi jalan napas, bronkokonstriksi, dan respons bronkodilator. Nilai FEV₁ dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk usia, jenis kelamin, riwayat merokok, paparan asap rokok pasif, indeks massa tubuh (IMT), riwayat asma, penggunaan inhaler, dan kualitas udara. FEV₁ tidak hanya digunakan untuk mendeteksi adanya gangguan, tetapi juga untuk mengukur tingkat keparahannya. Semakin rendah nilai FEV₁, semakin berat derajat obstruksi yang terjadi. Oleh karena itu, FEV₁ sangat berguna dalam memantau perkembangan penyakit pernapasan kronis dari waktu ke waktu, serta dalam mengevaluasi respons terhadap pengobatan, misalnya setelah pemberian bronkodilator. Selain itu, dalam konteks diagnosis medis, FEV₁ biasanya dianalisis bersamaan dengan *Forced Vital Capacity* (FVC) untuk mendapatkan rasio FEV₁ ataupun FVC, yang

dapat mengidentifikasi perbedaan antara kelainan obstruktif dan restriktif (Thomas *et al.*, 2019).

2. Fisiologi (FEV₁)

Banyak struktur membentuk sistem pernapasan, dan masing-masing struktur bertanggung jawab atas proses respirasi eksternal, ditandai dengan masuknya oksigen (O₂) dari udara ke aliran darah dan keluarnya karbondioksida (CO₂) dari darah menuju atmosfer. Volume udara yang dikeluarkan secara paksa dalam satu detik pertama disebut FEV₁ dan nilai normalnya 3,2 liter. Rasio FEV₁/FVC normalnya 75–80% yang berarti individu sehat dapat menghembuskan 75–80% FVC dalam satu detik. Kemunduran struktur dan fungsi paru-paru menurun secara fisiologis seiring bertambahnya usia. Peningkatan rigiditas dinding toraks serta penurunan elastisitas paru-paru menyebabkan penurunan tersebut. Setelah usia empat puluh tahun, kekuatan fisik berkurang, yang mengakibatkan penurunan kebutuhan energi, yang kemudian menurun sampai usia empat puluh tahun. Usia juga memengaruhi frekuensi respirasi dan kapasitas paru, yang normalnya antara 12 dan 20 kali per menit pada dewasa, 24 kali per menit pada anak, dan 30 hingga 40 kali per menit pada bayi. Pertumbuhan paru-paru terjadi dari anak-anak sampai dewasa, sehingga nilai fungsi paru-paru meningkat seiring bertambahnya usia. Nilai fungsi paru-paru menurun secara bertahap setelah beberapa waktu, biasanya mulai menurun pada usia 30 tahun (Molenaar *et al.*, 2016).

Peningkatan *Volume Expiratory Forced* dalam satu Second ini dipengaruhi oleh beberapa proses fisiologis, misalnya Latihan pernapasan diafragma memperkuat otot-otot pernapasan, yang membuat kontraksi otot ini lebih efisien. Proses ini menyebabkan peningkatan ekspansi paru saat inspirasi sehingga aliran udara menjadi lebih lancar, terutama melalui otot. Ini meningkatkan kapasitas paru untuk pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Latihan teratur, terutama yang memperkuat otot otot interostal, dapat meningkatkan FEV1 dan kapasitas vital paru. Kekuatan otot ini dapat meningkatkan tekanan inspirasi dan ekspirasi dengan cara yang lebih baik, yang menghasilkan ventilasi paru yang lebih baik dan peningkatan volume udara yang dapat dikeluarkan dalam satu detik (G. M. Abidin *et al.*, 2024).

3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Paparan Debu terhadap FEV1

Forced Vital Capacity (FVC) adalah parameter penting dalam mengukur fungsi paru, yang menunjukkan volume maksimum udara yang dapat dikeluarkan setelah inhalasi maksimal. Paparan debu dapat mempengaruhi FEV 1 melalui beberapa faktor. Paparan debu dan merokok memperburuk fungsi paru. Partikel debu dan nikotin meningkatkan stres oksidatif dan peradangan saluran napas. Salah satu penyebab risiko penyakit saluran pernapasan adalah karyawan yang merokok. Tembakau mengandung lebih dari 2000 substansi kimia, dimana 1200 diantaranya merupakan bahan toksik bagi kesehatan

manusia. Merokok dapat mengubah morfologi dan fungsi saluran napas serta jaringan paru. Paparan debu dapat memperburuk fungsi paru-paru jika Anda merokok. Studi menunjukkan bahwa perokok yang terpapar debu memiliki FEV 1 yang lebih rendah daripada non-perokok (Pertiwi *et al.*, 2024).

Faktor tambahan adalah gizi, yang dapat berdampak pada kesehatan. Kekurangan gizi dapat menyebabkan sistem kekebalan dan antibodi menurun, yang dapat mempermudah seseorang terserang infeksi. Namun, obesitas juga mengganggu fungsi paru-paru. Obesitas menyebabkan akumulasi jaringan adiposa pada dinding toraks dan rongga abdomen, yang menekan paru, rongga abdomen, dan rongga toraks. Penggunaan alat pelindung diri seperti masker juga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi gangguan fungsi paru. Pekerja yang menggunakan masker sesuai standar akan terhindar dari paparan debu dan mengurangi risiko penurunan fungsi paru. Namun, penggunaan masker yang tidak tepat meningkatkan gangguan saluran pernapasan (Oktarini *et al.*, 2021).

Faktor-faktor seperti masa kerja dan usia memberikan dampak negatif pada pekerja industri, karena mereka lebih rentan mengalami gangguan fungsi paru akibat terpapar endotoksin dalam debu. Sebuah studi menunjukkan bahwa durasi masa kerja yang lebih panjang berkorelasi dengan peningkatan paparan endotoksin, yang dapat memicu penurunan fungsi paru. Faktor usia turut memperburuk kondisi ini, karena kekuatan otot respirasi, kapasitas ekspansi paru, volume vital, FVC,

FEV₁, dan cairan antioksidan cenderung menurun. Akibatnya, pekerja berusia ≥ 50 tahun memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap gangguan paru obstruktif dibandingkan pekerja yang berusia (Umadiyah *et al.*, 2022).

4. Pengukuran *Forced Expiratory Volume in One Second*

Forced Expiratory Volume in One Second (FEV₁) adalah merupakan jumlah udara maksimum yang dapat dihembuskan secara paksa dalam detik awal setelah menghirup udara maksimal. Ini adalah parameter penting untuk mengukur fungsi paru-paru karena mengukur jumlah udara maksimum yang dapat dihembuskan secara paksa dalam detik awal. Nilai normal FEV₁ umumnya berada di atas 80% dari nilai prediksi. Jika terjadi gangguan restriktif, maka kapasitas vital (VC) akan berada di bawah 80% dari nilai yang diperkirakan, dan *Forced Vital Capacity* (FVC) juga akan berada di bawah 80% dari nilai prediksi. Pada kasus gangguan obstruktif, nilai FEV₁ turun hingga kurang dari 80% prediksi, dengan rasio FEV₁/FVC menurun di bawah 70%. Sedangkan pada kondisi kombinasi obstruktif dan restriktif, FVC tetap kurang dari 80% prediksi dan rasio FEV₁/FVC berada di bawah 75% (Mosa *et al.*, 2025).

Spirometry berfungsi untuk mengukur jumlah udara yang masuk ke paru-paru dan keluar darinya dalam satu detik pertama, yang dikenal sebagai *forced expiratory volume*. Spirometer memantau dan menilai kondisi kesehatan yang terkait dengan gangguannya. Spirometri, alat

sederhana meliputi pengukuran *forced expiratory volume* dan *forced vital capacity*. Untuk mengkaji secara menyeluruh fungsi ventilasi paru-paru, penggunaan spirometer ini sangat penting. Pengukuran *spirometry* biasanya dilakukan selama sepuluh hingga lima belas menit dan dapat digunakan untuk menentukan fungsi paru-paru dan berbagai kondisi pernapasan yang dialami seseorang. Terdapat dua jenis kelainan fungsi paru, yakni obstruktif yang menyebabkan hambatan aliran udara dan restriktif yang menghambat ekspansi paru. Rasio *forced expiratory volume* dan *forced vital capacity* pada kondisi obstruktif umumnya berada di bawah 70%. Gangguan fungsi obstruktif (hambatan aliran udara) : nilai rasio FEV1/FVC

5. Indikasi Spirometri

Spirometri digunakan untuk menilai fungsi paru dan membantu penatalaksanaan berbagai penyakit pada thoraks. Spirometri juga berguna bagi pasien dengan keluhan seperti batuk lama, sering mengeluarkan dahak di pagi hari, hemoptisis (batuk darah), ketidakmampuan untuk beraktivitas sesuai usia, dan perokok. Spirometri memungkinkan untuk pengukuran dampak penyakit pada fungsi paru, penilaian respons jalan napas, pemantauan progresi penyakit serta hasil terapi (Tarigan *et al.*, 2019).

Spirometri memiliki empat manfaat untuk digunakan. Yaitu sebagai berikut:

- b. Diagnostik dilakukan untuk mengevaluasi individu dengan gejala, tanda klinis, atau hasil laboratorium yang abnormal; melakukan skrining pada kelompok berisiko penyakit paru; menilai dampak gangguan fungsi paru pada penderita; mengestimasi risiko praoperasi; menentukan prognosis penyakit respirasi; serta menilai kondisi kesehatan sebelum memulai program latihan.
- c. Monitoring dilakukan dengan tujuan menilai efektivitas intervensi terapeutik, memantau perkembangan penyakit yang memengaruhi fungsi paru, mengawasi individu yang terpapar agen berisiko, serta mendeteksi efek samping obat yang bersifat toksik terhadap paru
- d. Evaluasi kecacatan atau kelumpuhan digunakan untuk mengidentifikasi pasien yang memerlukan program rehabilitasi, serta memenuhi kebutuhan asuransi dan aspek hukum.
- e. Kesehatan masyarakat mencakup survei epidemiologis, skrining penyakit obstruktif maupun restriktif, penetapan standar nilai normal, serta pelaksanaan penelitian klinis (Apriningsih *et al.*, 2024).

6. Kontraindikasi Spirometri

Kontraindikasi spirometri dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu kontraindikasi absolut dan relatif, yang didasarkan pada risiko efek samping dari manuver ekspirasi paksa yang dilakukan selama

pemeriksaan. Dalam spirometri, kontraindikasi dibedakan menjadi absolut dan relatif. Contoh kontraindikasi absolut meliputi peningkatan tekanan intrakranial, adanya lesi yang mengisi ruang (*space-occupying lesion/SOL*) pada otak, serta ablasio retina. Sementara itu, kontraindikasi relatif mencakup hemoptisis dengan etiologi yang belum jelas, pneumotoraks, angina pektoris tidak stabil, serta berbagai jenis hernia seperti skrotalis, inguinalis, maupun umbilikalisis (HNP), bergantung pada tingkat keparahan. kondisi fisik dan psikologis pasien juga perlu menjadi perhatian. Pasien dengan disabilitas neurologis berat, gangguan kesadaran, atau gangguan kognitif yang tidak mampu mengikuti instruksi secara konsisten, biasanya tidak dianjurkan menjalani spirometri karena hasil tes akan tidak valid dan berisiko menyebabkan kelelahan atau cedera. Begitu juga pasien dengan infeksi saluran napas akut, seperti bronkitis atau pneumonia, sebaiknya menunda spirometri hingga kondisinya membaik agar tidak memperburuk gejala atau menyebarkan infeksi ke lingkungan sekitar, terutama jika tes dilakukan di ruang tertutup (Setiawan *et al.*, 2020).

Kontraindikasi absolut merujuk pada kondisi-kondisi medis di mana spirometri sebaiknya tidak dilakukan sama sekali karena berisiko tinggi menimbulkan komplikasi serius. Salah satu kondisi tersebut adalah pasien yang baru saja mengalami infark miokard (serangan jantung) dalam kurun waktu beberapa minggu terakhir. Aktivitas meniup secara maksimal saat spirometri dapat meningkatkan tekanan intratorakal, yang

pada pasien pasca infark dapat memicu gangguan perfusi jantung atau bahkan menyebabkan kekambuhan. Selain itu, pasien dengan aneurisma otak atau aorta juga dikategorikan dalam kontraindikasi absolut, karena peningkatan tekanan saat manuver spirometri dapat memicu ruptur atau pecahnya pembuluh darah yang telah melemah. Sementara itu, kontraindikasi relatif adalah kondisi di mana spirometri masih dapat dilakukan, tetapi dengan kehati-hatian yang tinggi dan mempertimbangkan manfaat serta risiko secara individual. Misalnya, pasien dengan riwayat hemoptisis (batuk berdarah) tanpa penyebab yang jelas, lebih baik ditunda dari pemeriksaan ini karena manuver ekspirasi paksa dapat memperparah perdarahan. Demikian pula pasien yang baru saja menjalani operasi toraks, abdomen, atau mata, harus menghindari spirometri untuk sementara waktu karena tekanan tinggi saat tes bisa mengganggu proses penyembuhan luka operasi atau bahkan menyebabkan robekan kembali (Oktavia *et al.*, 2016).

7. Parameter Spirometri

Nilai FEV1 memberikan gambaran kuantitatif mengenai sejauh mana saluran napas mampu mengalirkan udara secara efisien dan cepat, sehingga parameter ini sangat relevan dalam menilai adanya gangguan ventilasi baik yang bersifat obstruktif maupun restriktif. Secara prosedural, pengukuran FEV1 dilakukan dengan meminta pasien untuk mengambil napas sedalam mungkin, lalu udara dihembuskan secara

maksimal, cepat, dan kuat ke dalam spirometer, di mana volume ekspirasi pada detik pertama setelah awal direkam. Hembusan itulah yang dicatat sebagai *forced expiratory volume*. Hasil pengukuran kemudian dikonfrontasikan dengan nilai prediksi yang dihitung sesuai faktor usia, jenis kelamin, tinggi tubuh, serta latar etnis pasien. Nilai normal *forced expiratory volume* biasanya berada di atas 80% dari nilai prediksi. Penurunan *forced expiratory volume* mengindikasikan adanya hambatan pada aliran udara yang bisa disebabkan oleh penyempitan saluran napas atau hilangnya elastisitas paru. *forced expiratory volume* sangat bermanfaat dalam mendiagnosis penyakit paru obstruktif seperti asma dan *Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)*. Pada kondisi-kondisi tersebut, *forced expiratory volume* cenderung menurun secara signifikan karena peningkatan resistensi di saluran napas, yang membuat pasien kesulitan menghembuskan udara secara cepat dan penuh dalam waktu singkat. Oleh karena itu, dalam praktik klinis, FEV1 sering digunakan sebagai indikator tingkat keparahan penyakit obstruktif, dan bahkan dijadikan dasar dalam klasifikasi derajat keparahan COPD mengacu pada pedoman *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD)* (Knox-Brown *et al.*, 2022).

Forced expiratory volume juga sering dipadukan dengan parameter lain seperti *forced vital capacity*, yaitu jumlah keseluruhan udara yang bisa dihembuskan dari paru-paru setelah inspirasi penuh, untuk menghitung rasio FEV1/FVC. Rasio ini membantu membedakan

jenis gangguan thoraks. Jika rasio FEV_1/FVC yang tercatat di bawah 70%, maka kemungkinan besar terdapat gangguan obstruktif. Sebaliknya, pada gangguan restriktif seperti fibrosis paru, nilai *forced expiratory volume* dan *forced vital capacity* turun bersamaan, tetapi rasio *forced expiratory volume* atau *forced vital capacity* tetap normal atau bahkan meningkat. Dalam konteks pemantauan terapi, FEV_1 juga berguna untuk mengevaluasi respons pasien terhadap pengobatan bronkodilator. Peningkatan FEV_1 setelah pemberian obat dapat menunjukkan bahwa pada asma, obstruksi saluran napas biasanya bersifat reversibel. Adanya obstruksi jalan napas ditunjukkan oleh rendahnya FEV_1 . Hal ini membuat FEV_1 tidak hanya penting sebagai alat diagnostik, tetapi juga sebagai indikator efektivitas pengobatan dan perkembangan penyakit secara longitudinal (Knox-Brown *et al.*, 2023).

8. Interpretasi Spirometri

Interpretasi spirometri, khususnya terhadap parameter *forced expiratory volume*, merupakan langkah penting dalam menilai status fungsi paru seseorang. Pemeriksaan spirometri tidak hanya menghasilkan data kuantitatif terkait volume udara yang diekspirasi, tetapi juga menyajikan informasi klinis yang komprehensif mengenai jenis serta tingkat keparahan gangguan pernapasan pasien (Octavia *et al.*, 2025).

C. SUPELTAS

Sukarelawan Pengatur Lalu Lintas (SUPELTAS) di Kota Malang hadir sebagai bentuk kepedulian masyarakat terhadap masalah kemacetan yang semakin meningkat. (Shofrillah, 2020) menjelaskan bahwa keberadaan Supeltas berperan penting dalam membantu kelancaran arus lalu lintas, terutama di titik persimpangan yang belum dilengkapi fasilitas pengaturan aktivitas lalu lintas seperti lampu lalu lintas. Walaupun terdapat aturan dalam Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 2 Tahun 2012 yang membatasi kewenangan pengaturan lalu lintas oleh pihak non-resmi, praktik Supeltas tetap dianggap membawa manfaat sosial karena membantu menciptakan keteraturan dan keamanan di jalan raya. Dari sudut pandang kesehatan kerja, aktivitas Supeltas yang dilakukan di lingkungan lalu lintas padat menempatkan mereka pada risiko paparan polusi udara dan debu kendaraan bermotor. Kondisi ini sejalan dengan konsep *traffic-related air pollution* (TRAP), di mana pekerja lapangan yang terpapar polutan secara berulang berpotensi mengalami gangguan fungsi paru. Paparan jangka panjang terhadap debu respirabel dapat memicu inflamasi saluran napas dan menurunkan kapasitas paru, yang salah satunya dapat diukur melalui parameter spirometri seperti *Forced Expiratory Volume in One Second* (FEV₁). Selain itu, penelitian (Shofrillah, 2020) menekankan bahwa Supeltas bekerja secara sukarela tanpa imbalan, namun tetap menghadapi beban kerja fisik dan lingkungan yang signifikan. Hal ini relevan dengan kajian fisioterapi, karena paparan polusi udara di tempat kerja

202210490311084
Femilia Ananda Niode
Prodi Fisioterapi

dapat menjadi faktor risiko yang memengaruhi kesehatan respirasi. Dengan demikian, keberadaan Supeltas tidak hanya penting dari sisi sosial dan hukum, tetapi juga menjadi kelompok yang perlu diperhatikan dalam konteks kesehatan masyarakat dan fisioterapi, khususnya terkait pencegahan gangguan fungsi paru akibat paparan debu di lingkungan kerja perkotaan.

