

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Kapasitas Vital Paru

##### 1. Pengertian Kapasitas Vital Paru

Ambilan oksigen maksimal (kapasitas vital paru) merupakan karakteristik fisiologis yang dibatasi oleh persamaan Fick: volume diastolik akhir ventrikel kiri – volume akhir sistolik ventrikel kiri x denyut jantung x perbedaan oksigen darah arteri-vena. Kapasitas paru adalah suatu ukuran seberapa banyak jumlah oksigen tubuh dapat diproses untuk menghasilkan energi. Hal ini diukur dalam milimeter oksigen per kilogram berat badan per menit (Levine, 2007).

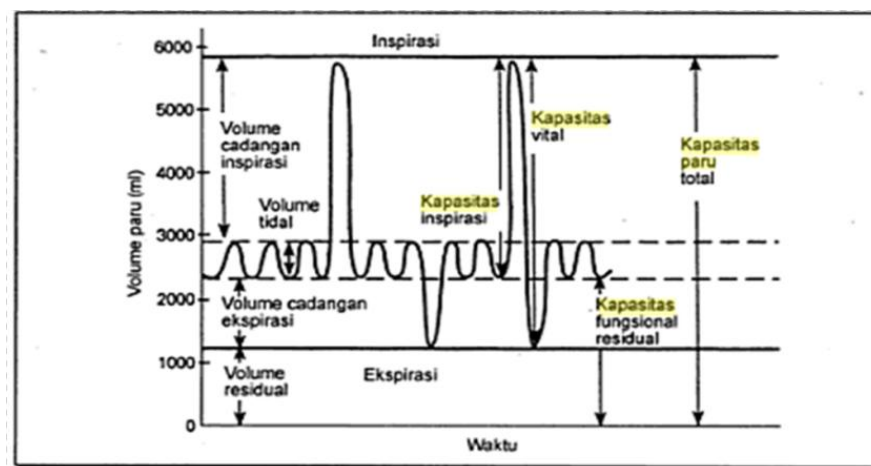
Guyton (2009) bahwa berdasarkan pada tinggi badan seseorang dapat ditaksir besar kapasitas vitalnya, orang yang semakin tinggi cenderung mempunyai kapasitas vital paru-paru yang lebih besar dari orang yang tinggi badannya rendah. Pada pria kapasitas vital prediksi =  $(27,63 - 0,112 U) TB$ , sementara pada wanita kapasitas vital prediksinya =  $(21,78 - 0,101 U) TB$ . U merupakan umur dalam tahun dan TB adalah tinggi badan dalam cm.

ATS (*American Thoracic Society*, 2010) menyebutkan ada beberapa kategori gangguan fungsi paru;

- a. Gangguan fungsi paru berat bila KVP (Kapasitas Vital Paru)  $\leq 50\%$ ,
- b. Gangguan fungsi paru sedang jika KVP antara 51 – 59%, dan

c. Gangguan fungsi paru ringan jika KVP antara 60 – 79%.

Grill (2005) menyatakan fungsi paru berubah – ubah akibat sejumlah faktor non-pekerjaan diantaranya adalah oleh usia, jenis kelamin, ukuran paru, etnik, tinggi badan, kebiasaan merokok, toleransi latihan, kekeliruan pengamat, kekeliruan alat.



Gambar 2.1 Volume Paru pada Respirasi  
Sumber: Guyton (2009)

## 2. Fisiologi Saluran Pernafasan

### a. Mekanisme Pernapasan

Fungsi paru ialah pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida. Pernapasan terdiri atas dua bagian, inspirasi dan ekspirasi. Selama pernapasan normal dan tenang hampir semua kontraksi otot pernapasan hanya terjadi selama inspirasi, sedangkan ekspirasi adalah proses yang hampir seluruhnya pasif akibat elastisitas paru dan struktur rangka dada (Guyton, 2009).

b. Kerja Inspirasi

Kerja inspirasi dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu (1) sesuatu yang dibutuhkan untuk pengembangan paru dalam melawan daya elastisitas paru dan dada, yaitu kerja *compliance* atau kerja elastis, (2) sesuatu yang dibutuhkan untuk mengatasi viskositas jaringan paru dan struktur dinding dada, disebut kerja *resistensi* jaringan, (3) sesuatu yang dibutuhkan untuk mengatasi *resistensi* jalan napas selama udara masuk ke dalam paru, disebut kerja resistensi jalan nafas.

c. Kerja Ekspirasi

Kerja ekspirasi dapat dibagi menjadi tiga stadium, yaitu (1) ventilasi, yaitu masuknya campuran gas-gas ke dalam dan keluar paru, (2) transportasi, yaitu terdiri dari beberapa aspek yaitu: difusi gas-gas antar alveolus dan kapiler paru dan antara daerah sistematik dan sel –sel jaringan, distribusi darah dalam *sirkulasi pulmoner* dan penyesuaiannya dengan distribusi udara dalam alveolus dan reaksi kimia dan fisik dari oksigen dan karbondioksida dengan darah, (3) respirasi sel, yaitu saat dimana metabolit oksida untuk mendapatkan energi, dan karbondioksida terbentuk sebagai sampah proses metabolisme sel dan dikeluarkan oleh paru. Selama pernapasan tenang dan normal, sebagian besar kerja yang dilakukan oleh otot-otot pernapasan digunakan untuk mengembangkan paru. Normalnya hanya sebagian kecil dari kerja total yang digunakan untuk mengatasi resistensi jaringan (*viskositas* jaringan), yang lebih banyak digunakan

untuk mengatasi resistensi jalan napas. Dan selama pernapasan kuat, bila udara harus mengalir melalui saluran napas dengan kecepatan tinggi, lebih banyak lagi kerja yang digunakan untuk mengatasi resistensi jalan napas (Guyton, 2009).

### **3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kapasitas Vital Paru**

#### **a. Umur / Usia**

Nilai VO<sub>2</sub>max mencapai puncak pada usia 18-20 tahun. Nilai ini akan berkurang secara bertahap (1% per tahun) setelah usia 25 tahun. Pada orang yang aktif secara fisik, penurunan terjadi 5% per dekade, sedangkan pada orang dengan gaya hidup sedenter, penurunan VO<sub>2</sub>max mencapai 10% per dekade (Strijk, 2010). Umur berhubungan erat dengan proses penuaan, semakin tua seseorang maka akan terjadi penurunan elastisitas paru-parunya sehingga akan berpengaruh pada hasil tes fungsi paru. Faal paru tenaga kerja dipengaruhi oleh umur. Meningkatnya umur seseorang maka kerentanan terhadap penyakit akan bertambah, khususnya gangguan saluran pernapasan. Faktor umur mempengaruhi kekenyalan paru sebagaimana jaringan lain dalam tubuh. Walaupun tidak dapat dideteksi hubungan umur dengan pemenuhan volume paru tetapi rata-rata telah memberikan suatu perubahan yang besar terhadap volume paru. Hal ini sesuai dengan konsep paru yang elastisitas (Mengkid, 2006).

Menurut Atmaja (2007), bahwa penambahan usia seseorang mempengaruhi jaringan pada tubuh. Fungsi elastisitas jaringan paru

berkurang, sehingga kekuatan bernapas menjadi lemah, akibatnya volume udara pada saat pernapasan akan menjadi lebih sedikit. Sifat elastisitas paru tidak berubah pada usia 7-39 tahun, tetapi ada kecenderungan menurun setelah usia 25 tahun dan penurunan ini terlihat nyata setelah usia 30 tahun.

b. Jenis Kelamin

Atmaja (2007) volume dan kapasitas seluruh paru pada wanita kira-kira 20 sampai 25 persen lebih kecil daripada pria, dan lebih besar lagi pada pemain dan orang bertubuh besar daripada orang yang bertubuh kecil. Kapasitas paru pada pria lebih besar yaitu 4,8 L dibanding pada wanita yaitu 3,1 L.

c. Riwayat Penyakit

Menurut Ganong (2006) kondisi kesehatan dapat mempengaruhi kapasitas vital paru seseorang. Kekuatan otot-otot pernapasan dapat berkurang akibat sakit. Seperti asma, pasca Tb, penyakit sistemik. Pada orang yang memiliki penyakit asma (emfisema), diameter saluran udara pada paru-parunya menyempit, sehingga aliran udara yang keluar masuk paru-paru menjadi berkurang. Hal tersebut mengakibatkan adanya penurunan kapasitas vital parunya.

d. Kebiasaan Merokok

Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi saluran pernapasan dan jaringan paru. Kebiasaan merokok akan mempercepat

penurunan faal paru. Penurunan volume ekspirasi paksa pertahun adalah 28,7 mL untuk non perokok, 38,4 mL untuk mantan perokok dan 41,7 mL untuk perokok aktif. Pengaruh asap rokok dapat lebih besar daripada pengaruh debu hanya sekitar sepertiga dari pengaruh buruh rokok (Depkes RI, 2013).

e. Kebiasaan Olahraga

Faal paru dan olahraga mempunyai hubungan yang timbal balik, gangguan faal paru dapat mempengaruhi kemampuan olahraga. Sebaliknya, latihan fisik yang teratur atau olahraga dapat meningkatkan faal paru. Seseorang yang aktif dalam latihan akan mempunyai kapasitas aerobik yang lebih besar dan kebugaran yang lebih tinggi serta kapasitas paru yang meningkat (Sahab, 2011).

Menurut Adriskanda (2010) kapasitas vital paru dapat dipengaruhi oleh kebiasaan seseorang melakukan olahraga. Olahraga dapat meningkatkan aliran darah melalui paru-paru sehingga menyebabkan oksigen dapat berdifusi ke dalam kapiler paru dengan volume yang lebih besar atau maksimum. Menurut penelitian, nilai kapasitas vital paru orang Indonesia yang tidak olahraga adalah  $\pm 3,6$  liter, sedangkan orang Indonesia yang berolahraga adalah  $\pm 4,2$  liter. Pengaruh olahraga adalah melatih otot pernafasan, meningkatkan kekuatan dan efisiensi otot. Kapasitas vital pada seseorang pemain akan lebih besar daripada orang

tidak pernah berolahraga. Kebiasaan olahraga akan meningkatkan kapasitas vital paru 30-40%.

f. Status Gizi

Menurut (Steele *et al.*, 2008), status gizi seseorang dapat mempengaruhi kapasitas vital paru. Orang kurus tinggi biasanya memiliki kapasitasnya lebih dari orang gemuk pendek. status gizi yang berlebihan dengan adanya timbunan lemak dapat menurunkan compliance dinding dada dan paru sehingga ventilasi paru akan terganggu akibatnya kapasitas vital paru akan menurun.

## **B. Polusi Udara**

### **1. Pengertian Polusi Udara**

Udara adalah faktor yang penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Udara sebagai komponen lingkungan yang sangat penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal (Nugroho, 2009).

Pencemaran udara dapat pula diartikan adanya bahan-bahan atau zat asing di dalam udara yang menyebabkan terjadinya perubahan komposisi udara dari susunan atau keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat asing tersebut di dalam udara dalam jumlah dan jangka waktu tertentu akan dapat menimbulkan

gangguan pada kehidupan manusia, hewan, maupun tumbuhan (Wardhana, 2008).

Berdasarkan peraturan pemerintah No. 41 tahun 1999 Udara ambient adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada didalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang di butuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No.KEP-03/MENKLH/II/1991, yang menyatakan bahwa “pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya” (Mukono, 2011).

Atmosfer bumi adalah gas yang melapisi bumi dan terbagi dalam beberapa lapis. Lapisan yang paling dalam disebut juga troposfer yang tebalnya sekitar nitrogen (78%) dan oksigen (21%). Sisanya adalah gas argon yang kurang dari 1% dari karbon dioksida sekitar 0,035%. Udara dalam troposfer juga mengandung uap air yang jumlahnya sekitar 0,01% di daerah subtropis dan sekitar 5% di daerah tropis yang lembab (Darmono, 2006).

Secara umum atmosfer mempunyai sifat-sifat seperti tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa, tidak dapat diraba kecuali sedang bergerak, sangat dinamis, mudah bergerak atau mengalir bila terjadi perbedaan tekanan, sangat



elastis, dimanfaatkan atau mengkerut, sanggup memuai tanpa batas. Merupakan penerus panas yang jelek, tetapi dapat memindahkan panas secara pengaliran (konveksi). Dapat ditembus oleh berbagai sinar. Karena atmosfer mempunyai berat, maka atmosfer memberikan tekanan kepada permukaan bumi (tekanan udara). Melekat pada kulit bumi oleh gravitasi bumi (Daryanto, 2006).

Perubahan kualitas udara ambien, biasanya mencakup parameter-parameter gas  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , Hidrokarbon, dan Partikel debu. Apabila terjadi peningkatan kadar bahan-bahan tersebut di udara ambien yang melebihi baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan, dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan (Mukono, 2011).

## **2. Klasifikasi Bahan Pencemar**

Adapun klasifikasi bahan pencemar atau polutan menurut (Mukono, 2011) dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

### **a. Polutan Primer**

Polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu, dan dapat berupa gas. Gas terdiri dari:

- 1) Senyawa karbon yaitu hidrokarbon, hidrokarbon teroksigenasi, dan karbon oksida.
- 2) Senyawa sulfur yaitu sulfur oksida.
- 3) Senyawa nitrogen yaitu nitrogen oksida dan amoniak.
- 4) Senyawa halogen yaitu fluor, klorin, hydrogen klorida, hidrokarbon terklorinasi, dan bromine.

b. Polutan Sekunder

Polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia diudara misalnya reaksi foto kimia. Sebagai contoh adalah disosiasi  $\text{NO}_2$  yang menghasilkan NO dan O radikal. Proses kecepatan dan arah reaksinya di pengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- 1) Konsentrasi relatif dan bahan reaktan
- 2) Derajat fotoaktivasi
- 3) Kondisi iklim
- 4) Topografi lokal dan adanya embun. Polutan sekunder ini mempunyai sifat fisik dan sifat kimia yang tidak stabil.

**3. Efek Bahan Pencemar Udara Terhadap Lingkungan**

Adapun efek yang ditimbulkan oleh bahan pencemar udara terhadap lingkungan menurut (Mukono, 2011) antara lain sebagai berikut:

a. Efek terhadap kondisi fisik atmosfer.

Efek negatif bahan pencemar udara terhadap kondisi fisik atmosfer antara lain gangguan jarak pandang (*visibility*), memberikan warna tertentu pada atmosfer, mempengaruhi struktur dari awan, mempengaruhi keasaman air hujan, mempercepat pemanasan atmosfer.

b. Efek terhadap faktor ekonomi

efek negatif bahan pencemar udara terhadap faktor yang berhubungan dengan ekonomi antara lain, meningkatnya biaya rehabilitasi karena

rusaknya bahan (keropos) dan meningkatnya biaya pemeliharaan (pelapisan, pengecatan).

c. Efek terhadap vegetasi

Efek negatif bahan pencemar udara terhadap kehidupan vegetasi antara lain ialah perubahan morfologi, pigmen, dan kerusakan fisiologi sel tumbuhan terutama pada daun, dapat mempengaruhi pertumbuhan vegetasi, mempengaruhi proses reproduksi tanaman, mempengaruhi komposisi komunitas tanaman, dapat terjadi akumulasi bahan pencemar pada vegetasi tertentu, misalnya lumut kerak dan mempengaruhi kehidupan serta morfologi vegetasi tersebut.

d. Efek terhadap kehidupan binatang

Efek terhadap kehidupan binatang, baik binatang peliharaan maupun bukan, dapat terjadi karena adanya proses bioakumulasi dan keracunan bahan berbahaya. Sebagai contoh adalah terjadinya migrasi burung karena udara ambien terpapar oleh gas  $\text{SO}_2$ .

e. Efek estetik

Efek estetik yang diakibatkan adanya bahan pencemar udara antara lain timbulnya bau dan adanya lapisan debu pada bahan yang mengakibatkan perubahan warna permukaan bahan dan mudahnya terjadi kerusakan bahan tersebut.

#### **4. Pengaruh Udara Terhadap Kesehatan**

##### **a. Udara Bebas**

Udara bebas yang ada disekitar manusia dapat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat. Soemirat (2011) mengemukakan bahwa pengaruh tersebut dikelompokkan menjadi pengaruh langsung dan tidak langsung. Pengaruh udara bebas secara tidak langsung merupakan pengaruh terhadap kesejahteraan masyarakat. Misalnya, nitrogen di dalam udara dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk.

Pengaruh udara yang langsung, terjadi karena proses pernafasan dan kontak seluruh anggota tubuhnya dengan udara. Pengaruh udara terhadap kesehatan sangat ditentukan oleh komposisi kimia, biologis maupun fisis udara. Pada keadaan normal, sebagian besar terdiri atas oxygen dan nitrogen (90%).

Tetapi, aktivitas manusia dapat mengubah komposisi kimiawi udara sehingga meningkatkan konsentrasi zat-zat kimia yang sudah ada. Aktivitas manusia yang menjadi sumber pengotoran/pencemaran udara adalah buangan industri, kendaraan bermotor, dan pembakaran di rumah-rumah dan di ladang-ladang. Pengaruh terhadap kesehatan akan tampak apabila kadar zat pengotor meningkat sedemikian rupa sehingga timbul penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Pada kadar yang sedemikian, maka udara disebut telah tercemar.

Zat pencemar kimia yang paling banyak didapat antara lain adalah Karbonmonoksida (CO), Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), hidrokarbon, dan partikulat. Pengaruh zat kimia ini pertama-tama akan ditemukan pada sistem pernafasan dan kulit serta selaput lender selanjutnya apabila zat pencemar dapat memasuki peredaran darah, maka efek sistemik tak dapat dihindari. Oleh sebab itu kualitas udara yang baik akan diperoleh apabila sumber pencemar yang dihasilkan oleh aktivitas manusia di perhatikan dan dijaga agar tidak dapat mengganggu kualitas udara. Jika hal itu diabaikan maka manusia itu pula yang akan merasakan dampak yang ditimbulkan akibat pencemaran udara tersebut (Soemirat, 2011).

Kai-Jen Chuang et al. (2007) mengemukakan dampak polusi udara bebas terhadap manusia adalah sebagai berikut.

- 1) Timbulnya reaksi radang/inflamasi pada paru.
- 2) Terbentuknya radikal bebas atau stres oksidatif.
- 3) Terjadinya gangguan pada ikatan kovalen protein-protein penting intraseluler seperti enzim-enzim yang bekerja pada tubuh.
- 4) Terjadi gangguan imunitas tubuh.
- 5) Stimulasi sistem saraf yang mengatur kerja jantung dan saluran nafas.
- 6) Terjadi efek procoagulant yang dapat mengganggu sirkulasi darah dan memudahkan penyebaran polutan ke seluruh tubuh.

Yusad (2006) mengungkapkan bahwa gangguan kesehatan akibat polusi udara bebas akan mempengaruhi segi kehidupan manusia baik secara jangka pendek maupun jangka panjang.

1) Gangguan jangka pendek meliputi:

- a) Perawatan di rumah sakit akibat penyakit terkait dengan pernafasan.
- b) Berkurangnya aktivitas harian akibat sakit.
- c) Jumlah absensi (pekerjaan maupun sekolah).
- d) Gejala akut (batuk, sesak, infeksi pernafasan)
- e) Perubahan fisiologis (seperti fungsi paru dan tekanan darah).

2) Gangguan jangka panjang meliputi:

- a) Kematian seseorang karena penyakit pernafasan.
- b) Meningkatnya masalah penyakit paru-paru kronik (asma atau penyakit paru obstruktif kronik).
- c) Gangguan pertumbuhan dan perkembangan janin.
- d) Kanker.

b. Udara Tidak Bebas

Udara tidak bebas adalah udara yang didapat di dalam ruangan gedung-gedung seperti rumah, pabrik, sekolah, rumah sakit, dan lain sebagainya. Udara tidak bebas didapat pula di dalam sumur-sumur dan tambang-tambang. Berbeda dengan udara bebas, kualitas dan kuantitas udara tidak bebas seringkali ditentukan oleh penghuni gedung secara

sengaja ataupun tidak sengaja. Ada gedung yang secara khusus diatur baik suhu maupun frekuensi pertukaran udaranya. Oleh karena itu, kualitas udara tidak bebas sangat bervariasi. Apabila kualitas baik, tentunya tidak akan terjadi penyakit akibatnya. Tetapi apabila udara tidak bebas itu tercemar, maka efeknya akan sangat nyata. Karena aliran tidak bebas, maka pencemar mempunyai banyak kesempatan untuk masuk ke dalam tubuh penghuni dan dalam konsentrasi yang ada di dalam udara tersebut (Soemirat, 2011).

## **5. Prinsip–Prinsip Pengelolaan Kualitas Udara**

### **a. Baku Mutu Kualitas Udara**

Mengingat bahwa udara yang bersih itu diperlukan setiap detik bagi tercapainya masyarakat yang sehat, maka kualitas udara harus diusahakan agar selalu bersih. Tidak mungkin kiranya kita membiarkannya kotor dan dibersihkan kemudian sebelum dikonsumsi seperti halnya air, karena udara setiap detik diperlukan. Hal ini dikemukakan dengan asumsi bahwa kita tidak menghendaki menggondong penyediaan udara masing–masing seperti orang yang sedang menyelam.

Namun demikian dalam masalah kebersihan kualitas udara maupun pencemaran udara, selalu terdapat tiga kelompok manusia, yaitu mereka yang menginginkan udara selalu bersih, mereka yang ingin memanfaatkan udara dengan kapasitas membersihkan dirinya sebagai tempat untuk membuang segala sesuatu yang dapat dimasukkan ke dalam atmosfer,

sampai terjadi efek jelek yang nyata dan yang ketiga mereka yang baru saja mengerti tentang baik-buruknya kedua pendapat tersebut (masyarakat luas).

Pengelolaan sumber daya udara, sebagaimana halnya dengan sumber daya pada umumnya. Perlu dinaungi oleh iklim yang mengizinkan dilakukan tindakan-tindakan untuk pengelolaan tersebut. Iklim ini dapat tercipta setelah dibuat peraturan ataupun perundangan yang mengatur semuanya itu. Undang-undang sedemikian dikenal sebagai Undang-undang udara bersih. Undang-undang yang ada di Indonesia saat ini mengatur lingkungan secara umum dan dikenal sebagai UU. No.4 tahun 1982. Untuk dapat melaksanakan perundangan sedemikian diperlukan peraturan pelaksanaan yang berisikan angka-angka yang konkret tentang kadar berbagai zat yang boleh ada didalam udara. Peraturan seperti itu disebut standar (Soemirat, 2011).

b. Baku Mutu Udara Ambien

Udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yuridiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, mahluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya. Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien (PP No. 14 Tahun 1999).



Baku mutu ini mengindikasikan udara yang mengandung unsur-unsur melebihi standar akan disebut tercemar (bukan lagi terkotori). Kualitas udara dapat dipelihara sehingga kadar berbagai zat pencemar tidak terlampaui sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan terhadap manusia, hewan, tumbuhan maupun harta benda lainnya. Baku mutu udara ambien nasional terdiri dari beberapa parameter. Berikut adalah parameter-parameter yang menjadi standar pengukuran.

Tabel 2.1. Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Nasional

No	Parameter	Lama pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis
1	CO	1 jam	30.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NDIR analysis
2	SO <sub>2</sub>	1 jam	900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Pararosanilin
3	NO <sub>2</sub>	1 jam	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Saltzman
4	O <sub>3</sub>	1 jam	235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Chemiluminescent
5	Debu	24 jam	0,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gravimetri
6	Timah hitam	24 jam	0,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gravimetri absorpsi atom

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999

Tingkat pencemaran polusi udara diukur melalui indeks standar pencemar udara dengan kategori sebagai berikut (Bapedal, 1998).

- 1) Kategori baik, dengan rentang nilai 0-50. Ciri-ciri fisik pada indeks ini kadar CO<sub>2</sub> tidak memberikan efek bagi kesehatan, zat nitrogen sedikit tercium, zat ozon telah melukai beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi SO<sub>2</sub>, dan partikulat belum memberikan bagi mahluk hidup.
- 2) Kategori sedang, dengan rentang nilai 51 – 100. Ciri-ciri fisik pada indeks ini zat karbon dioksida mulai menyebabkan perubahan kimia

darah tapi tidak terdeteksi, zat nitrogen telah terbau, memberikan luka pada tumbuhan, zat partikular telah mempengaruhi jarak pandang.

- 3) Tidak sehat, dengan rentang 101 – 199. Ciri-ciri fisik adalah zat karbondioksida dari udara telah mempengaruhi peningkatan kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung, nitrogen telah tercium dan terjadi peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan penderita asma terhadap nitrogen, zat ozon telah berpengaruh pada atlet yang berlatih, zat sulfur dioksida telah tercium dan merusak tanaman, zat partikular menyebabkan jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu dimana-mana.
- 4) Sangat Tidak Sehat, dengan rentang 200 – 299. Ciri-ciri fisik pada indeks ini adalah meningkatkannya gangguan kardiovaskular pada orang yang bukan perokok yang berpenyakit jantung, dan akan tampak beberapa kelemahan yang terlihat secara nyata. Zat karbondioksida meningkatkan sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronkhitis. Zat ozon yang terkandung menyebabkan orang yang berolahraga pada indeks ini mempengaruhi pernafasan pada pasien yang berpenyakit paru-paru kronis. Zat sulfur yang terkandung menyebabkan peningkatan sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronkhitis. Zat partikular yang terkandung menyebabkan peningkatan sensitivitas pada pasien berpenyakit asma dan bronkhitis.

5) Berbahaya, dengan rentang 300 lebih. Pada indeks ini polusi udara telah mencapai tingkat berbahaya bagi semua populasi yang terpapar.

Batasan nilai indeks standar pencermar udara menurut masing-masing zat polutan adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2. Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara Untuk Setiap Parameter Pencemar

Indeks Standar Pencemar Udara	Partikular 24 jam	SO <sub>2</sub> 24 jam	CO B jam	O <sub>3</sub> 1 jam	NO <sub>2</sub> 1 jam
10	50 µg/m <sup>3</sup>	80 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	120 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>
100	150 µg/m <sup>3</sup>	365 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	235 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>
200	350 µg/m <sup>3</sup>	800 µg/m <sup>3</sup>	17 µg/m <sup>3</sup>	400 µg/m <sup>3</sup>	1130 µg/m <sup>3</sup>
300	420 µg/m <sup>3</sup>	1600 µg/m <sup>3</sup>	34 µg/m <sup>3</sup>	800 µg/m <sup>3</sup>	2260 µg/m <sup>3</sup>
400	500 µg/m <sup>3</sup>	2100 µg/m <sup>3</sup>	46 µg/m <sup>3</sup>	1000 µg/m <sup>3</sup>	3000 µg/m <sup>3</sup>
500	600 µg/m <sup>3</sup>	2620 µg/m <sup>3</sup>	57,5 µg/m <sup>3</sup>	1200 µg/m <sup>3</sup>	3750 µg/m <sup>3</sup>

Sumber: Bapedal, 1998

## C. Spirometri

### 1. Pengertian Spirometri

Spirometri adalah salah satu teknik pemeriksaan untuk mengetahui fungsi paru. Pemeriksaan spirometri digunakan untuk mengetahui adanya gangguan di paru dan saluran pernapasan. Alat ini sekaligus digunakan untuk mengukur fungsi paru. Pasien yang dianjurkan untuk melakukan pemeriksaan ini adalah pasien yang mengeluh sesak nafas, penderita PPOK dan lain sebagainya.

Spirometri dapat digunakan untuk mengevaluasi dan memonitor penyakit yang berhubungan dengan penyakit paru dan jantung sehingga pemeriksaan spirometri rutin digunakan di rumah sakit dengan pasien

penyakit paru dan atau jantung. Spirometri merupakan pemeriksaan *gold standard* untuk diagnosis dan monitor penyakit paru obstruksi kronik (PPOK) dan [asma](#). Selain itu juga digunakan sebagai *screening* awal untuk mendeteksi PPOK pada perokok.

Menurut Mawi & Martiem (2005) pemeriksaan spirometri sering dianggap sebagai pemeriksaan sederhana namun sebenarnya merupakan pemeriksaan yang sangat kompleks. Variabilitas hasil pemeriksaan spirometri lebih besar daripada pemeriksaan lain karena tidak konsistennya usaha subjek. Karena itu sangat diperlukan pemahaman, koordinasi dan kerjasama yang baik antara teknisi dan subjek agar didapatkan hasil yang optimal. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan hasil pemeriksaan spirometri adalah peralatan yang akurat, prosedur pemeriksaan yang baik, program pengendalian mutu berkelanjutan, nilai acuan yang tepat, dan algoritma interpretasi hasil yang baik.

## 2. Tujuan Pengukuran Spirometer

Tujuan pengukuran menggunakan spirometer adalah:

- a. Mengukur volume paru secara statis dan dinamis.,
- b. Menilai perubahan atau gangguan pada faal paru.

Hasil pengukuran yang dilaporkan adalah:

- a. *Forced vital capacity* (FVC) adalah jumlah udara yang dapat dikeluarkan secara paksa setelah inspirasi secara maksimal, diukur dalam liter.

- b. *Forced Expiratory volume in one second* (FEV1) adalah jumlah udara yang dapat dikeluarkan dalam waktu 1 detik, diukur dalam liter. Bersama dengan FVC merupakan indikator utama fungsi paru-paru.
- c. FEV1/FVC merupakan rasio FEV1/FVC. Pada orang dewasa sehat nilainya sekitar 75% - 80%
- d. FEF 25-75% (*forced expiratory flow*), optional
- e. *Peak Expiratory Flow* (PEF), merupakan kecepatan pergerakan udara keluar dari paru-paru pada awal ekspirasi, diukur dalam liter/detik.
- f. FEF 50% dan FEF 75%, optional, merupakan rata-rata aliran (kecepatan) udara keluar dari paru-paru selama pertengahan pernafasan (sering disebut juga sebagai MMEF (*maximal mid-expiratory flow*))

### **3. Alat dan Bahan**

- 1) Spirometri
- 2) Tissue
- 3) Tinta spirometri
- 4) *Mouth piece* disposable
- 5) Penjepit hidung

### **4. Persiapan Subjek Ukur**

- a. Menjelaskan tujuan dan cara pemeriksaan spirometri.
- b. Subjek bebas rokok minimal 2 jam sebelum pemeriksaan.
- c. Berpakaian tidak ketat.
- d. Dilakukan anamnesa, pengukuran tinggi badan dan berat badan.

## 5. Cara Kerja

Pemeriksaan Kapasitas Vital paru

- 1) Siapkan alat pencatat atau spirometri
- 2) Jelaskan tujuan dan cara kerja pemeriksaan kepada probandus, posisi probandus menghadap alat.
- 3) Nyalakan alat (power on). Masukkan/atur data probandus berupa nama dan umur.
- 4) Hubungkan probandus dengan alat dengan cara menyuruh probandus memasukkan *mouth piece* ke dalam mulutnya dan tutuplah hidung probandus dengan penjepit hidung.
- 5) Intruksikan probandus untuk bernafas tenang terlebih dahulu untuk beradaptasi dengan alat.
- 6) Tekan tombol start lat spirometri untuk memulai pengukuran.
- 7) Mulai dengan pernafasan tenang sampai timbul perintah dari alat untuk ekspirasi maksimal (tidak terputus). Bila dilakukan secara benar akan keluar data dan kurva di layar spirometri.
- 8) Bila perlu tanpa melepas moauth piece, ulangi pengukuran dengan inspirasi dalam dan ekspirasi yang maksimal.
- 9) Setelah selesai lepaskan *mouth piece*, periksa data dan kurva dilanjutkan dengan mencetak hasil perekaman (tekan tombol print).

## 6. Pemeriksaan kapasitas vital paksa paru (FVC = *Force Vital Capacity*)

- a. Siapkan alat pencatat atau spirometri.

- b. Jelaskan tujuan dan cara kerja pemeriksaan kepada probandus, posisi probandus menghadap alat.
- c. Nyalakan alat (*power on*). Masukkan/atur data probandus berupa nama dan umur.
- d. Instruksikan probandus untuk inspirasi dalam dari luar alat.
- e. Segera setelah siap, tekan tombol start dilanjutkan dengan ekspirasi dengan kuat melalui alat.
- f. Bila perlu tanpa melepaskan *mouth piece*, ulangi pengukuran dengan inspirasi dalam dan ekspirasi yang maksimal.
- g. Setelah selesai lepaskan *mouth piece*, periksa data dan kurva dilanjutkan dengan mencetak hasil perekaman (tekan tombol print).

## 7. Hasil Spirometer

Hasil spirometri berupa spirogram yaitu kurva volume paru terhadap waktu akibat manuver yang dilakukan subjek. Usaha subjek diobservasi di layar monitor untuk meyakinkan bahwa usaha yang dilakukan subjek benar dan maksimal. Minimal terdapat 3 hasil *acceptable*.

- 1) Inspirasi penuh sebelum pemeriksaan dimulai
- 2) Memenuhi syarat awal ekspirasi yaitu dengan usaha maksimal dan tidak ragu-ragu
- 3) Tidak batuk atau glottis menutup selama detik pertama
- 4) Memenuhi lama pemeriksaan yaitu minimal 6 detik atau sampai 15 detik pada subjek dengan kelainan obstruksi

- 5) Tidak terjadi kebocoran
- 6) Tidak terjadi obstruksi pada *mouthpiece*

Seleksi nilai untuk interpretasi

- a. Pilih hasil yang *acceptable* dan *reproducible*
- b. Pilih nilai KVP dan VEP1 yang terbesar tanpa memperhatikan pemeriksaan yang digunakan
- c. Untuk indeks rerata kecepatan aliran menggunakan nilai pemeriksaan dengan nilai terbesar kombinasi KVP dan VEP1.

## **D. Petugas Parkir**

### **1. Pengertian Petugas Parkir**

Berhentinya alat transportasi dapat berlangsung dalam waktu tertentu yang tidak bersifat sementara (sejenak). Tempat untuk berhentinya alat transportasi yang berhenti atau dalam keadaan tidak bergerak yang bersifat sementara disebut dengan ruang parkir (Widyanta, 2002).

Perda No 4 Tahun 2011 Kota Surakarta mendefinisikan tempat Parkir adalah tempat parkir yang diselenggarakan secara tidak tetap, baik mempergunakan fasilitas umum parkir maupun fasilitas parkir sendiri, yang diselenggarakan karena terdapat kegiatan-kegiatan tertentu, seperti pasar malam, pameran, upacara, dan lain sebagainya. Petugas parkir adalah seseorang yang mengatur secara langsung kendaraan yang diparkir dan



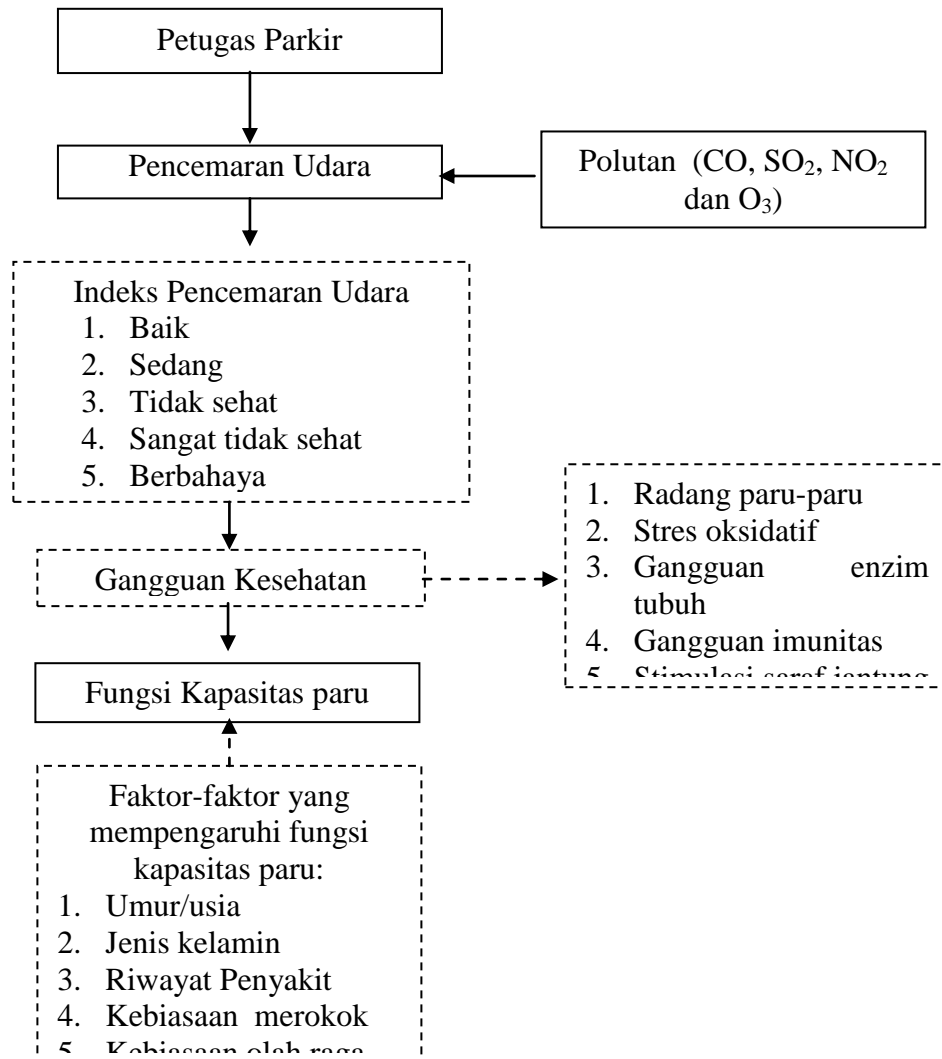
memungut retribusi parkir dari pengguna jasa perparkiran (Sekda, Kota Surakarta, 2011).

## **2. Parkir di Kota Surakarta**

Pengelolaan parkir di Kota Surakarta diatur oleh Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informasi (Dishubkominfo). Pengelolaan parkir di Kota Surakarta dibagi menjadi tiga zona yang dibagi menurut tingkat keramaian dan kepadatan lalu lintas. Perda Kota Surakarta No. 9 Tahun 2011 membagi zona parkir di kota Surakarta menjadi tiga zona yaitu (Agusta, 2009):

- a. Zona C, yaitu kantong-kantong parkir berada di sepanjang jalan Slamet Riyadi
- b. Zona D, diberlakukan pada 17 ruas jalan lainnya yang meliputi jalan Urip sumoharjo, jalan Kapt. Mulyadi, jalan Yos Sudarso, jalan Rajiman, jalan Veteran, jalan Gatot Subroto, jalan Pierre Tendean, jalan Sutan Syahrir, jalan RM Said, jalan Dr. Moewardi, jalan S. Parman, jalan RE Martadinata, jalan Sudiarto, jalan Gajahmada, jalan Honggowongso, jalan Suryo Pranoto, jalan Sutowijoyo.
- c. Zona E, meliputi semua ruas jalan di dalam kota Solo selain jalan yang termasuk di Zona C dan D.

### E. Kerangka Berpikir



Keterangan:

Diteliti :

Tidak diteliti :

Gambar 2.1 Kerangka Berpikir

Sumber: Mukono (2011), Soemirat (2010), dan Kai-Jen Chuang et al. (2007)

### Kerangka Konsep



Gambar 2.2 Kerangka Konsep

### F. Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara atas rumusan masalah penelitian. Hipotesis terbagi menjadi dua yaitu hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternative ( $H_a$ ). Hipotesis nol diartikan sebagai tidak adanya perbedaan parameter dengan statistik, sedangkan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) adalah lawan dari hipotesis nol ( $H_0$ ) (Notoatmodjo, 2010). Hipotesis pada penelitian ini adalah:

Ada pengaruh polusi udara terhadap fungsi kapasitas paru pada petugas parkir di wilayah parkir zona C Kota Surakarta.