

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Kapasitas Vital Paru

a. Definisi

Menurut Guyton dan Hall (2008), ventilasi paru dibagi menjadi empat *volume* dan empat macam kapasitas, dengan pengertian masing-masing sebagai berikut :

1) Volume Tidal

Merupakan volume udara yang di *inspirasi* atau di *ekspirasi* setiap melakukan pernafasan normal. Pada laki-laki dewasa besarnya kira-kira 500 mL.

2) Volume Cadangan *Inspirasi*

Merupakan volume tambahan udara yang dapat di *inspirasi* dan di atas volume tidal normal bila dilakukan *inspirasi* kuat. Biasanya besarnya mencapai 3000 mL. (Scanlon dan Sanders, 2007)

3) Volume Cadangan *Ekspirasi*

Merupakan *volume* atau jumlah udara ekstra maksimal yang dapat dikeluarkan dengan *ekspirasi* kuat pada akhir *ekspirasi* tidal normal. Jumlah normalnya sekitar 1100 mL.

4) Volume Sisa

Merupakan volume udara yang tetap berada dalam paru setelah *ekspirasi* paling kuat. *Volume* ini besarnya mencapai 1200 mL. (Ganong,2003)

5) Kapasitas *Inspirasi*

Adalah jumlah udara yang dapat dihirup oleh seseorang, dimulai pada tingkat *ekspirasi* normal dan pengembangan paru sampai jumlah maksimum (kira-kira 3.500 mL). (Ganong, 2003)

6) Kapasitas *Residu Fungsional*

Adalah jumlah udara yang tersisa dalam paru pada akhir *ekspirasi* normal (kira-kira 3.200 mL). (Scanlon dan Sanders ,2007)

7) Kapasitas Paru Total

Adalah *volume* maksimum di mana paru dapat dikembangkan sebesar mungkin dengan *inspirasi* paksa (kira-kira 5.800 mL).(Tambayong,2001)

8) Kapasitas Vital Paru

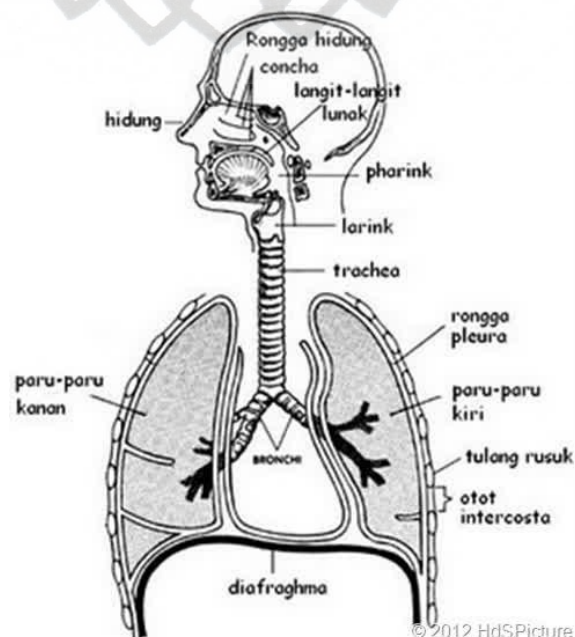
Kapasitas vital paru adalah jumlah udara maksimum pada seseorang yang berpindah pada satu tarikan napas. Kapasitas ini mencakup volume cadangan *inspirasi*, volume tidal dan cadangan *ekspirasi*. Nilainya diukur dengan menyuruh individu melakukan *inspirasi* maksimum, kemudian

menghembuskan sebanyak mungkin udara di dalam paru-parunya ke alat ukur melalui selang.

Guyton (1996) memaparkan bahwa kapasitas Vital paru pada perempuan kurang lebih 20 – 25% lebih kecil dari pada laki-laki, dan lebih besar lagi pada atletis serta orang yang berukuran tubuh besar dari pada orang yang bertubuh kecil dan *astenik*. Disebutkan bahwa kapasitas paru pada pria lebih besar yaitu 4,8 L dibanding pada wanita, yaitu 3,1 L. (Tambayong, 2001).

b. Anatomi Sistem Pernapasan

Pernafasan merupakan pengambilan oksigen dari udara luar masuk ke dalam saluran nafas dan terus ke dalam darah, jalur masuk sebelum udara masuk ke dalam paru-paru yaitu (Ganong, 2003).



Gambar 1. Anatomi Sistem Pernafasan

1) Hidung

Rongga hidung merupakan saluran pernafasan udara yang pertama, mempunyai 2 lubang (*kavum nasi*), dipisahkan oleh sekat hidung (*septum nasi*) (Setiadi, 2007). Hidung berfungsi untuk menyaring, menghangatkan dan melembabkan udara. (Ikawati, 2011)

2) Faring

Faring adalah pipa berotot yang berjalan ke dasar tengkorak sampai persambungannya dengan *oesophagus* pada ketinggian tulang rawan *krikoid*. Faring dibagi menjadi tiga bagian yaitu *nasofaring*, *orofaring* dan *laringofaring* (Setiadi 2007)

3) Laring

Laring berperan untuk pembentukan suara dan untuk melindungi jalan nafas terhadap masuknya makanan dan cairan. *Laring* dapat tersumbat, antara lain oleh benda asing (gumpalan makanan), infeksi (misalnya *difteri*) dan tumor (Ikawati, 2011)

4) Trakea

Trakea adalah tabung terbuka berdiameter 2,5 cm dan panjang 10 sampai 12 cm. Trakea terletak di daerah leher depan *esophagus* dan merupakan pipa yang terdiri dari gelang-gelang tulang rawan. Di daerah dada, *trakea* meluas dari *larings* sampai ke puncak paru, tempat ia bercabang menjadi *bronkus* kiri dan

kanan. Jalan napas yang lebih besar ini mempunyai lempeng-lempeng *kartilago* di dindingnya, untuk mencegah dari kempes selama perubahan tekanan udara dalam paru-paru. Tempat terbukanya trakea disebabkan tunjangan sederetan tulang rawan (16-20 buah) yang berbentuk huruf C (Cincin-cincin *kartilago*) dengan bagian terbuka mengarah ke *posterior* (*esofagus*). (Tambayong 2001)

Trakea dilapisi epitel bertingkat dengan silia (*epithelium* yang menghasilkan lendir) yang berfungsi menyapu partikel yang berhasil lolos dari saringan hidung, ke arah *faring* untuk kemudian ditelan atau diludahkan atau dibatukkan dan sel gobet yang menghasilkan mukus. Potongan melintang *trakea* khas berbentuk huruf D. (C. Pearce, Evelyn. 1993)

5) *Bronkus*

Bronkus merupakan percabangan *trakea*. Setiap *bronkus primer* bercabang 9 sampai 12 kali untuk membentuk bronkus *sekunder* dan *tersier* dengan *diameter* yang semakin kecil. Struktur mendasar dari paru-paru adalah *bronki*, *bronkiolus*, *bronkiolus terminalis*, *bronkiolus respiratorik*, *duktus alveolar*, dan *alveoli*. Dibagian bronkus masih disebut pernafasan *ekstrapulmonar* dan sampai memasuki paru disebut *intrapulmonar*. (Corwin, 2009)

6) *Alveolus*

Unit *fungsi*al paru ada lebih dari seribu *alveoli* pada masing-masing paru. Dimana menjadi tempat pertukaran *oksigen* dan *karbondioksida*. (Corwin, 2009)

7) Paru

Paru merupakan sebuah alat tubuh yang sebagian besar terdiri dari gelembung *alveoli*, gelembung tersebut berisi *sel epitel* dan *endotel*. Pada lapisan ini terjadi pertukaran udara yaitu oksigen masuk ke dalam darah dan *karbondioksida* dikeluarkan dari dari (Ganong 2003).

c. Fisiologis Pernafasan

Sebanyak 250 mL oksigen (O_2) dalam keadaan istirahat dibutuhkan oleh tubuh dalam setiap menit untuk diabsorpsi dari udara inspirasi demi mencukupi kebutuhan metabolisme tubuh. Jumlah tersebut dapat meningkat sesuai dengan seberapa berat atau ringan latihan atau kerja yang dilakukan, di mana pada pekerjaan yang berat kebutuhan akan O_2 mencapai 5000 mL setiap menit (Green, 2010).

Menurut Green (2010), sebagian dari O_2 digunakan untuk *oksigen hidrogen*, maka *volume karbon dioksida* (CO_2) yang dikeluarkan setiap menit menjadi lebih kecil dari pada volume yang dimasukkan. Oleh sebab itu, pada waktu istirahat hanya sebanyak 200 mL CO_2 dikeluarkan untuk setiap 250 mL O_2 yang masuk.

Secara fisiologi, udara yang dihirup tersebut masuk melalui hidung. Setelah melalui saluran hidung, udara diteruskan melewati faring, di mana merupakan tempat udara pernapasan dihangatkan dan dilembabkan dengan uap air, udara *inspirasi* berjalan menuruni *trakea*, melalui *bronkiolus*, *bronkiolus respiratorius*, dan *duktus alveolaris* sampai ke *alveoli* (Ganong, 2003).

Di dalam *alveoli*, terdapat pertukaran gas oleh tekanan parsial dari masing-masing gas. Tekanan ini disebabkan oleh benturan dari molekul-molekul yang bergerak melawan permukaan. Oleh karena itu, tekanan gas pada permukaan saluran pernapasan dan *alveoli* adalah sebanding dengan jumlah kekuatan benturan dari seluruh molekul gas yang membentur keadaan tertentu (Guyton & Hall, 2008).

Pada fisiologi pernapasan, banyak sekali campuran gas-gas terutama O₂, Sulfur, CO, CO₂, dll. Kecepatan difusi masing-masing gas ini berbanding langsung dengan tekanan yang disebabkan oleh gas itu sendiri. Tekanan inilah yang disebut tekanan parsial gas (Guyton & Hall, 2008).

Gas dari dalam *alveoli* setelah mengalami pertukaran gas kemudian bergerak, hal ini karena gas dapat bergerak dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara difusi. Pergerakan tadi selalu disebabkan karena perbedaan tekanan parsial dari tempat pertama ke tempat berikutnya. Dengan demikian, gas-gas tersebut berdifusi dari

alveoli ke dalam darah kapiler paru karena tekanan parsial gas dalam *alveoli* lebih besar dari pada tekanan parsial dalam kapiler darah (Guyton & Hall, 2008).

d. Gangguan Fungsi Paru

Gangguan atau penyakit yang dialami oleh paru-paru yang disebabkan oleh berbagai sebab misalnya virus, bakteri, debu maupun partikel yang lainnya. Penyakit pernafasan yang diklasifikasikan karena uji *spirometri* ada dua macam yaitu penyakit yang menyebabkan gangguan ventilasi *obstruktif* dan penyakit yang menyebabkan ventilasi *restriktif* (Guyton dan Hall 2008) adapun gangguan fungsi paru ada tiga yaitu:

1) Paru *obstruktif*

Penurunan kapasitas paru yang diakibatkan oleh penimbunan debu, gas sehingga menyebabkan penurunan dan penyumbatan saluran nafas.

2) Pernafasan *Restriktif*

Penyempitan saluran paru yang diakibatkan oleh bahan yang bersifat alergi seperti debu, gas, spora, jamur yang mengganggu saluran pernafasan dan kerusakan jaringan paru-paru.

3) Pernafasan *Mixed*

Kombinasi dari kedua penyakit saluran pernafasan yaitu kombinasi dari *restriktif* dan *obstruktif*.

e. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fungsi Paru

1) Usia

Frekuensi pernapasan pada orang dewasa antara 16 – 18 kali permenit, pada anak-anak sekitar 24 kali permenit, sedangkan pada bayi sekitar 30 kali permenit. Walaupun frekuensi pernafasan pada orang dewasa lebih kecil dibandingkan dengan anak-anak dan bayi, akan tetapi Kapasitas Vital Paru (KVP) pada orang dewasa lebih besar dibandingkan anak-anak dan bayi. Dalam kondisi tertentu, hal tersebut dapat berubah misalnya akibat dari suatu penyakit, pernafasan bisa bertambah cepat dan sebaliknya (Syarifudin, 1997).

Menurut Guyton & Hall (2008), penurunan fungsi paru dapat terjadi selama bertahap sebagai faktor *internal* yang terdapat pada diri seseorang, di mana kekuatan otot maksimal pada usia 20 – 40 tahun dan akan berkurang sebanyak 20% setelah usia 40 tahun. Kebutuhan zat tenaga juga terus meningkat sampai akhirnya menurun setelah usia 40 tahun.

Faktor usia mempengaruhi kekenyalan paru sebagaimana jaringan lain dalam tubuh. Walaupun tidak dapat dideteksi hubungan usia dengan pemenuhan *volume* paru tetapi rata-rata memberikan sesuatu perubahan yang besar terhadap volume paru. (Mengkididkk,2006)

2) Riwayat Penyakit Pernafasan Asma

Menurut Kusnoputranto (1995), asma adalah suatu kondisi di mana saluran pernapasan tiba-tiba menyempit, menghambat aliran udara yang melalui paru. Pada penderita asma, terdapat penurunan faal paru. Dalam pengukuran fungsi paru pada penderita asma, diperoleh kapasitas vital yang Normal namun dengan informasi tambahan yaitu menurunnya nilai FEV1 (kapasitas vital paru berwaktu/volume *ekspirasi* paksa 1 detik), yang mengalami peningkatan tahanan saluran udara akibat konstriksi bronkus (Ganong, 2003).

3) Kebiasaan Merokok

Konsumsi tembakau dan paparan terhadap asap tembakau berdampak serius pada kesehatan, antara lain penyakit saluran pernafasan kronik yang dapat menurunkan kapasitas paru-paru. (Guyton, 1996)

Kebiasaan merokok dapat mempengaruhi kapasitas vital paru. Kebiasaan merokok dapat menyebabkan pembengkakan dan penyumbatan saluran napas, *restriktif* dan kanker paru. Semakin dini orang mulai merokok, maka semakin cepat orang tersebut terkena kanker paru. Sebab, hasil penelitian menunjukkan, asap rokok jauh lebih berbahaya dibandingkan polusi udara. Asap rokok mengandung zat kimia yang sebagian bersifat karsiSOgen.

Kemampuan zat ini memicu sel-sel Normal menjadi ganas (Baradja, F. 2008)

Pada orang dewasa yang tidak pernah merokok, paparan asap rokok orang lain (perokok pasif) dapat menyebabkan penyakit jantung dan/atau kanker paru-paru. Untuk orang yang tidak merokok, menghirup asap rokok orang lain memiliki efek yang merugikan pada sistem kardiovaskuler yang dapat meningkatkan risiko serangan jantung, apalagi orang yang sudah memiliki penyakit jantung beresiko tinggi. Orang bukan perokok yang terpapar asap rokok di rumah atau di tempat kerja akan meningkatkan risiko penyakit jantung sebesar 25-30%. dan/atau kanker paru sebesar 20-30% (*U.S. Department of Health and Human Services*, 2006).

Hasil penelitian Kauffmann, 1989, menunjukkan hubungan yang positif antara menjadi perokok pasif dengan gejala pernapasan dan fungsi paru-paru (FEV1, FVC dan FEV1/FVC) pada 2220 AS dan 3855 wanita Perancis dari masyarakat umum diperiksa selama periode waktu yang sama menggunakan metode yang serupa. (Kauffmann, 1989)

4) Paparan Gas SO_x

Udara yang mengandung gas SO dalam batas Normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali jika gas SO berada dalam konsentrasi tinggi. Konsentrasi gas SO yang tinggi dapat

menyebabkan gangguan pada system saraf yang mengakibatkan kejang-kejang. Bila keracunan ini terus berlanjut akan dapat menyebabkan kelumpuhan. Gas SO akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oleh *oksigen* sehingga menjadi gas SO_x (Pohan, 2002). Percobaan pada manusia menyatakan bahwa kadar SO_x sebesar 250 µg/m³ dan 500 µg/m³ dapat mengganggu fungsi saluran pernafasan pada penderita asma dan orang sehat.

5) Kebiasaan Olahraga

Kebiasaan vital paru 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. Kapasitas vital paru pada seorang atletis lebih besar dari pada orang yang tidak pernah berolahraga. Di samping itu, kebiasaan olahraga ini dapat meningkatkan kapasitas paru sebesar 30 – 40% (Guyton, 1996).

6) Status gizi

Tanpa makan dan minum yang cukup, kebutuhan energi untuk melakukan segala aktivitas diambil dari cadangan sel tubuh. Kekurangan makanan yang terus menerus dapat menyebabkan susunan fisiologis terganggu. Sehingga, penting untuk memperhatikan status gizi masing-masing. (Depkes RI, 2010)

Status gizi seseorang dapat diukur melalui perhitungan Indeks Masa Tubuh (IMT). Perhitungan IMT ini dapat diperoleh langsung dengan melakukan pengukuran menggunakan alat yang bernama *person body fat*, yang kemudian akan dibandingkan dengan standar yang diterapkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia (Depkes RI) Tahun 2010, seperti yang tertuang dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. Standar IMT

Kategori	Keterangan	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,4
Normal	-	18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,1 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	> 27,0

Sumber : Departemen Kesehatan, 2010

f. Cara pengukuran Fungsi Paru

Pengukuran kapasitas vital paru dapat diukur dengan alat *Spirometer ML3500*.



Gambar 2. Spirometer ML3500.

g. Langkah *Promotif* dan *Preventif* Mencegah Gangguan Fungsi Paru

1) *Promotif*

Promosi Kesehatan adalah proses untuk meningkatkan kemampuan masyarakat dalam memelihara dan meningkatkan kesehatannya. Selain itu untuk mencapai derajat kesehatan yang sempurna, baik fisik, mental, dan sosial, maka masyarakat harus mampu mengenal serta mewujudkan aspirasinya, kebutuhannya, dan mampu mengubah atau mengatasi lingkungannya (lingkungan fisik, sosial budaya dan sebagainya). (Depkes 2010)

2) *Preventif*

Menurut Latif (2009) terbagi menjadi 3, yaitu:

a) *Upaya preventif primer*

- (1) Melakukan pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja
- (2) Melakukan pemeriksaan kesehatan secara rutin melalui dokter atau puskesmas untuk mengetahui paparan gas/asap terhadap fungsi paru

b) *Upaya preventif sekunder*

Melakukan penanaman pohon di sekitar tempat kerja untuk menyerap dan mengurangi polusi udara pada area tersebut.

c) *Upaya preventif tersier*

Melakukan pengendalian kontak terhadap paparan langsung melalui penyediaan APD masker.

2. SO_x

a. Pengertian SO_x

Sulfur oksida (SO_x) adalah kelompok gas yang terdapat di *atmosfer* yang terdiri dari gas *sulfur trioksida* (SO₃) dan *Sulfur dioksida* (SO₂), walaupun bentuk *Sulfur oksida* lainnya ada, tetapi kedua gas ini yang paling banyak banyak di temui sebagai polutan udara. Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan keduanya sangat berbahaya bagi kesehatan, gas SO₃ yang mencemari udara secara visual sulit diamati karena gas tersebut

tidak bewarna dan tidak berbau. Sedangkan gas SO_2 bila mencemari udara mudah diamati dari baunya yang sangat menyengat dan warnanya merah kekuningan. Sifat Racun (*toksistas*) gas SO_2 empat kali lebih kuat dari pada *toksistas* gas SO. Organ tubuh yang paling peka terhadap pencemaran gas SO_2 adalah paru-paru. Paru-paru yang terkontaminasi oleh gas SO_2 akan membengkak sehingga penderita sulit bernafas yang dapat mengakibatkan kematiannya (Fardiaz, 1992).

Udara yang mengandung gas SO dalam batas normal relatif aman dan tidak berbahaya, kecuali bila gas SO yang tinggi dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan yang menyebabkan kejang-kejang. Bila keracunan ini terus berlanjut akan dapat menyebabkan kelumpuhan. Gas SO_2 akan menjadi lebih berbahaya apabila gas itu teroksidasi oleh hidrogen peroksida (H_2O_2) sehingga menjadi gas asam sulfat (H_2SO_2). Tingginya kadar H_2SO_2 di udara merupakan salah satu penyebab terjadinya hujan asam. Hujan asam disebabkan oleh belerang (sulfur) yang merupakan pengotor dalam bahan bakar fosil di udara yang bereaksi dengan oksigen membentuk sulfur dioksida dan nitrogen oksida. Zat-zat ini berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air untuk membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang mudah larut sehingga jatuh bersama air hujan. Air hujan yang asam tersebut akan meningkatkan kadar

keasaman tanah dan air permukaan yang terbukti berbahaya bagi kehidupan ikan dan tanaman. (Sastrawijaya. 1991).

b. Sumber SO_x di lingkungan

Kadar SO_x di udara daerah perkotaan yang berpenduduk padat akan lebih tinggi dibandingkan di pedesaan karena berbagai macam kegiatan manusia akan menunjang pembentukan SO_x, misalnya transportasi, generator pembangkit listrik, pembuangan sampah, dan lain-lain. Namun, pencemar utama SO_x berasal dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar gas alam (Wardhana, 2004).

Kira-kira 90% dari emisi SO_x adalah disebabkan proses thermal SO_x, dan tercatat bahwa dengan penggunaan bahan bakar yang biasa digunakan menyumbangkan emisi SO_x sebesar 20-30%. *Sulfur oksida* yang ada di udara yang dihirup oleh manusia dapat menyebabkan kerusakan paru-paru. Setelah bereaksi dengan *atmosfir* zat ini membentuk partikel-partikel sulfur yang amat halus yang dapat menembus bagian terdalam paru-paru. (Fardiaz,1992)

Kadar SO₂ di udara perkotaan biasanya 10–100 kali lebih tinggi dri pada udara di pedesaan. Dimana kadar SO₂ di udara daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm (500 ppb). Seperti halnya CO, emisi SO₂ dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama SO₂ yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan bermotor, produksi energi dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi SO₂

buatan manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas, dan bensin. Kadar SO_2 di udara dalam suatu kota bervariasi sepanjang hari tergantung dari intensitas sinar matahari dan aktivitas kendaraan bermotor (Wardhana, 2004).

Tabel 2. Standar Konsentrasi SO_x

Efek	konsentrasi SO_x		waktu terjadi efek
	mg/m ³	Ppm	
batas timbul bau	0.23	0.12	Segera
batas pada adaptasi gelap	0.14	0.075	tidak dilaporkan
peningkatan resisten pada udara bebas	0.5	0.26	tidak dilaporkan
	1.3-3.8	0.7-2.0	20 menit
	3.0-3.8	1.6-2.0	15 menit
	2.8	1.5	45 menit
	3.8	2	45 menit
	5.6	3	45 menit
	7.5-9.4	4.0-5.0	40 menit
	9.4	5	15 menit
	11.3-75.2	6.0-40.0	5 menit
penurunan kapasitas difusi paru-paru	7.5-9.4	4.0-5.0	15 menit

Sumber Deputi Bidang Sains Antariksa dan Atmosfer, 2009

c. Nilai Ambang Batas (NAB) Gas SO_x .

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi NO. Per.13/MEN/X/2011 Tahun 2011 tentang Nilai

Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja untuk 8 jam kerja yaitu 25 ppm

3. Pengaruh SO_x Terhadap Kapasitas Vital Paru

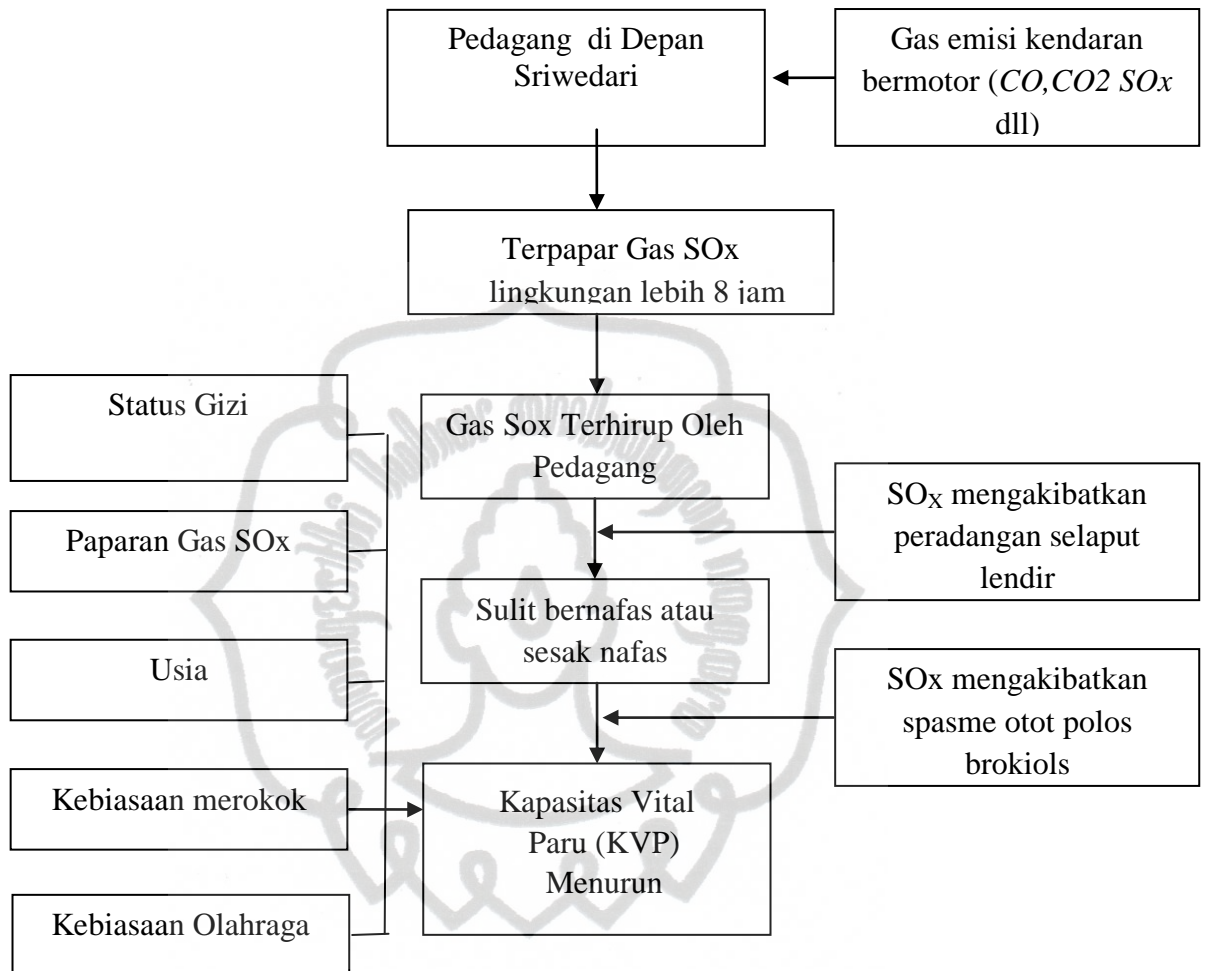
Sulfur dioksida merupakan polutan udara yang dihasilkan pada proses pembakaran. Ketika Sulfur dioksida hadir, *Sulfur oksida* juga ditemukan gabungan dari SO dan SO₂ secara kolektif mengacu kepada *Sulfur oksida* (SO_x). SO yang masuk kedalam paru akan berikatan dengan darah dan mengurangi jumlah darah yang berikatan dengan oksigen. (Pohan, 2002)

Pada saat konsentrasi tinggi, dimana mungkin hanya dialami pada kecelakaan industri yang fatal, paparan SO₂ dapat mengakibatkan kerusakan paru yang berat dan cepat. Pengaruh kesehatan mungkin juga terjadi pada konsentrasi *ambient* yang jauh lebih rendah seperti pada pengamatan selama peristiwa polusi di kota. Bukti yang didapatkan menyarankan bahwa penyebaran *ambient* kemungkinan akibat dari pengaruh kronik dan akut, khususnya pada sub-grup populasi orang yang terkena asma. (Sastrawijaya, 1991)

SO₂ terutama berkelakuan sebagai agen pengoksidasi yang kemungkinan merusak membran sel dan protein. Pada konsentrasi tinggi, saluran udara akan menyebabkan peradangan yang akut. Ditambah lagi, penyebaran dalam waktu-singkat berpengaruh terhadap peningkatan resiko infeksi saluran pernapasan. (Fardiaz, 1992)

Hal ini disebabkan karena terjadi kerusakan silia, gangguan sekresi *mucus* dan gangguan fungsi *makrofag alveolar* serta *imunitas humoral*. Sedangkan gas SO_x sama halnya dengan gas SO_x, yaitu dapat menurunkan kapasitas fungsi paru. Mekanismenya adalah gas SO_x dapat masuk ke dalam saluran pernapasan melalui mulut atau waktu menarik nafas dalam. Daya larut gas SO_x yang tinggi, mengiritasi dinding *bronkus* sehingga terjadi peradangan dan meningkatnya produksi lendir. Gas SO_x dapat pula masuk ke *bronchiolus* dan *alveolus*, mengiritasinya dan menyebabkan terjadinya peningkatan produksi lendir. Jika seseorang terpapar SO_x pada konsentrasi tinggi, *septa alveolar* dapat rusak dan dapat menimbulkan edema paru, paparan dalam jangka waktu lama dengan konsentrasi rendah dapat mengakibatkan *bronchitis* kronis dan juga *emphysema* paru-paru sehingga berdampak pada penurunan Kapasitas Vital Paksa Detik Pertama (KVP1). (Deviandhoko, dkk. 2012)

B. Kerangka Pemikiran



Gambar 3.Kerangka Pemikiran

C. Hipotesis

Ada Pengaruh Paparan Gas SOx terhadap Kapasitas Vital Paru pada Pedagang Buku Sriwedari Surakarta