

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Penyakit Paru Obstruksi Kronik (PPOK)

Penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) adalah istilah yang umum digunakan untuk sekelompok penyakit paru yang berlangsung lama dan memiliki peningkatan resistensi aliran udara sebagai ciri patofisiologi utamanya. PPOK mengacu pada berbagai kondisi yang mempengaruhi pergerakan udara masuk dan keluar dari paru-paru. Bronkitis obstruktif, emfisema, dan asma bronkial adalah penyakit penting dalam kelompok ini. Penyakit paru yang dikenal sebagai PPOK dicirikan oleh gangguan fungsi paru-paru yang disebabkan oleh penyempitan saluran pernafasan, yang menyebabkan pernafasan yang tidak banyak berubah selama waktu pengamatan, gangguan aliran udara di saluran napas yang terus-menerus, tidak dapat diperbaiki, atau sebagian dapat diperbaiki, dan reaksi inflamasi paru-paru terhadap zat atau gas berbahaya (Maryunani, 2020).

a. Faktor risiko yang mempengaruhi PPOK

1) Factor risiko yang disebabkan karena paparan lingkungan antara lain yaitu:

a) Merokok

Merokok merupakan penyebab utama PPOK dan risikonya 30 kali lebih tinggi dibandingkan bukan perokok. Kematian PPOK berkaitan dengan usia saat merokok dan jumlah rokok yang dihisap. Namun, hal ini tidak berarti bahwa pasien PPOK adalah perokok, sekitar 10% dari non-perokok juga dapat terkena PPOK karena paparan asap rokok dan menjadi perokok pasif (Ikawati, 2016).

b) Pekerjaan

PPOK juga disebabkan oleh pekerjaan, karena pekerjaan tertentu mempunyai risiko terkena PPOK. Pekerja di industri keramik yang terpapar debu, seperti debu asbes, tambang emas dan batu bara mempunyai risiko lebih tinggi terkena PPOK (Ikawati, 2016).

c) Polusi udara

Gejala pada penderita penyakit paru dapat diperburuk oleh polusi udara. Pencemaran tersebut berasal dari luar rumah seperti asap pabrik dan asap kendaraan, serta dari dalam rumah seperti asap dapur (Ikawati, 2016).

d) Infeksi

Peningkatan bakteri menyebabkan peningkatan peradangan yang diindikasikan dengan peningkatan produksi sputum dan percepatan penurunan fungsi paru yang semuanya memiliki risiko terjadinya PPOK (Ikawati, 2016).

2) Faktor risiko yang berasal dari host/pasiennya antara lain yaitu:

a) Usia

PPOK menyerang orang yang berusia di atas 60 tahun, yang memiliki sistem kekebalan tubuh lemah atau status kesehatan buruk. Penyakit genetik defisiensi α 1-antitripsin kemungkinan besar terjadi pada pasien yang didiagnosis PPOK sebelum usia 40 tahun. Namun, ini hanya terjadi pada 1 persen pasien PPOK (Ikawati, 2016).

b) Jenis kelamin

Laki-laki dua kali lebih sering terkena PPOK dibandingkan perempuan karena kebiasaan merokok pada laki-laki lebih sering dibandingkan dengan perempuan. Laki-laki memiliki prevalensi 4,2%, sedangkan perempuan 3,3% (Kementerian Kesehatan RI, 2013).

c) Gangguan fungsi paru yang memang sudah ada

Risiko terkena PPOK termasuk adanya gangguan fungsi paru-paru, serta infeksi pada masa kanak-kanak seperti tuberkulosis dan bronkitis, serta kekurangan imunoglobulin A (IgA/hipogammaglobulin).

d) Defisiensi α 1-antitripsin (AAT)

Emfisema sering dikaitkan dengan kekurangan AAT, yang disebabkan oleh penurunan progresif elastisitas jaringan paru-paru akibat ketidakseimbangan antara enzim proteolitik dan faktor pelindung. Dalam kondisi normal, faktor pelindung AAT menghambat enzim proteolitik, mencegah kerusakan. Akibatnya, kekurangan AAT mengurangi faktor pencegahan kerusakan paru-paru. Asap rokok juga dapat mencegah AAT.

Faktor risiko pada wanita lebih rendah daripada laki-laki karena ada kemungkinan pertahanan estrogen yang merangsang pembentukan protease inhibitor seperti AAT (Ikawati, 2016).

b. Patofisiologi PPOK

Penyakit PPOK didefinisikan sebagai defisiensi yang meningkat seiring dengan aktivitas, bertambahnya usia dan menyebabkan batuk berlendir, atau tidak terjadi bersamaan dengan batuk (Kementerian Kesehatan RI, 2013).

Iritasi terus-menerus oleh asap rokok atau polutan dapat menyebabkan peradangan, yang dapat merusak paru-paru, dan menyebabkan reaksi terhadap sistem pertahanan mukosiliar, yang melindungi paru-paru dengan lendir dan silia. Asap rokok menghambat proses pembersihan mukosiliar dari paru-paru. Dengan meningkatnya jumlah dan ukuran sel kelenjar penghasil lendir, semakin banyak lendir yang keluar dari saluran pernafasan. Asap rokok menyebabkan bronkus dan alveoli tersumbat karena produksi lendir. Kotoran meningkat dan lendir yang kental dan lengket meningkat seiring dengan penurunan fungsi maskara, hal ini menyebabkan masalah pernafasan (Ikawati, 2016).

Peradangan dan pembengkakan bronkus, produksi lendir yang berlebihan, menurunkan elastisitas saluran napas, kolaps bronkus dan penyebaran udara ke alveoli fungsional adalah beberapa penyebab sumbatan jalan napas pada pasien emfisema (Smeltzer & Bare, 2002).

c. Tanda dan Gejala PPOK

Tanda dan gejala PPOK bervariasi dari yang ringan hingga yang berat. Sampai tidak ada kelainan atau tanda-tanda edema paru, pemeriksaan fisik normal dilakukan. Gejala PPOK, menurut Ikatan Paru Indonesia (2011), adalah sebagai berikut:

- 1) Sesak napas progresif (sesak napas semakin parah seiring berjalannya waktu), memburuk saat bergerak, dan menetap (sesak napas berlangsung sepanjang hari)
- 2) Batuk jangka panjang yang datang dan pergi, tidak selalu mengeluarkan lendir.
- 3) Batuk dan dahak terus menerus; batuk dan dahak terus menerus dapat merupakan tanda PPOK.

4) Paparan faktor risiko sebelumnya, terutama asap rokok, debu, dan bahan kimia di tempat kerja, serta asap dapur. Seiring berjalannya waktu, PPOK jarang menunjukkan gejala atau tanda tertentu.

Penyakit ini baru menunjukkan gejala setelah paru-paru rusak parah, biasanya selama beberapa tahun. PPOK dapat menunjukkan gejala yang perlu diperhatikan, seperti batuk darah dengan lendir kuning atau hijau yang sulit dibersihkan dan sering sesak napas, terutama saat bekerja. aktivitas, mengi atau sesak napas dan mengi, lemas, penurunan berat badan, nyeri dada, tungkai, pergelangan kaki, atau kaki bengkak, dan bibir atau kuku tangan membiru (Susanti, 2019).

d. Derajat PPOK

Tahapan PPOK menurut Persatuan Dokter Paru-Paru Indonesia (2011):

1) Derajat I : PPOK ringan

Terdapat gejala batuk kronis dan dahak. Pada tahap ini, penderita seringkali tidak menyadari penurunan fungsi paru-paru.

2) Derajat II : PPOK sedang

Gejala sesak napas mulai terlihat saat beraktivitas, bahkan terkadang muncul gejala batuk dan dahak. Pada tingkat ini, pasien biasanya mulai menghadiri pemeriksaan kesehatan.

3) Derajat III : PPOK berat

Gejala sesak napas semakin parah, aktivitas menurun, rasa Lelah dan eksaserbasi semakin meningkat dan mempengaruhi kualitas hidup pasien.

4) Derajat IV : PPOK sangat berat

Gejala di atas ditambah tanda gagal napas atau gagal jantung kanan akibat ketergantungan oksigen. Pada tahap ini, kualitas hidup pasien menurun, dan jika memburuk dapat mengancam nyawa.

e. Keseimbangan Asam Basa Dalam Tubuh

Asam merupakan senyawa yang dapat memberikan ion hidrogen atau donor hidrogen (HCL), sedangkan basa merupakan senyawa yang dapat menerima ion hidrogen atau akseptor hidrogen (NaOH).

1) Asidosis adalah kadar ion H^+ dalam darah lebih tinggi dari normal (pH rendah) atau kadar ion H^+ akan jadi lebih tinggi dari normal jika tidak terjadi kompensasi.

a) Asidosis metabolik adalah asidosis yang disebabkan kekurangan basa atau kelebihan asam yang bukan CO_2 (kekurangan basa/base deficit lebih 3 mEq/L).

	Normal	Tanpa Kompensasi	Dengan Kompensasi
HCO_3^-	24 mEq/L	15 mEq/L	15 mEq/L
PCO_2	40 mmHg	40 mmHg	25 mmHg
$0,03 \times PCO_2$	1,2	1,2	0,75
Ratio $HCO_3^- : 0,03 \times PCO_2$	20 : 1	12,5 : 1	20 : 1
pH	7,40	7,20	7,36

Gambar 2.1 Tabel. Asidosis Metabolik Primer

b) Asidosis respiratorik adalah asidosis yang disebabkan kelebihan atau peningkatan PCO_2 ($PCO_2 > 45$ mmHg).

	Normal	Tanpa Kompensasi	Dengan Kompensasi
HCO_3^-	24 mEq/L	24 mEq/L	38 mEq/L
PCO_2	40 mmHg	90 mmHg	90 mmHg
$0,03 \times PCO_2$	1,2	2,7	2,7
Ratio $HCO_3^- : 0,03 \times PCO_2$	20 : 1	8,8 : 1	14 : 1
pH	7,40	7,20	7,32

Gambar 2.2 Tabel. Asidosis Respiratorik Primer

2) Alkalosis adalah kadar ion H^+ dalam darah lebih rendah dari normal (pH tinggi) atau kadar ion H^+ akan jadi lebih rendah dari normal jika tidak terjadi kompensasi.

a) Alkalosis metabolik adalah alkalosis yang disebabkan kelebihan atau kekurangan asam yang bukan yang bukan CO_2 (kelebihan basa / base excess lebih dari 3 mEq/L).

	Normal	Tanpa Kompensasi	Dengan Kompensasi
HCO ₃ ⁻	24 mEq/L	38 mEq/L	38 mEq/L
PCO ₂	40 mmHg	40 mmHg	45 mmHg
0,03 x PCO ₂	1,2	1,2	0,75
Ratio HCO ₃ ⁻ : 0,03 x PCO ₂	20 : 1	31,6 : 1	28,1 : 1
pH	7,40	7,6	7,5

Gambar 2.3 Tabel. Alkalosis Metabolik Primer

- b) Alkalosis respiratorik adalah alkalosis yang disebabkan penurunan PCO₂ (PCO₂ < 35 mmHg).

	Normal	Tanpa Kompensasi	Dengan Kompensasi
HCO ₃ ⁻	24 mEq/L	24 mEq/L	20 mEq/L
PCO ₂	40 mmHg	20 mmHg	20 mmHg
0,03 x PCO ₂	1,2	0,6	0,6
Ratio HCO ₃ ⁻ : 0,03 x PCO ₂	20 : 1	40 : 1	33 : 1
pH	7,40	7,7	7,6

Gambar 2.4 Tabel. Alkalosis Respiratorik Primer

2. Parsial Carbon Dioksida (PCO₂) Pada PPOK

Tekanan parsial karbon dioksida adalah pengukuran tekanan karbon dioksida yang terlarut dalam darah yang menunjukkan seberapa baik karbon dioksida dapat dikeluarkan dari tubuh (Tim Pokja SDKI DPP PPNI, 2016). Tekanan parsial karbon dioksida mengindikasikan kesulitan bernapas, keadaan metabolisme PCO₂ dipengaruhi oleh ventilasi. Nilai PCO₂ normal berkisar antara 35-45 mmHg, nilai PCO₂ (>45 mmHg) dikenal sebagai hipoventilasi, dan nilai PCO₂ (<35 mmHg) dikenal sebagai hiperventilasi. PCO₂ menjadi abnormal untuk mengkompensasi gangguan penyakit metabolik.

3. Saturasi Oksigen (SaO₂) Pada PPOK

Saturasi oksigen adalah jumlah total oksigen yang terikat pada hemoglobin dalam darah arteri, disebut juga sebagai persentase dari jumlah total oksigen yang terikat pada hemoglobin. Nilai saturasi oksigen normal yang diukur dengan oksimetri nadi bervariasi antara 95-100% (Septia *et al.*, 2016). Nilai saturasi >85% berarti jaringan tidak menerima cukup oksigen (Smeltzer & Bare, 2002).

a. Penyebab Peningkatan Parsial Carbon Dioksida dan Penurunan Saturasi Oksigen pada PPOK

Peradangan jangka panjang pada saluran pernafasan bagian bawah menyebabkan tumpukan lendir, yang menyebabkan bronkitis teriritasi, menyebabkan lendir berlebihan yang menyempitkan dan merusak saluran pernafasan kecil. dinding alveolus menjadi tidak elastis lagi (Sherwood, 2016).

Paru-paru juga mengecil karena permukaannya yang selalu bersentuhan dengan kapiler. Hal ini meningkatkan kurangnya pertukaran gas di paru-paru dan mengurangi difusi oksigen. Baik CO_2 yang dapat diekskresikan maupun oksigen yang tidak dapat masuk. CO_2 yang tidak dapat diekskresikan meningkatkan PCO_2 , yang meningkatkan afinitas terhadap hemoglobin (Hb), dan oksigen yang tidak dapat masuk menurunkan PO_2 , yang menurunkan oksigen, dan menyebabkan penurunan saturasi oksigen (Smeltzer & Bare, 2002).

b. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Saturasi Oksigen pada PPOK

1) Suhu

Jumlah oksigen yang dikeluarkan oleh Hb meningkat seiring dengan suhu tubuh. Panas adalah hasil reaksi metabolisme jaringan. Metabolisme menjadi lebih aktif, yang berarti lebih banyak oksigen yang dibutuhkan dan lebih banyak asam dan panas yang diproduksi. Dengan cara yang sama, ketika suhu tubuh turun, atau hipotermia, metabolisme melambat, dan kebutuhan oksigen menurun. Hb mengikat oksigen. Suhu tubuh normal adalah antara 36-37 derajat Celcius (Guyton & Hall, 2012).

2) pH

Kurva disosiasi oksihemoglobin dipengaruhi oleh pH darah asam basa normal 7,35-7,45. Pada kurva disosiasi hemoglobin-oksigen, ketika darah menjadi sedikit asam, pH turun dari 7,4 yang normal menjadi 7,2, yang menyebabkan pergeseran rata-rata 15% ke kanan. Sebaliknya, asidosis (pH rendah) menurunkan afinitas Hb terhadap O_2 . Peningkatan keasaman, atau penurunan pH, menyebabkan hemoglobin melepaskan lebih banyak oksigen (Guyton & Hall, 2012).

3) PCO₂

Meningkatkan oksigenasi darah paru-paru dan pelepasan oksigen darah di jaringan sangat dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi CO₂ dan ion hidrogen dalam darah. Salah satu faktor utama yang menentukan keseimbangan asam basa tubuh adalah tingkat karbon dioksida yang berhenti di paru-paru. Tingkat PCO₂ terkait dengan kemudahan oksigen dilepaskan dari Hb, yaitu normalnya hanya 6% karbon dioksida yang keluar dari vena meninggalkan tekanan arteri sebesar 40 mmHg. Sebagian besar (90%) karbon dioksida masuk ke dalam sel darah merah, dan sebagian kecil sisanya (5%) larut dalam plasma (PCO₂). Kedua faktor ini memainkan peran penting dalam pengaturan pergerakan karbon dioksida masuk dan keluar darah (Smeltzer & Bare, 2002).

4) Kadar Hb

Fungsi hemoglobin adalah mengangkut oksigen dalam darah, oksigen diangkut ke sel-sel jaringan tubuh termasuk sel-sel otot jantung dari aliran darah. Hb merupakan transportasi oksigen yang dimaksudkan untuk membantu metabolisme. 1 gram Hb dapat mengikat 1,34 mililiter oksigen dalam kondisi normal. Pada tingkat jaringan, hingga 25% oksigen dilepaskan dari Hb untuk metabolisme (Price & Wilson, 2006).

5) Usia

Usia adalah salah satu komponen yang mempengaruhi oksigenasi, oksigenasi darah, sistem kardiovaskular, dan sistem pernafasan. Fungsi dan volume paru-paru setiap orang meningkat atau meningkat sejak masa kanak-kanak dan mencapai puncaknya pada usia 19 hingga 21 tahun. Kemudian, nilai fungsi paru-paru semakin menurun seiring bertambahnya usia karena kerentanan terhadap penyakit meningkat seiring bertambahnya usia, terutama pada mereka yang bekerja di lingkungan dengan polusi udara tinggi dan memiliki pekerjaan yang berhubungan dengan penurunan fungsi paru-paru. Penurunan PaO₂ mempengaruhi saturasi oksigen karena ada hubungan antara PaO₂ dan SaO₂ berdasarkan kurva disosiasi oksihemoglobin (Price & Wilson, 2006).

6) Merokok

Menurut Septia *et al.*, (2016), tingkat saturasi oksigen sangat dipengaruhi oleh derajat merokok aktif, ringan, sedang, dan berat. Saturasi oksigen perifer yang diukur dengan pulse oximetry menunjukkan bahwa saturasi oksigen perokok ringan kurang lebih 98-100%, saturasi oksigen perokok sedang 97-98%, dan saturasi oksigen perokok berat 95-97%. Sebagian besar responden adalah perokok ringan (63,33%), dengan rata-rata saturasi oksigen 98,37.

7) Jenis Kelamin

Secara umum, laki-laki dan perempuan dapat mengalami PPOK, tetapi laki-laki lebih rentan dan mengalami lebih banyak kasus. Menurut Lukito (2019), survei yang dilakukan terhadap 30 orang menunjukkan bahwa 19 orang (63,3%) laki-laki merokok dan 11 orang (36,7%) perempuan merokok. Ini menunjukkan bahwa merokok adalah penyebab utama PPOK bagi laki-laki, dengan jumlah perokok yang merokok tiga puluh kali lebih besar dibandingkan dengan bukan perokok. Karena fakta bahwa kebiasaan merokok dapat memengaruhi saturasi oksigen, persentase responden laki-laki lebih besar dibandingkan perempuan, sehingga 80% responden adalah laki-laki.

c. Dampak Penurunan Saturasi Oksigen pada PPOK

Hipoksemia yang didefinisikan sebagai penurunan saturasi oksigen yang disebabkan oleh gangguan difusi penurunan kandungan oksigen dalam darah. Dalam kasus PPOK, hipoksemia menyebabkan penurunan kualitas hidup, penurunan fungsi otot rangka, dan akhirnya meningkatkan risiko kematian (Sinambela *et al.*, 2015).

Hipoksemia adalah istilah yang mengacu pada nilai PaO_2 yang rendah dan sering mengacu pada hipoksia jaringan atau oksigenasi yang tidak memadai. Kematian dan kerusakan sel yang paling umum adalah hipoksia. Karena oksigen berfungsi sebagai energi dalam reaksi kimia oksidatif yang menggerakkan mekanisme seluler dan menjaga integritas berbagai bagian seluler, sel bergantung pada pasokan oksigen yang konstan. Oleh karena itu, tanpa oksigen berbagai fungsi sintetik dan pemeliharaan sel akan segera berhenti (Price & Wilson, 2006). Otak sangat peka terhadap kekurangan oksigen. Jika kekurangan

oksigen berlangsung lebih dari tiga hingga lima menit, sel otak dapat mengalami kerusakan permanen (Kozier *et al.*, 2011). Adapun derajat atau tingkatan hipoksemia adalah:

- 1) hipoksemia ringan yaitu nilai PaO_2 60-79 mmHg dan Saturasi Oksigen 90-94%.
- 2) hipoksemia sedang yaitu nilai PaO_2 40-59 mmHg dan Saturasi Oksigen 75-89%.
- 3) hipoksia berat yaitu nilai PaO_2 dan <40 mmHg dengan Saturasi Oksigen <75%.

4. Pengukuran Parcial Carbon Dioksida dan Saturasi Oksigen

Tes gas darah adalah tes laboratorium untuk mengukur kemampuan paru-paru untuk menghasilkan dan mengeluarkan karbon dioksida untuk memenuhi kebutuhan tubuh, membantu menilai kondisi metabolisme dan pernafasan pasien, mengukur pH darah, dan mengevaluasi keseimbangan asam basa tubuh. Dalam pemeriksaan analisa gas darah menggunakan alat POCT (*Point of Care Test*) dengan metode ISE (*Ion Selektive Elektroda*) yang bertujuan untuk mengukur jumlah oksigen dan karbon dioksida dalam darah juga dapat digunakan untuk menentukan tingkat keasaman atau pH darah.

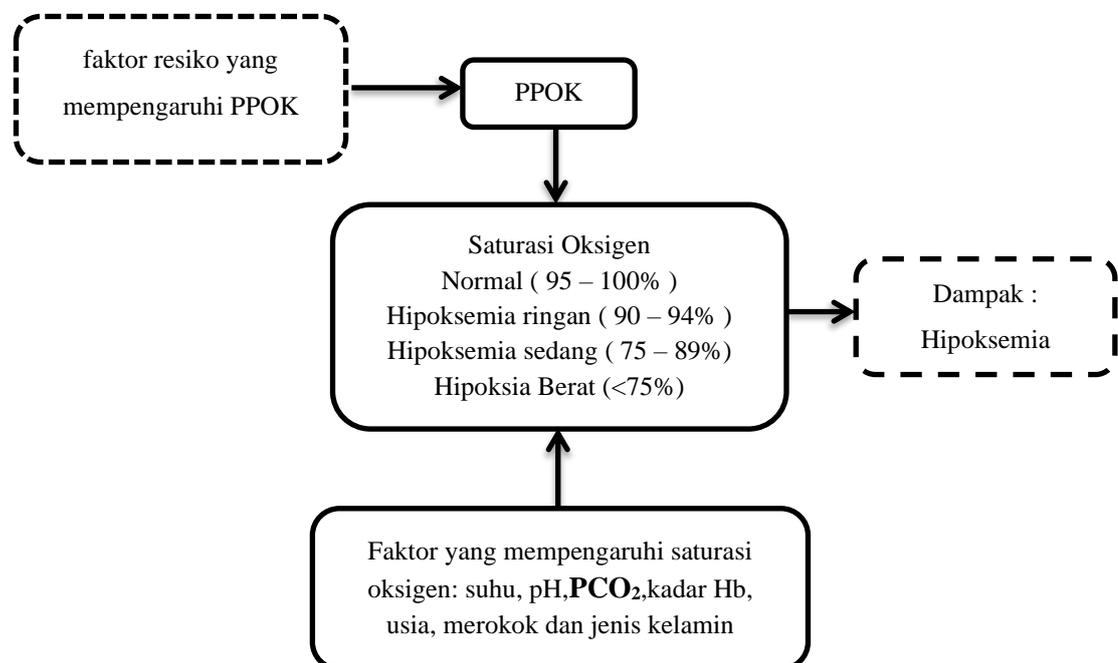
Untuk pemeriksaan analisa gas darah menggunakan spesimen darah arteri karena paling langsung mengindikasikan status pertukaran gas di paru-paru (Sacher, 2004). Selain pH, PO_2 , HCO_3^- , dan BE (basa berlebih), SaO_2 juga merupakan komponen yang dikontrol dalam penelitian analisa gas darah. pH normal gas darah adalah 7,35-7,45, $\text{PO}_2 = 60-80$ mmHg, saturasi oksigen >95%, $\text{PCO}_2 = 38-42$ mmHg, $\text{HCO}_3^- = 22-26$ mEq/L, dan BE-2 selalu + 2 (Hudak & Gallo, 2010).

Pasien dengan masalah pernafasan, perlu dilakukan pengukuran seperti pH darah, tekanan oksigen, dan tekanan karbon dioksida. Tekanan karbon dioksida dan tekanan oksigen arteri menunjukkan tingkat kandungan oksigen dalam darah. Gas darah arteri berasal dari arteri radialis atau femoralis (Smeltzer & Bare, 2002).

Pt Name: _____	
37.0°C	
pH	7.309
PCO ₂	46.3 mmHg
PO ₂	227 mmHg
BE _{ecf}	-3 mmol/L
HCO ₃	23.3 mmol/L
TCO ₂	25 mmol/L
sO ₂	100 %

Gambar 2.5 Hasil Print Out Pemeriksaan Analisa Gas Darah

B. Kerangka Teori



Keterangan :

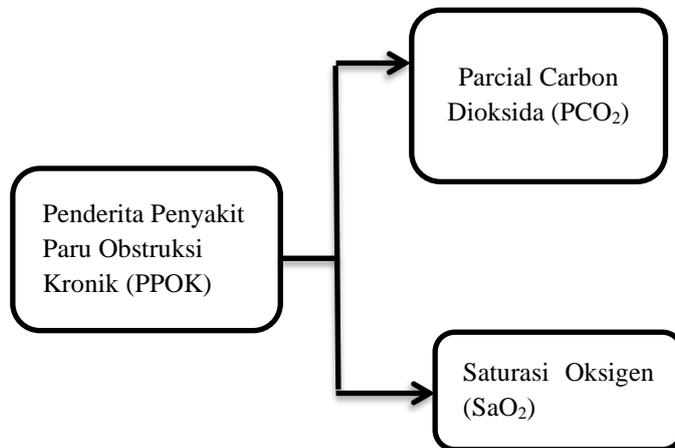
⎓ = Variabel yang tidak di teliti

▭ = variable yang di teliti

→ = Ada hubungan

Gambar 2.6 Kerangka teori gambaran Parsial Carbon Dioksida dan Saturasi Oksigen pada pasien PPOK

C. Kerangka Konsep



Gambar 2.7 Kerangka Konsep Penelitian