# TERAPI OKSIGEN KANULA HIDUNG ARUS TINGGI PADA GAGAL NAPAS AKUT PASIEN DEWASA

KTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

**Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (PDPI)**
**Tahun 2021**

# TERAPI OKSIGEN KANULA HIDUNG ARUS TINGGI PADA GAGAL NAPAS AKUT PASIEN DEWASA


**TIM PENYUSUN**

Mia Elhidsi, Agus Dwi Susanto, Prasenohadi, Menaldi Rasmin

**TIM KELOMPOK KERJA PULMONOLOGI INTERVENSI PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA**

Prasenohadi, Mia Elhidsi, A. Farih Rahardjo, Alima Sari Sihotang, Ariani Permatasari, Azisman Saad, Daniel Maranatha, Dicky Soehardiman, Fajrinur Syarani, Herry Priyanto, Irvan Medison, Isnin Anang Marhana, Isnu Pradjoko, Ngakan Putu P. Putra, Oea Khairsyaf, Syamsul Bihar, Ungky Agus Setyawan, Widiraharjo, Yusup Subagio Sutanto, Yusrizal Chan



**Perhimpunan Dokter Paru Indonesia**
**(PDPI)**



PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# TERAPI OKSIGEN KANULA HIDUNG ARUS TINGGI PADA GAGAL NAPAS AKUT PASIEN DEWASA

**TIM PENYUSUN**
Mia Elhidsi, Agus Dwi Susanto, Prasenohadi, Menaldi Rasmin

**Hak cipta dilindungi Undang-Undang**
*Dilarang memperbanyak, mencetak dan menerbitkan sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara dan dalam bentuk apapun tanpa seijin penulis dan penerbit.*

**Diterbitkan pertama kali oleh:**
*Perhimpunan Dokter Paru Indonesia*
*Jakarta, Februari 2021*

**Percetakan buku ini dikelola oleh:**
*Perhimpunan Dokter Paru Indonesia*
*Jl. Cipinang Bunder No. 19 Cipinang Pulogadung Jakarta*

**ISBN: 978-623-95337-2-4**

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# SAMBUTAN
# KETUA UMUM
# PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA

Assalamu'alakum Wr Wb

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT bahwa Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (PDPI) dalam hal ini Kelompok Kerja (Pokja) Bidang Gawat Napas kembali menerbitkan buku baru "Terapi Oksigen Kanula Hidung Arus Tinggi Pada Gagal Napas Akut Pasien Dewasa".

Pembuatan panduan "Terapi Oksigen Kanula Hidung Arus Tinggi Pada Gagal Napas Akut Pasien Dewasa" merupakan salah satu tujuan PDPI dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan keilmuan paru dan pernapasan bagi seluruh anggota PDPI di Indonesia. Upaya ini merupakan implementasi salah satu misi Perhimpunan Dokter Paru Indonesia yaitu melaksanakan kegiatan pendidikan berkelanjutan, penelitian dan pengabdian masyarakat di bidang kesehatan paru.

Kami mengucapkan terimakasih dan memberikan penghargaan yang tinggi kepada seluruh anggota Pokja Bidang Gawat Napas Perhimpunan Dokter Paru Indonesia dan para kontributor yang telah menyusun buku ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua, khususnya bagi dokter spesialis paru di Indonesia.

Wasalamu'alaikum Wr.Wb

DR. Dr. Agus Dwi Susanto, Sp.P(K), FISR, FAPSR
Ketua Umum

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIJUAL BELIKAN

# KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr Wb

AlhamdulillahiRobbil'alamin, puji syukur ke hadirat Allah SWT karena rahmat dan karunia-Nya kami dapat menyusun buku "Terapi Oksigen Kanula Hidung Arus Tinggi Pada Gagal Napas Akut Pasien Dewasa". Saat ini gagal napas akut masih dan terus menjadi masalah klinis dengan mortalitas yang tinggi. Bantuan terapi oksigen merupakan langkah awal bagi pasien dengan gagal napas akut. Penggunaan terapi oksigen konvensional seringkali kurang efektif dalam memperbaiki hipoksemia pasien. Kanula Hidung Arus Tinggi (KHAT) merupakan sistem pengantar oksigen dengan arus tinggi berdasarkan mekanisme kerja dan bukti klinis memberikan efikasi klinis yang baik.

Menyadari akan pentingnya optimalisasi terapi oksigen pada gagal napas akut, Kelompok Kerja (Pokja) Bidang Gawat Napas menyusun buku panduan ini untuk memberikan pengetahuan, pemahaman kepada dokter spesialis paru, dokter umum atau dokter spesialis lainnya akan terapi oksigen khususnya KHAT.

Kami menyadari bahwa buku ini belum sempurna, oleh karena itu kami mohon masukan dari teman sejawat untuk penyempurnaan buku ini pada masa yang akan datang.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi semua Dokter di Indonesia dan bagi dunia kesehatan Indonesia.

Wassalamualaikum Wr Wb

Dr. Mia Elhidsi, Sp.P(K)
Ketua Tim Penyusun

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# DAFTAR ISI

SAMBUTAN KETUA UMUM PDPI …….....…… i

KATA PENGANTAR …….…….. ii

DAFTAR ISI ..... iii

BAB I : PRINSIP KERJA TERAPI OKSIGEN KANULA HIDUNG ARUS TINGGI (KHAT) …….…. 1

BAB II : KEUNTUNGAN FISIOLOGI PENGGUNAAN KHAT ……..…….. 4

BAB III : APLIKASI KLINIS PENGGUNAAN KHAT PADA GAGAL NAPAS AKUT ..... 10

BAB IV : PENGATURAN DAN PEMANTAUAN KLINIS TERAPI OKSIGEN KHAT PADA GAGAL NAPAS AKUT ..... 20

BAB V : KOMPLIKASI KHAT ..... 29

DAFTAR PUSTAKA ..... 32

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# BAB I
# PRINSIP KERJA TERAPI OKSIGEN KANULA HIDUNG ARUS TINGGI (KHAT)

## A. Definisi Kanula Hidung Arus Tinggi

Kanula hidung arus tinggi (KHAT) adalah alat pengantaran oksigen dengan sistem pencampuran udara dan oksigen disertai dengan pemanasan dan pengatur kelembaban, diantarkan melalui kanula hidung dengan arus tinggi mencapai 60 liter per menit (lpm) sehingga dapat melampaui usaha inspirasi pasien yang bernapas spontan. Terapi oksigen konvensional baik melalui kanula hidung maupun sungkup mengalirkan oksigen dengan arus rendah yakni di ≤ 15 lpm, arus ini sebenarnya lebih rendah dari arus inspirasi napas spontan orang normal. Pada terapi oksigen konvensional, fraksi inspirasi oksigan ($FiO_2$) atau konsentrasi oksigen yang masuk ke saluran napas pasien bergantung pada arus diatur. Misal pada arus 6 lpm kanula hidung konvensional, $FiO_2$ yang diantarkan adalah sekitar 30-45% meski berdasarkan studi yang ada menunjukkan dilusi oksigen sistem dengan udara ruangan sehingga $FiO_2$ yang yang sebenarnya masuk ke saluran napas pasien di bawah dari $FiO_2$ yang diharapkan. Arus yang tinggi pada terapi nasal konvensional juga dapat meningkatkan risiko iritasi mukosa hidung.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

## B. Komponen dan Cara Kerja Sistem KHAT

Secara umum komponen KHAT terdiri dari (gambar 1):

- Generator arus yang merupakan pencampuran udara-oksigen, turbin atau sistem venturi
- Sistem penghangat dan pengatur kelembaban (humidifier)
- Sirkuit yang terhubung dengan *interface* berupa kanula hidung silikon dengan berbagai ukuran

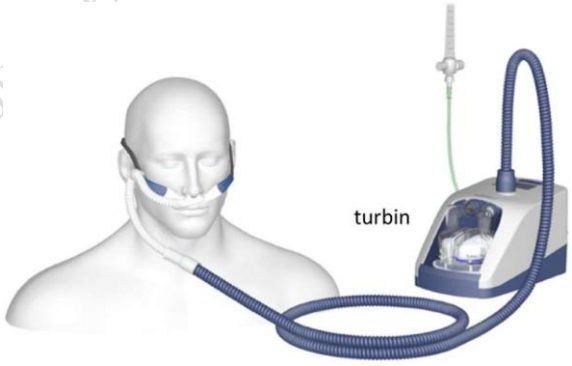
Gambar 1. Komponen KHAT

Alat KHAT pada awalnya memerlukan koneksi ke sumber oksigen (oksigen sentral) dan sumber tekanan tinggi untuk menghasilkan arus tinggi, oleh karenanya hanya dapat digunakan

PERHIMPUNAN UNTUK DIPERJUALBELIKAN

di rumah sakit atau pusat pelayanan kesehatan. Metode pemadu udara-oksigen menggunakan sumber oksigen sentral/dinding yang terdapat di fasilitas kesehatan dan pengatur arus (*flow meter)* khusus sehingga dapat menghasilkan arus udara dan oksigen yang stabil dan tepat. Campuran udara-oksigen dihasilkan oleh generator arus yang dapat menghasilkan arus hingga 60 lpm dan memberikan fraksi inspirasi oksigen (FiO2) antara 21%-100% secara akurat. Seiring dengan perkembangan, saat ini sudah tersedia alat KHAT yang dapat digunakan di rumah dengan arus tinggi oksigen dihasilkan oleh sistem turbin (gambar 2). Sistem venturi menggunakan turbin untuk mengambil udara dan oksigen dari ruangan dan dapat digunakan meskipun tidak terdapat sumber udara dan oksigen bertekanan tinggi namun memiliki kekurangan berupa konsentrasi oksigen yang lebih rendah.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN




Gambar 2. KHAT dengan turbin

Arus dengan kelembapan dan suhu optimal diciptakan oleh *humidifier* yang sekaligus berfungsi sebagai pemanas dan memiliki reservoir air tersendiri, suhu dan kelembapan yang dihasilkan dapat mencapai 37 C dan 44 $mmH_2O/L$. Pasien bernapas melalui sirkuit pernapasan dengan tahanan maksimal 11,6 $cmH_2O$ dan *interface* berupa kanula hidung berdiameter besar maupun kecil. *Interface* yang digunakan biasanya berupa kanula hidung yang diaplikasikan menggunakan *strap* pada kepala pasien. Pada kanula hidung berdiameter kecil, ukurannya mirip dengan kanula hidung konvensional, udara dan oksigen dialirkan melalui kedua sisi sedangkan pada sistem dengan nasal *prong* berdiameter besar, udara hanya dialirkan dari satu sisi sirkuit saja.

Udara yang dialirkan akan mengalami penambahan kelembapan oleh humidifier yang dapat berupa *cartridge* pengubah uap, *humidifier* gelembung atau *heated plate humidifier*. Pada *cartridge* pengubah uap udara dan oksigen dialirkan melalui *cartridge* yang memiliki membran dengan pori-pori berdiameter 0,005 mikrometer dan mengalami percampuran dengan uap air yang telah dihangatkan. Sistem dengan *humidifier* gelembung mengalirkan udara dan oksigen kedalam reservoir udara sehingga tercipta gelembung-gelembung kecil yang kemudian dinaikkan suhunya sedangkan pada *heated humidifier* terdapat elemen pemanas yang akan memanaskan air dalam *chamber* khusus sehingga tercipta uap air dengan suhu tertentu.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# BAB II

# KEUNTUNGAN FISIOLOGI PENGGUNAAN KHAT

Penggunaan KHAT memberikan beberapa keuntungan fisiologis (tabel 1) sehingga akhirnya dapat memberikan kenyamanan dan perbaikan oksigenisasi.

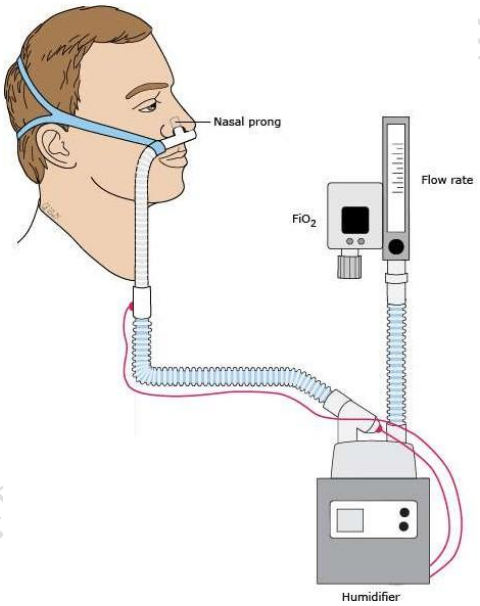
Tabel 1. Mekanisme dan manfaat KHAT

| Mekanisme | Manfaat fisiologis dan klinis |
|---|---|
| Kanula hidung yang lentur | Meningkatkan kenyamanan pasien |
| Pemanasan dan pengatur kelembaban | ▪ Evakuasi sekresi<br>▪ Mencegah kerusakan epitel saluran napas<br>▪ Menurunkan beban kerja napas<br>▪ Meningkatkan kenyamanan pasien |
| Buangan ruang rugi nasofaring | Memperbaiki ventilasi dan pengantaran oksigen |
| Efek tekanan positif saluran napas yang kontinu | ▪ Menangani auto PEEP<br>▪ Menurunkan beban kerja napas<br>▪ Memperbaiki oksigenisasi |
| Arus tinggi | ▪ Meningkatkan realibilitas FiO2<br>▪ Memperbaiki pola napas |

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

## A. Kanula Hidung yang Lentur

Hampir semua produk KHAT menggunakan kanula yang lembut dan lentur (gambar 3). Hal ini mempengaruhi kenyamanan pasien. Pasien merasakan lebih nyamana menggunakan KHAT dibandingkan dengan kanula hidung konvensional juga sungkup oksigen.




Gambar 3. Kanula hidung pada KHAT

## B. Pemanasan dan Pelembaban Sekret

Oksigen inspirasi yang dihangatkan pada suhu fisiologis tubuh lebih efektif untuk pengantaran arus tinggi (>40 lpm). Oleh

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA
TIDAK DIPERJUALBELIKAN

karenanya pengantaran oksigen pada KHAT lebih baik dibandingkan sungkup venturi atau sungkup hirup ulang atau sistem pengantaran oksigen arus rendah lainnya. Udara yang dilembabkan juga membuat kandungan air dalam sekret saluran napas meningkat sehingga memudahkan sistem mukosilier dalam evakuasi sekret, menurunkan beban kerja napas dan melindungi kerusakan epiter saluran napas.

## C. Buangan Ruang Rugi Nasofaring

Buangan udara dalam ruang rugi anatomi saluran napas dapat memperbaiki ventilasi dan mengoptimalkan pengantaran oksigen. Buangan udara di ruang rugi pada KHAT memungkinkan fraksi oksigen ventilasi semenit yang lebih tinggi untuk kemudian didifusikan di alveolus.

## D. Efek Tekanan Positif Saluran Napas yang Kontinu (*Continuous Positive Airway Pressure*; CPAP)

Beberapa studi baik pada pasien dewasa maupun anak, menunjukkan bahwa KHAT meningkatkan tekanan nasofaring yang puncaknya di akhir ekspirasi oleh karenanya dikenal sebagai efek *Positive End Expiratory Pressure* (PEEP). Efek PEEP ini berpotensi untuk mengatasi auto PEEP, menurunkan beban kerja napas dan meningkatkan oksigenisasi terutama pada pasien dengan penyakit *alveolar filling* seperti penyakit jatung kongestif

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

atau *Acute Respiratory Distress Syndrome* (ARDS). Tekanan efek PEEP yang dihasilkan KHAT adalah rendah-sedang. Tekanan saluran napas tertinggi didapatkan dalam keadaan mulut tertutup. Setiap peningkatan arus 10 lpm terjadi peningkatan tekanan saluran napas sekitar 0,7cm$H_2O$ saat mulut tertutup dan 0,35 cm$H_2O$ bila mulut terbuka.

## E. Arus Tinggi

Arus tinggi yang dihasilkan KHAT dapt menurunkan risiko tercampurnya oksigen dari sistem dengan udara ruangan sehingga fraksi oksigen inspirasi dapat lebih optimal masuk ke saluran napas pasien dibandingkan dengan alat pengantar oksigen arus rendah. Pasien sesak menghasilkan arus inspirasi yang tinggi sehingga lebih meningkatkan lagi risiko tercampurnya oksigen dari alat pengantar oksigen arus rendah dengan udara ruangan, sehingga FiO2 yang sampai di saluran napas pasien sesak tersebut semakin rendah dan tidak optimal. Meskipun demikian, bila pasien sesak menggunakan KHAT namun masih bernapas dengan mulut terbuka maka risiko tercampurnya oksigen sistem dengan udara ruangan pun tetap ada sehingga FiO2 yang sampai ke saluran napas pasien juga dapat tidak optimal.

Arus tinggi pada KHAT juga pada beberapa studi menghasilkan perbaikan pola napas dengan cara meningkatkan volume tidal dan menurunkan frekuensi napas.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

## F. Penurunan Usaha Inspirasi

Seiring dengan peningkatan arus pengantar oksigen maka usaha inspirasi menurun. Buangan karbondioksida biasanya didapatkan pada arus yang lebih rendah.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# BAB III
# APLIKASI KLINIS PENGGUNAAN KHAT PADA GAGAL NAPAS AKUT

## A. Indikasi Terapi Oksigen KHAT

Pada pasien gagal napas akut dewasa yang masih bernapas spontan, terapi oksigen dengan KHAT makin sering dipergunakan. Terapi oksigen KHAT terutama bermanfaat pada pasien dengan peningkatan beban usaha bernapas, pasien dengan sekret jalan napas berlebihan dan pasien yang tidak dapat mentoleransi terapi oksigen menggunakan sungkup. Beberapa studi melaporkan efikasi KHAT pada pasien dengan gagal napas akut tipe hipoksemik non kardiogenik dan kardiogenik, pasien imunokompromais, pasien dengan ARDS, pasien paliatif, pasien yang menjalani instrumentasi jalan napas seperti intubasi, pasien pasca operasi jantung atau abdomen dan pasien gagal napas pasca ekstubasi. *European Society of Intensive Care Medicine* (ESICM) merekomendasikan penggunaan KHAT pada gagal napas akut hipoksemik termasuk gagal napas pasca ekstubasi dan pasca bedah, KHAT tidak direkomendasikan pada peri-intubasi.

Manfaat yang diamati pada pasien diantaranya penurunan frekuensi pernapasan, perbaikan oksigenasi dengan parameter $PO_2$ atau $SpO_2$, penurunan penggunaan otot bantu pernapasan, kenyamanan pasien, penurunan kebutuhan intubasi dan

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - HIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

mortalitas. Perbandingan dilakukan antara KHAT dengan terapi oksigen konvensional maupun dengan *non-invasive ventilator* (NIV) dan didapatkan penggunaan KHAT memiliki luaran yang lebih baik dan tidak lebih inferior dibandingkan dengan NIV. Penggunaan KHAT memiliki keuntungan dibandingkan NIV karena lebih mudah digunakan, hanya memerlukan sedikit latihan dalam penggunaan dan memerlukan tenaga perawat yang lebih sedikit untuk pengoperasian dan pengawasan.

Indikasi penggunaan terapi oksigen KHAT adalah sesuai dengan indikasi terapi oksigen pada umumnya, tidak ada indikasi absolut dan bergantung dari pedoman tatalaksana penyakit serta ketersediaan fasilitas. Saat ini KHAT paling sering digunakan pada gagal napas akut. Beberapa studi menunjukan efikasi KHAT secara subjektif dan fisiologis. Sebagian besar data diambil dari studi observasional menggunakan luaran fisiologis atau uji klinis dengan berbagai populasi heterogen dan dibandingkan dengan oksigen arus rendah atau NIV. Luaran klinis yang didapat juga berbeda-beda. Meta analisis terhadap 13 studi uji klinis pada pasien gagal napas akut dan gagal napas pasca bedah dan pasca ekstubasi menunjukkan KHAT dapat menurunkan risiko intubasi dan mortalitas meski secara statistik tidak bermakna. Dengan data yang ada, secara umum KHAT direkomendasikan pada gagal napas akut hipoksemik dengan rasio $PaO_2$:$FiO_2$ <300 mmHg.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

## B. Gagal Napas Akut Hipoksemik

Penggunaan KHAT umumnya digunakan pada gagal napas akut hipoksemik dengan memberikan $FiO_2$ yang tinggi. Beberapa studi uji klinis dan studi observasional menunjukkan perbaikan oksigenisasi dan menurunkan kebutuhan intubasi dibandingkan dengan sistem pengantar oksigen arus rendah. Meski demikian beberapa studi tersebut tidak menunjukkan efek pada mortalitas, perawatan intensif dan lama rawat, sesak dan kenyamanan. Meta analisis oleh Rochwerg dkk yang mengikutsertakan sembilan uji klinis membandingkan KHAT dengan oksigen arus rendah pada gagal napas akut tipe hipoksemik menunjukkan bahwa KHAT menurunkan kebutuhan akan intubasi (*relative risk* RR 0.85; 95% CI 0.74–0.99) dan eskalasi bantuan respirasi (RR 0.71; 0.51–0.98). KHAT tidak menunjukkan perbaikan luaran mortalitas, lama rawat, sesak dan kenyamanan pasien.

Metanalisis Ou dkk terhadap enam uji klinis gagal napas akut termasuk pasca ekstubasi dan saat bronkoskopi, menunjukkan bahwa KHAT menurunkan angka intubasi dibandingkan oksigen arus rendah (12% vs 25%) namun tidak menunjukkan perbedaan bila dibandingkan dengan NIV (18% vs 23%). Penggunaan KHAT juga tidak berhubungan dengan penurunan mortalitas *Intensive Care Unit* (ICU) atau penurunan lama rawat ICU.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

Metaanalisis Ferreyro dkk menunjukkan bahwa KHAT menurunkan angka intubasi pada gagal napas akut hipoksemik dibandingkan dengan pengantran oksigen arus rendah namun tidak mempengaruhi angka mortalitas (risk ratio 0.76, 95% CI 0.55-0.99), sementara luaran klinis antara KHAT dan NIV tidak berbeda bermakna.

Salah satu kelemahan studi yang ada adalah aplikasi KHAT pada pasien kelompok tertentu, misalnya pada pasien dengan imunokompramais. Studi prospektif penggunaan KHAT terhadap 1611 pasien imunokompramais dengan gagal napas akut hipoksemik menurunkan angka intubasi sedangkan beberapa studi lain menunjukkan tidak ada perbedaan antara KHAT dan oksigen arus rendah dalam hal menurunkan angka intubasi dan mortalitas. Beberapa data menunjukkan bahwa pada kelompok imunokompramais dengan gagal napas akut, KHAT tidak selalu digunakan dan indikasi intubasinya pun beragam. Beberapa studi yang heterogen pun menunjukkan luaran yang baik pada penggunaan KHAT pada pasien dengan pneumia influenza H1N2, keganasan hematologi, transplantasi organ, gagal jantung kongestif dan ARDS.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

## C. KHAT pada Kasus Pneumonia COVID-19

Studi dan data mengenai efek pemakaian KHAT pada pasien COVID-19 sampai saat ini masih terbatas dan masih terus berkembang. Rekomendasi pemakaian KHAT didasarkan pada studi dengan gagal napas akut hipoksemik akibat etiologi lain terutama pneumonia bakteri ataupun virus lain. Terdapat perbedaan rekomendasi penggunaan KHAT (tabel 2), WHO hanya merekomendasikan penggunaannya pada pasien dengan ARDS ringan, hemodinamik yang stabil, kesadaran yang baik dan tanpa gagal organ multipel. Rekomendasi yang berbeda diberikan *Royal College of Anesthetist* (RCA) yang tidak merekomendasikan penggunaan KHAT karena tidak terbukti memberikan efek positif terhadap ketahanan hidup, sementara panduan *Surviving Sepsis Campaign* COVID-19 merekomendasikan penggunaan KHAT pada pasien dengan gagal napas akut hipoksemik yang tidak membaik dengan terapi oksigen konvensional. Perhimpunan Dokter Paru Indonesia (PDPI) merekomendasikan penggunaan KHAT pada COVID-19 dengan kondisi kritis gagal napas. Pasien dengan ARDS dan Efusi pleura penggunaan KHAT lebih direkomendasikan dibandingkan NIV. Perhimpunan Dokter Spesialis Anestesiologi dan Terapi Intensif Indonesia Cabang DKI Jakarta (Perdatin Jaya) juga merekomendasikan penggunaan KHAT pada kondisi distres pernapasan yang berat dan target SpO2 ≥ 90% tidak tercapai

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

dengan pemberian terapi suplementasi oksigen yang standar (penggunaan sungkup wajah dengan kadar oksigen 10–15 lpm).

Tabel 2. Penggunaan KHAT pada COVID-19

| Penelitian | Kriteria inklusi | Pasien | Perbandingan | Luaran |
|---|---|---|---|---|
| Ni et al | Pasien dewasa, PaO2/FiO2 ≤ 300 atau SpO2 ≤ 92 dalam 10-12 L O2 | 3881 | NIV atau terapi oksigen konvensional | Tidak ada perbedaan mortalitas, Intubasi lebih rendah vs oksigen konvensional namun sama dengan NIV, Laju napas dan PaO2/FiO2 lebih baik vs oksigen konvensional, lama tinggal di ICU tidak berbeda |
| Ou et al | Pasien dewasa dengan gagal napas hipoksemik akut (PaO2/FiO2 ≤ 300) | 1892 | NIV atau terapi oksigen konvensional | Tidak ada perbedaan mortalitas, Intubasi lebih rendah vs oksigen konvensional pada pasien *high risk*, namun sama dengan NIV |
| Monro-sommerville | Pasien dewasa dengan gagal napas | 2507 | terapi oksigen konvensional | Tidak ada perbedaan mortalitas maupun intubasi, toleransi lebih baik pada HFNO |
| Rochwerg | Pasien dewasa dengan gagal napas hipoksemik akut | 2093 | terapi oksigen konvensional | Tidak ada perbedaan mortalitas, intubasi lebih rendah |

## D. Penggunaan KHAT pada Gagal Napas Akut Hiperkapnik

Kanula Hidung Arus Tinggi merupakan alat pengantar oksigen yang mampu meningkatkan oksigenasi, nyaman digunakan, dapat menurunkan laju pernapasan dan usaha bernapas tanpa menyebabkan peningkatan tekanan transpulmoner. Jika pasien menggunakan KHAT dengan posisi mulut tertutup, maka udara yang terbuang akan berkurang, tekanan pada area nasofaring akan meningkat seiring dengan peningkatan arus udara yang digunakan. Pada posisi mulut tertutup, PEEP yang dihasilkan

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA

pada area nasofaring adalah sekitar 3 $cmH_2O$. Faktor yang mempengaruhi PEEP yang dihasilkan diantaranya adalah besar arus yang digunakan, puncak arus inpirasi dan volume tidal. Tekanan positif ini, meskipun kecil namun cukup untuk meningkatkan volume akhir ekspirasi paru. Kanula Hidung Arus Tinggi dikatakan dapat menurunkan $PaCO_2$ setara dengan NIV namun melalui mekanisme yang berbeda. Pada NIV penurunan $PaCO_2$ melalui mekanisme PEEP, sedangkan KHAT melalui mekanisme bersihan dan pengurangan ruang rugi.

Keuntungan KHAT dalam menurunkan usaha bernapas dapat menurunkan $PaCO_2$. Usaha bernapas adalah energi yang dibutuhkan oleh otot pernapasan untuk memenuhi fungsi fisiologisnya. Udara kering dan dingin akan meningkatkan tahanan jalan napas dan usaha bernapas. Kanula Hidung Arus Tinggi dapat menurunkan usaha bernapas melalui mekanisme pengaliran udara yang telah dihangatkan dan dilembabkan sebelumnya, sehingga tubuh tidak terlalu banyak membutuhkan energi untuk menghangatkan dan melembabkannya. Pada akhirnya akan menurunkan tahanan jalan napas, usaha bernapas dan produksi $CO_2$ sisa metabolisme juga berkurang. Kanula Hidung Arus Tinggi juga dapat memperbaiki sinkronasi torakoabdominal, sehingga dapat menurunkan laju pernapasan tanpa mengurangi ventilasi alveolar, sehingga $PaCO_2$ akan turun. Selain itu KHAT dengan arus tinggi juga dapat melewati tahanan

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

jalan napas dan menciptakan tekanan positif pada area nasofaring sehingga dapat menurunkan usaha bernapas dan meningkatkan ventilasi. Meski demikian, secara klinis praktis, penggunaan KHAT pada gagal napas sedang-berat tidak cukup memberikan PEEP yang memadai dan tidak direkomendasikan pada gagal napas akut hiperkapnik karena hipoventilasi. Efikasi dalam menurunkan usaha bernapas juga dinilai tidak se-efektif NIV.

## E. Risiko Transmisi Penyakit Infeksi pada Penggunaan KHAT

Studi pada manekin menggunakan simulator dan *smoke-laser illumination* untuk menentukan sebaran droplets ekshalasi pada penggunaan beberapa terapi oksigen termasuk KHAT menunjukkan bahwa penggunaan KHAT tidak berhubugan dengan peningkatan kontaminasi udara atau permukaan. Ulasan sistematik melaporkan bahwa pengaruh *aerosol generating procedure* (AGP) terhadap risiko penularan *Severe Acute Respiratory Syndrome* kepada tenaga kesehatan dan mendapatkan *odd ratio* KHAT sebesar 0,4 namun secara statistik tidak signifikan, sebagai perbandingan odd ratio intubasi adalah 6,6. Data-data dari studi yang ada mendukung hipotesis risiko penularan yang lebih rendah pada pemakaian KHAT dengan penjelasan bahwa humidifikasi udara oleh KHAT menghasilkan droplet berukuran lebih besar dan memiliki kelembaban lebih tinggi sehingga angka tahan hidup virus corona yang memiliki

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

lipid envelope menurun. Tabel 3 menggambarkan perbandingan risiko ekshalasi droplet berbagai alat pengantar oksigen

Tabel 3. Dispersi maksimal udara ekshalasi saat menggunakan alat oksigen

| Alat pengantar oksigen | Jarak dispersi maksimal udara ekshalasi (cm) |
|---|---|
| Kanula hidung | |
| 1 L/menit | 25-30 |
| 3 L/menit | 36 |
| 5 L/menit | 42 |
| Sungkup sederhana | |
| 4 L/menit | 20 |
| 6 L/menit | 22 |
| 8 L/menit | 30 |
| 10 L/menit | 40 (>40 saat batuk) |
| Masker venturi | |
| 24% oksigen | 32 |
| 40% oksigen | 29 |
| Sungkup tanpa hirup ulang | |
| 6, 8, 10, and 12 L / menit | <10 |
| KHAT | |
| 10 L/menit | 13.9-20.5 |
| 30 L/menit | 11.9-14.1 |
| 60 L/menit | 5.0-8.0 |
| 60 L/menit (saat batuk) | 290 |

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

Terdapat kekhawatiran bahwa penggunaan KHAT berpotensi menciptakan aerosol yang dapat menyebabkan penyebaran

infeksi COVID-19 nosokomial. Belum terdapat penelitian mengenai peran KHAT dalam penyebaran infeksi nosokomial COVID-19 sehingga rekomendasi yang ada didasarkan pada data pasien non-COVID dan percobaan pada manekin. Belum jelasnya risiko penularan nosokomial COVID-19 akibat penggunaan KHAT menyebabkan WHO menyarankan pelaksanaan *airborne precaution* berupa penggunaan respirator partikulat (N95 dan yang sederajat atau lebih tinggi) dengan *fit-test*, sarung tangan, gaun berlengan panjang dan pelindung mata (google atau *face shield*) pada sarana kesehatan yang merawat pasien COVID-19 dan menggunakan KHAT.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# BAB IV
# PENGATURAN DAN PEMANTAUAN KLINIS TERAPI OKSIGEN KHAT PADA GAGAL NAPAS AKUT

Sampai saat ini tidak ada rekomendasi baku untuk penerapan praktis penggunaan KHAT. Meskipun KHAT dapat diberikan di ruang rawat biasa tanpa pemantauan, namun penggunaan KHAT pda gagal napas akut lebih baik diaplikasikan pada ruangan dengan pemantauan yang cukup seperti ruang perawatan intensif, *intermediate ward* atau instalasi gawat darurat. Hal ini didasari bahwa pasien dengan gagal napas akut yang menggunakan KHAT berisiko tinggi mengalami gagal napas berat dan memerlukan intubasi ventilasi mekanis invasif, oleh karenanya memerlukan pemantauan ketat. Studi yang ada menunjukkan 30-40% pasien dengan KHAT yang dirawat di unit perawatan intensif pada akhirnya akan membutuhkan ventilasi mekanik invasif. Berdasarkan hal tersebut, permasalahan utama yang terkait dengan penggunaan KHAT adalah keterlambatan intubasi pada pasien-pasien tersebut di mana KHAT tidak mencukupi. Keterlambatan intubasi berkaitan dengan peningkatan mortalitas dan morbiditas pasien

## A. Inisiasi KHAT pada Gagal Napas Akut

Tujuan utama terapi oksigen KHAT pada kasus gagal napas akut adalah memperbaiki hipoksemia tanpa menunda intubasi trakea bagi pasien dengan indikasi intubasi trakea. Sebelum memulai

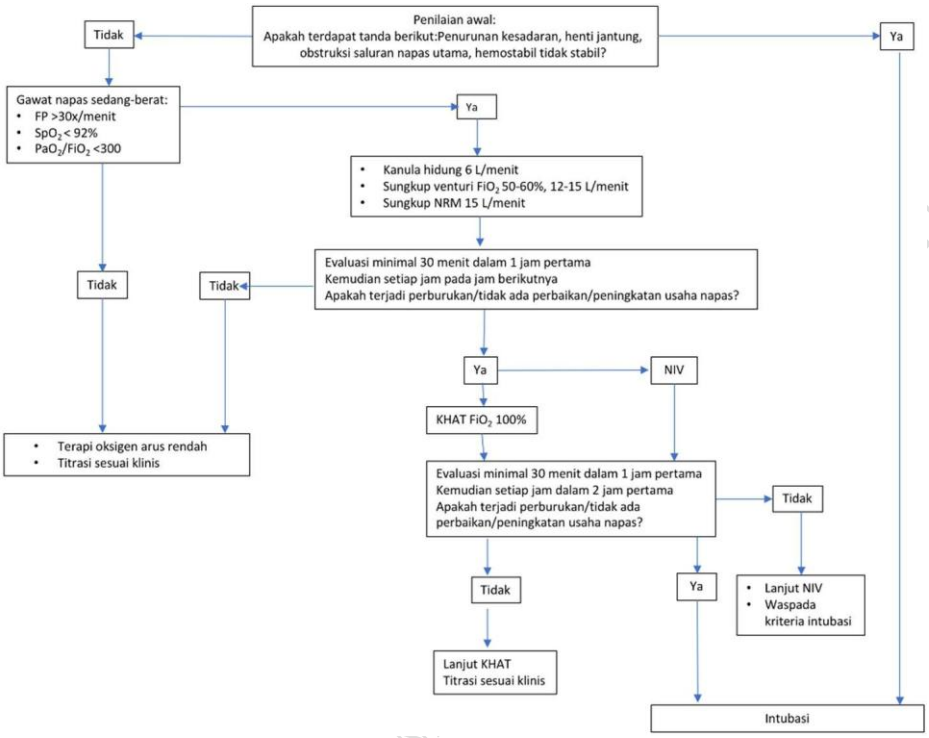
PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

terapi oksigen KHAT, perlu disingkirkan terlebih dahulu kriteria intubasi endotrakeal yakni ada tidaknya gangguan patensi saluran napas. Bila terdapat gangguan patensi saluran napas, maka pasien perlu intubasi endotrakeal. Terapi oksigen KHAT dapat diberikan segera sesuai indikasi terapi oksigen khususnya pada hipoksemia.

Penggunaan KHAT dapat dimulai pada pasien dengan gagal napas hipoksemik akut, yang didefinisikan memiliki tingkat pernapasan> 25 napas / menit dan rasio PaO2/FiO2 <300 mmHg yang sudah menggunakan alat pengantaran oksigen arus ≥ 10 lpm. Pada salah satu panduan terapi oksigen COVID-19, KHAT dapat dimulai pada pasien dengan saturasi <92% meski sudah dengan pemberian oksigen sungkup 15 lpm.

Penggunaan KHAT pada gagal napas akut hiperkapnik masih penuh pro dan kontra, untuk sementara tidak direkomendasikan. Beberapa Kriteria eksklusi protokol uji klinis KHAT pada gagal napas akut adalah hiperkapnia ($PaCO_2$> 45 mmHg), gagal napas akut akibat asma, eksaserbasi penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) atau edema paru kardiogenik, ketidakstabilan hemodinamik yang membutuhkan dukungan vasopressor, *Glasgow Coma Scale* (GCS) <12 dan epistaksis atau operasi wajah atau hidung dalam satu bulan terakhir.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN




Gambar 4. Algoritma inisiasi KHAT pada gagal napas akut COVID-19

Pengaturan KHAT terdiri dari pengaturan suhu, arus pengantaran oksigen dan fraksi oksigen. Suhu diatur $31^0$C, $34^0$C atau $37^0$C (direkomendasikan) atau disesuaikan dengan kenyamanan pasien. Pengaturan arus dimulai dari 20-40 liter per menit sesuai dengan kenyamanan pasien dan dinaikan bertahap hingga maksimal 60 liter per menit. Fraksi oksigen diatur sesuai dengan kebutuhan oksigen pasien. Fraksi oksigen dapat dinaikan atau

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA

diturunkan sesuai dengan target saturasi yang ingin dicapai. Pemberian fraksi oksigen tinggi (90-100%) sebagai terapi inisial direkomendasikan pada kasus hipoksemia berat dan gagal napas. Target saturasi pada gagal napas akut umumnya adalah 94-98%, namun pada COVID-19 sering kali target saturasi >92%.

## B. Penyesuaian Pngaturan dan Pemantauan Selama Terapi Oksigen KHAT

Panduan disesuaikan dengan prosedur baku masing-masing institusi. Pemantauan klinis dilakukan minimal dalam 30 menit dalam 1 jam pertama kemudian setiap jam. Awasi apakah ada kemungkinan "silent hypoxemia", terutama pada usia lanjut. Pada *silent hypoxemia* ini pasien tidak mengalami *distress* pernapasan yang berarti namun $SpO_2$ rendah. Salah satu hal yang penting dari penggunaan KHAT adalah deteksi dini kegagalan terapi oksigen KHAT yang menyebabkan keterlambatan intubasi endotrakeal yang dapat berhubungan dengan prognosis yang buruk.

Beberapa parameter klinis yang secara signifikan menjadi faktor prognostik kegagalan KHAT sehingga perlu dilakukan pemantauan, antara lain frekuensi napas, $SaO_2$, $SpO_2$, analisis gas darah, serta indeks ROX (rasio $SpO_2/FiO_2$ terhadap frekuensi napas) (Gambar 4). Selain itu kondisi henti napas, hipoksemia persisten, asidosis respiratorik, perburukan pernapasan, kongesti

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

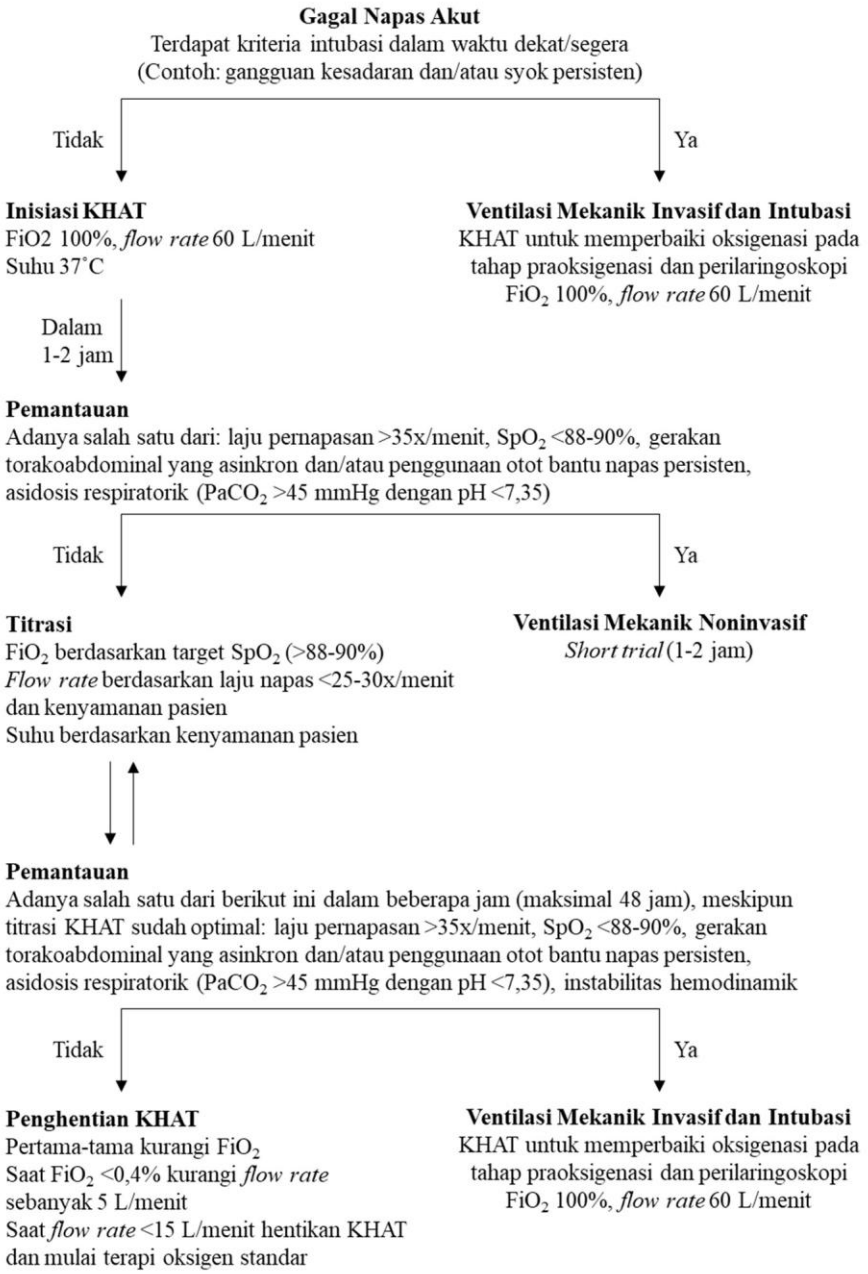
bronkial dan ketidakstabilan hemodinamik juga merupakan parameter kegagalan terapi oksigen KHAT.

$$ROX = \frac{SpO_2/FiO_2}{\text{Frekuensi pernapasan}}$$

Gambar 5. Rumus indeks ROX

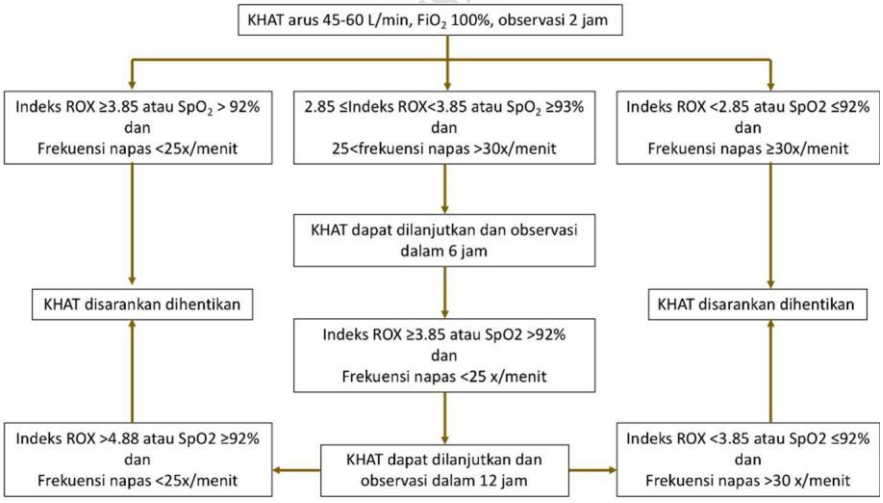
Dalam 1-2 jam setelah inisiasi KHAT, beberapa parameter pernapasan yang menjadi faktor prognostik negatif perlu diperiksa, seperti $SpO_2$ <88-90%, laju pernapasan >35x/menit, gerakan torakoabdominal yang asinkron dan penggunaan otot bantu napas. Adanya salah satu dari parameter tersebut menandakan pasien tidak segera merespon KHAT, percobaan ventilasi non-invasif dalam waktu singkat dapat dipertimbangkan sebelum melakukan intubasi pada pasien. Jika tidak ada satupun parameter tersebut, maka KHAT dapat dilanjutkan dan pengaturan awalnya perlu dititrasi berdasarkan laju pernapasan pasien (<25-30x/menit), $SpO_2$ (>88-90%) serta kenyamanan dan toleransi pasien. Pengaturan KHAT perlu diperiksa dan disesuaikan selama pemantauan pasien. Gambar 5 merupakan salah satu contoh algoritma inisiasi terapi oksigen KHAT dan pemantauannya menggunakan parameter klinis.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN




Gambar 6. Algoritma terapi oksigen KHAT pada gagal napas akut

Salah satu metode pemantauan penggunaan KHAT lainnya pada gagal napas akut hipoksemik adalah indeks ROX. Indeks ROX dapat membantu klinisi untuk memprediksi kegagalan penggunaan KHAT. Nilai indeks ROX <2.85, <3.47 dan <3.85 pada 2, 6 dan 12 jam pertama penggunaan KHAT merupakan prediktor kegagalan KHAT. Meski demikian, penilaian klinis keseluruhan tentunya tetap lebih baik. Aplikasi indeks ROX untuk kasus spesifik seperti COVID-19 sampai saat masih dalam studi lebih lanjut. Gambar 6 merupakan contoh penggunaan indeks ROX sebagai penuntun penggunaan KHAT pada gagal napas akut.




Gambar 7. Panduan penggunaan KHAT menggunakan indeks ROX

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

Selanjutnya pemantauan ketat pada pasien dengan KHAT penting dilakukan untuk mencegah komplikasi pernapasan dan jantung yang tidak diinginkan khususnya dalam 48 jam pertama. Selain parameter yang telah disebutkan di atas, parameter lain seperti ketidakstabilan hemodinamik (frekuensi nadi >140x/menit atau perubahan >20% dari nilai dasar dan/atau tekanan darah sistolik >180 mmHg, <90 mmHg atau penurunan >40 mmHg dari nilai dasar). Jika pasien tidak mengalami perbaikan dalam jangka waktu 48 jam, terapi KHAT dinyatakan gagal dan perlu dilakukan intubasi dan ventilasi mekanik invasif sesegera mungkin. Mempertahankan terapi KHAT yang gagal dapat menutupi kerusakan pernapasan lebih lanjut dan meningkatkan tingkat kematian.

## C. Penghentian Terapi Oksigen KHAT

Penghentian KHAT dan inisiasi intubasi dan ventilasi mekanis didasarkan pada penilaian klinis dari dokter utama, dipandu oleh rekomendasi protokol untuk mempertimbangkan ventilasi mekanis dengan adanya gangguan pernapasan yang persisten / memburuk, laju pernapasan> 40 napas / menit, $SpO_2$ < 90% selama lebih dari 5 menit meskipun arus dan $FiO_2$ maksimal, asidemia dengan pH <7,35, ketidakstabilan hemodinamik yang signifikan (didefinisikan sebagai tekanan darah sistolik <90 mmHg, tekanan arteri rata-rata <65 mmHg atau kebutuhan

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

vasopressor), penurunan status neurologis (GCS < 12) atau ketidakmampuan untuk membersihkan secret saluran napas. Beberapa studi menyebutkan bahwa jika pasien tidak mengalami perbaikan dalam jangka waktu 48 jam, terapi KHAT dinyatakan gagal dan perlu dilakukan intubasi dan ventilasi mekanik invasif sesegera mungkin. Mempertahankan terapi KHAT yang gagal dapat menutupi kerusakan pernapasan lebih lanjut dan meningkatkan tingkat kematian. Penghentian KHAT juga dapat menggunakan algoritma di atas.

Jika parameter klinis dan gasometrik pasien membaik secara gradual, maka $FiO_2$ perlu diturunkan pertama kali secara bertahap dilanjutkan dengan penurunan arus secara bertahap sebanyak 5-10 L setiap 15-30 menit. Interval dari kedua penurunan ini disesuaikan dengan parameter klinis dan fisiologis pasien. Saat pasien stabil selama 1-2 jam dengan $FiO_2$ 40% dan arus 15-20 L/menit, terapi oksigen KHAT dapat dihentikan dan terapi oksigen konvensional dapat dimulai.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

# BAB V
# KOMPLIKASI KHAT

## A. Keterlambatan Intubasi pada Gagal KHAT

Komplikasi utama yang paling sering terjadi pada penggunaan KHAT adalah keterlambatan intubasi pada saat terapi oksigen KHAT gagal memberikan perbaikan klinis pada pasien. Sebuah studi menemukan bahwa penggunaan KHAT lebih dari 48 jam sebelum intubasi berhubungan dengan tingkat kematian yang lebih tinggi di unit perawatan intensif, berkurangnya keberhasilan ekstubasi dan pelepasan ventilator dan hari bebas ventilator yang lebih rendah. Studi lain menunjukkan bahwa pasien yang menjalani intubasi dan ventilasi mekanik invasif setelah KHAT memiliki tingkat kematian yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan pasien yang menjalani intubasi dan ventilasi mekanik invasif segera tanpa KHAT.

Beberapa alasan dapat menjelaskan hal ini. Membiarkan pasien bernapas spontan dalam jangka waktu yang cukup lama dapat memperburuk sifat dan tingkat cedera awal, sebuah konsep yang disebut cedera paru akibat tindakan sendiri (*patient self-inflicted lung injury*). Selain itu, suplementasi oksigen melalui KHAT dapat secara cepat menormalkan saturasi oksigen pasien yang menyebabkan kesalahan penilaian bahwa kondisi pasien sudah membaik, padahal kenyatannya gangguan yang mendasari

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

(seperti ketidakcocokan ventilasi-perfusi atau hipoventilasi alveolar yang membutuhkan dukungan tekanan inspirasi dan tekanan positif akhir ekspirasi). Kondisi pasien kemudian dapat memburuk secara bertahap dan tidak diketahui hingga mencapai titik kelemahan otot pernapasan, disfungsi jantung, dan kegagalan organ, sehingga menyebabkan prognosis yang lebih buruk.

## B. Pneumotoraks dan Pneumomediastinum

Komplikasi pneumotoraks dan pneumomediastinum terjadi pada kasus anak. Pada kasus tersebut, pemberian oksigen dilaporkan melebih protokol yang dianjurkan. Meskipun belum dilaporkan kejadian kebocoran udara pada penggunaan KHAT untuk orang dewasa, namun kejadian serupa juga mungkin terjadi pada orang dewasa, sehingga diperlukan pemantauan ketat khususnya pada arus oksigen.

## C. Hiperkapnia

Pada penggunaan KHAT untuk oksigenasi apneik, salah satu komplikasi potensial adalah hiperkapnia yang berlebihan. Suatu studi menunjukkan bahwa tekanan parsial karbondioksida $PaCO_2$) meningkat dengan kenaikan 3 mmHg/menit saat oksigenasi apneik melalui KHAT dengan arus 50 L/menit. $PaCO_2$ secara signifikan lebih tinggi pada apnea dengan KHAT dibandingkan dengan ventilasi *bag-mask*, namun kenaikan

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

resultan $PaCO_2$ pada KHAT tampak bisa ditoleransi dikarenakan kadar $PaCO_2$ tertinggi diperkirakan 65 mmHg setelah intubasi trakea selesai. Arus dengan kecepatan hingga 70 L/menit dibutuhkan untuk mencapai buangan maksimal karbondioksida. Penggunaan KHAT mengganggu deteksi dini peningkatan karbondioksida dan obstruksi saluran napas dibandingkan dengan penggunaan ventilasi *bag-mask*. Pemantauan karbondioksida secara transkutan dan penggunaan sensor indeks cadangan oksigen dapat meminimalisasi risiko ini dan mengoptimalkan penggunaan KHAT.

## D. Insuflasi Lambung

Insuflasi lambung (masuknya udara ke dalam lambung) merupakan komplikasi teoritis yang terjadi akibat KHAT dikarenakan KHAT menciptakan tekanan jalan napas positif. Peningkatan arus 10 L/menit diketahui menyebabkan peningkatan tekanan jalan napas nasofaringeal sebanyak 1,2 $cmH_2O$, sebagaimana diobservasi saat sukarelawan sehat bernapas dengan mulut tertutup disertai penggunaan KHAT. Tekanan saluran napas akan meningkat sekitar 3 $cmH_2O$ pada oksigen 30 L/menit dan sekitar 12 $cmH_2O$ pada 100 L/menit.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

## DAFTAR PUSTAKA


1. Baudin F, Gagnon S, Crulli B, Proulx F, Jouvet P, Emeriaud G. Modalities and complications associated with the use of high-flow nasal cannula: Experience in a pediatric ICU. Respir Care. 2016;61(10):1305–10.
2. Besnier E, Hobeika S, NSeir S, Lambiotte F, Du Cheyron D, Sauneuf B, et al. High-flow nasal cannula therapy: clinical practice in intensive care units. Ann Intensive Care. 2019;9(98):1–8.
3. Bräunlich J, Beyer D, Mai D, et al. Effects of nasal high flow on ventilation in volunteers, COPD and idiopathic pulmonary fibrosis patients. Respiration 2013; 85:319.
4. Carratalá Perales JM, Llorens P, Brouzet B, et al. High-Flow therapy via nasal cannula in acute heart failure. Rev Esp Cardiol 2011; 64:723.
5. Corley A, Caruana LR, Barnett AG, et al. Oxygen delivery through high-flow nasal cannulae increase end-expiratory lung volume and reduce respiratory rate in post-cardiac surgical patients. Br J Anaesth 2011; 107:998.
6. De Jong A, Calvet L, Lemiale V, Demoule A, Mokart D, Darmon M, Jaber S, Azoulay E. The challenge of avoiding intubation in immunocompromised patients with acute respiratory failure. Expert Rev Respir Med. 2018 Oct;12(10):867-880. [PubMed]
7. Drake MG. High-Flow Nasal Cannula Oxygen in Adults: An Evidence-based Assessment Ann Am Thorac Soc. 2018.15(2):145-55.
8. Ferreyro BL, Angriman F, Munshi L, et al. Association of Noninvasive Oxygenation Strategies With All-Cause Mortality in Adults With Acute Hypoxemic Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA 2020; 324:57.


PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

9. Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. N Engl J Med. 2015; 372(23): 2185-2196.
10. Gotera C, Diaz SL, Pinto T. Clinical evidence on high flow oxygen therapy and active humidification in adults. Rev Port Pneumol. 2013;19:217–27.
11. Grieco DL, Menga LS, Raggi V, et al. Physiological Comparison of High-Flow Nasal Cannula and Helmet Noninvasive Ventilation in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. Am J Respir Crit Care Med 2020; 201:303.
12. Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. Aust Crit Care 2007; 20:126.
13. Hardavella G, Karampinis I, Frille A, et al. Oxygen devices and delivery systems. Breathe 2019; 15: e108–e116.
14. Hasani A, Chapman TH, McCool D, et al. Domiciliary humidification improves lung mucociliary clearance in patients with bronchiectasis. Chron Respir Dis 2008; 5:81.
15. Ischaki E, Pantazopoulos I, Zakynthinos S. Nasal high flow therapy: A novel treatment rather than a more expensive oxygen device. Eur Respir Rev. 2017;26(145):1–14.
16. Jaber S, Monnin M, Girard M, et al. Apnoeic oxygenation via high-flow nasal cannula oxygen combined with non-invasive ventilation preoxygenation for intubation in hypoxaemic patients in the intensive care unit: the single-centre, blinded, randomised controlled OPTINIV trial. Intensive Care Med 2016; 42:1877.
17. Jakarta Critical Care Alumni. PERDATIN JAYA. Panduan Tatalaksanan Pasien Diduga Infeksi COVID-19 Dengan SRDS dan Syok Sepsis Berbasis Bukti. 2020.
18. Kang BJ, Koh Y, Lim CM, Huh JW, Baek S, Han M, et al. Failure of high-flow nasal cannula therapy may delay intubation and increase mortality. Intensive Care Med. 2015;41(4):623–32.
19. Kim HJ, Asai T. High-flow nasal oxygenation for anesthetic

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

management. Korean J Anasthesiol. 2019;72(6):527–47.
20. Kim BK, Kim S, Kim CY, Cha J, Lee YS, Ko Y, et al. Factors associated with failure of high-flow nasal cannula. Respir Care. 2020;65(9):1276–84.
21. Lee HY, Rhee CK, Lee JW. Feasibility of high-flow nasal cannula oxygen therapy for acute respiratory failure in patients with hematologic malignancies: A retrospective single-center study. J Crit Care 2015; 30:773.
22. Lenglet H, Sztrymf B, Leroy C, et al. Humidified high flow nasal oxygen during respiratory failure in the emergency department: feasibility and efficacy. Respir Care 2012; 57:1873.
23. Mauri T, Turrini C, Eronia N, et al. Physiologic Effects of High-Flow Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. Am J Respir Crit Care Med 2017; 195:1207.
24. Messika J, Ben Ahmed K, Gaudry S, et al. Use of High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Subjects With ARDS: A 1-Year Observational Study. Respir Care 2015; 60:162.
25. Miguel-Montanes R, Hajage D, Messika J, et al. Use of high-flow nasal cannula oxygen therapy to prevent desaturation during tracheal intubation of intensive care patients with mild-to-moderate hypoxemia. Crit Care Med 2015; 43:574.
26. Miller DC, Pu J, Kukafka D, Bime C. Failure of High Flow Nasal Cannula and Subsequent Intubation Is Associated With Increased Mortality as Compared to Failure of Non-Invasive Ventilation and Mechanical Ventilation Alone: A Real-World Retrospective Analysis. J Intensive Care Med. 2020;1–5.
27. Nedel WL, Deutschendorf C, Rodrigues EM. High-Flow Nasal Cannula in Critically Ill Subjects With or at Risk for Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. Respir Care 2017;62(1):123–32.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

28. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects. Respir Care. 2016;61(4):529-541.
29. Nishimura, M. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy Devices. Respir Care. 2019 Jun;64(6):735-742.
30. Oczkowski S, Levy MM, Derde L, et al.: Surviving Sepsis Campaign : Guidelines on the Management of Critically Ill Adults with Coronavirus Disease 2019 ( COVID-19 ) Authors Intensive Care Medicine ( ICM ) and Critical Care Medicine ( CCM ). 2020; 2019
31. Ou X, Hua Y, Liu J, et al. Effect of high-flow nasal cannula oxygen therapy in adults with acute hypoxemic respiratory failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. CMAJ 2017; 189:E260.
32. Parke R, Bloch A, McGuinness S. Effect of very-high-flow nasal therapy on airway pressure and end-expiratory lung impedance in healthy volunteers. Respir Care. 2015;60:1397–403.
33. Parke R, McGuinness S, Eccleston M. Nasal high-flow therapy delivers low level positive airway pressure. Br J Anaesth 2009; 103:886.
34. Parke RL, Eccleston ML, McGuinness SP. The effects of flow on airway pressure during nasal high-flow oxygen therapy. Respir Care 2011; 56:1151.
35. Parke RL, McGuinness SP. Pressures delivered by nasal high flow oxygen during all phases of the respiratory cycle. Respir Care 2013; 58:1621.
36. Patel A, Nouraei SAR. Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE): A physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. Anaesthesia. 2015;70(3):323–9.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

37. Perhimpunan Dokter Paru Indonesia. Standar Prosedur Operasional (SPO) Terapi oksigen kanula hidung arus cepat (KHAC). 2020
38. Rello J, Pérez M, Roca O, et al. High-flow nasal therapy in adults with severe acute respiratory infection: a cohort study in patients with 2009 influenza A/H1N1v. J Crit Care 2012; 27:434.
39. Rittayamai N, Tscheikuna J, Rujiwit P. High-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy after endotracheal extubation: a randomized crossover physiologic study. Respir Care 2014; 59:485.
40. Roca O, Caralt B, Messika J, et al. An index combining respiratory rate and oxygenation to predict outcome of nasal high-flow therapy. Am J Respir Crit Care Med. 2019; 199(11): 1368-1376.
41. Roca O, de Acilu MG, Caralt B, et al. Humidified high flow nasal cannula supportive therapy improves outcomes in lung transplant recipients readmitted to the intensive care unit because of acute respiratory failure. Transplantation 2015; 99:1092.
42. Roca O, Hernandez G, Diaz-Lobato S. Current evidence for the effectiveness of heated and humidified high flow nasal cannula supportive therapy in adult patients with respiratory failure. Crit Care. 2016;20:109.
43. Roca O, Riera J, Torres F, et al. High-flow oxygen therapy in acute respiratory failure. Respir Care 2010; 55: 408–413.
44. Rochwerg B, Granton D, Wang DX, et al. High flow nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Med. 2019;45(5):563-572.
45. Segovia B, Velasco D, Jaureguizar Oriol A, Díaz Lobato S. Combination Therapy in Patients with Acute Respiratory Failure:

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN

High-Flow Nasal Cannula and Non-Invasive Mechanical Ventilation. Arch Bronconeumol. 2019 Mar;55(3):166-167.

46. Sim MA, Dean P, Kinsella J, et al. Performance of oxygen delivery devices when the breathing pattern of respiratory failure is simulated. Anaesthesia 2008; 63:938.
47. Spoletini G, Alotaibi M, Blasi F. Heated humidified high-flow nasal oxygen in adults: mechanisms of action and clinical implications. Chest. 2015;148:253–61.
48. Sztrymf B, Messika J, Bertrand F, et al. Beneficial effects of humidified high flow nasal oxygen in critical care patients: a prospective pilot study. Intensive Care Med 2011; 37:1780.
49. Sztrymf B, Messika J, Mayot T, et al. Impact of high-flow nasal cannula oxygen therapy on intensive care unit patients with acute respiratory failure: a prospective observational study. J Crit Care 2012; 27:324.e9.
50. Tiruvoipati R, Lewis D, Haji K, Botha J. High-flow nasal oxygen vs high-flow face mask: a randomized crossover trial in extubated patients. J Crit Care 2010; 25:463.
51. Vourc'h M, Asfar P, Volteau C, et al. High-flow nasal cannula oxygen during endotracheal intubation in hypoxemic patients: a randomized controlled clinical trial. Intensive Care Med 2015; 41:1538.
52. Whittle JS, Pavlov I, Sacchetti A, Atwood C, Rosenberg MS, et al. Respiratory Support for Adult Patients with COVID-19. JACEP Open 2020;1:95-101.
53. Williams R, Rankin N, Smith T, et al. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. Crit Care Med 1996; 24:1920.

PERHIMPUNAN DOKTER PARU INDONESIA - TIDAK UNTUK DIPERJUALBELIKAN