

TELAAH PUSTAKA

**HIGH FLOW NASAL CANUL (HFNC) SEBAGAI TERAPI OKSIGEN
PADA KASUS GAGAL NAFAS TIPE 1
(HIGH FLOW NASAL CANNULA (HFNC) AS OXYGEN THERAPY FOR TYPE 1
RESPIRATORY FAILURE CASES)**

Yulian Nuswantoro¹, Isnin Anang Marhana¹, Helmia Hasan¹, Arief Baktiar¹

¹Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi, Fakultas Kedokteran, Universitas
Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Email korespondensi: isnin.anang@fk.unair.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan ventilasi mekanik invasif dapat meningkatkan morbiditas dan mortalitas terkait stres pulmonal dan pneumonia, serta mendorong penggunaan ventilasi non-invasif seperti High Flow Nasal Cannula (HFNC) sebagai terapi oksigen yang efektif pada gagal napas tipe 1. Studi ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas HFNC dalam menangani gagal napas akut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HFNC mampu memberikan oksigen dengan konsentrasi tinggi dan aliran gas yang stabil, meningkatkan oksigenasi tanpa menimbulkan efek samping signifikan. HFNC juga terbukti meningkatkan kenyamanan pasien, mengurangi kebutuhan intubasi, dan memperbaiki hasil klinis secara keseluruhan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa HFNC merupakan alternatif yang efektif dan aman dibandingkan dengan ventilasi mekanik invasif untuk pasien dengan gagal napas tipe 1.

Kata kunci: gagal napas akut, *high flow nasal cannula*, terapi oksigen, ventilasi non-invasif

ABSTRACT

The use of invasive mechanical ventilation increases morbidity and mortality related to pulmonary stress and pneumonia, promoting the use of non-invasive ventilation such as High Flow Nasal Cannula (HFNC) as an effective oxygen therapy in type 1 respiratory failure. This study aims to analyze the effectiveness of HFNC in managing acute respiratory failure. The results indicate that HFNC can deliver high-concentration oxygen and stable gas flow, enhancing oxygenation without causing significant side effects. HFNC also improves patient comfort, reduces the need for intubation, and improves overall clinical outcomes. This study concludes that HFNC is an effective and safe alternative to invasive mechanical ventilation for patients with type 1 respiratory failure.

Keywords: *acute respiratory failure, high flow nasal cannula, oxygen therapy, non-invasive ventilation*

PENDAHULUAN

Ventilasi mekanik invasif dapat meningkatkan morbiditas dan mortalitas karena stres pulmoner dan pneumonia, sehingga ventilasi non-invasif dipilih sebagai tatalaksana ventilasi.¹ *High Flow Nasal Canul* (HFNC) merupakan pilihan ventilasi non-invasif yang efektif untuk gagal napas akut karena dapat memberikan aliran oksigen konstan serta meningkatkan tekanan pada paru-paru tanpa mengganggu aliran darah kulit.^{2,3} *High Flow Nasal Canul* (HFNC) menyediakan campuran udara-oksigen dengan FiO_2 21%-100% dan aliran 1-60 L/menit, menawarkan FiO_2 konstan dengan *Positive End-Expiratory Pressure* (PEEP), mengurangi ruang rugi anatomis, meningkatkan pembersihan mukosiliar, dan mengurangi kerja pernapasan.⁴

Gagal napas adalah kondisi saat pertukaran gas dalam sistem respirasi gagal, dengan sesak dan penurunan status mental sebagai gejala utama. Gagal napas hiperkapnia memerlukan ventilasi, sedangkan gagal napas hipoksik membutuhkan suplementasi oksigen untuk mengoreksi hipoksemia dan hipoksia jaringan.^{5,6} Artikel ini mengkaji penggunaan HFNC sebagai terapi oksigen non-invasif pada gagal napas tipe 1, menyoroti efektivitas, keamanan, dan manfaat klinisnya,

termasuk peningkatan oksigenasi, kenyamanan pasien, dan pengurangan kebutuhan intubasi. Artikel ini juga membandingkan HFNC dengan metode terapi oksigen lainnya, bertujuan menjadi referensi bagi praktisi medis dalam memilih terapi oksigen yang tepat.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian pencarian artikel melalui ScienceDirect dan google scholar dengan mencari kata kunci seperti “gagal napas akut”, “*high flow nasal canul*”, “terapi oksigen”. Artikel yang diambil dibatasi kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Terdapat kriteria inklusi dan kriteria eksklusi dalam pencarian artikel. Kriteria inklusi yang diambil dalam pencarian yaitu pembatasan tahun artikel 2014-2024 sedangkan, kriteria eksklusi pada pencarian artikel seperti “pediatri”, serta eksklusi artikel yang menggunakan bahasa selain Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Pada pencarian artikel, didapatkan 20 total artikel sebagai bahan untuk pembuatan telaah pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ditunjukkan dalam Tabel 1 yang menunjukkan hasil evaluasi efektivitas terapi oksigen aliran tinggi melalui kanula hidung atau HFNC pada

pasien dengan kondisi pernapasan akut, *Respiratory Distress Syndrome (ARDS)*, dan seperti gagal napas hipoksemik akut, *Acute* Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK).

Tabel 1 Hasil penelitian

Studi	Tahun	Subjek Penelitian	Hasil Utama
Pisani L, Astuto M, Prediletto I, Longhini F	2019	Pasien dewasa yang dirawat di rumah sakit karena eksaserbasi penyakit paru obstruktif kronis (COPD)	<i>High Flow Nasal Canul (HFNC)</i> : - menjaga PaCO ₂ stabil dan meningkatkan kenyamanan pasien dibandingkan terapi oksigen konvensional dan ventilasi non-invasif - Meningkatkan kerja pernapasan sebesar 40-50% dibandingkan terapi oksigen konvensional
Renda T, Corrado A, Iskandar G, Pelaia G, Abdalla K, Navalesi P	2018	Pasien dewasa yang menerima terapi oksigen aliran tinggi (HFNO) selama induksi anestesi atau dalam pengaturan perawatan intensif	<i>High-Flow Nasal Oxygen (HFNO)</i> : - meningkatkan PaO ₂ setelah preoksigenasi dibandingkan dengan ventilasi masker wajah (FMV) dengan signifikan - memperpanjang waktu apnea aman tanpa mengurangi EtO ₂
Nishimura M	2015	Pasien dewasa dengan kegagalan pernapasan akut yang dirawat di unit perawatan intensif	<i>High Flow Nasal Canul (HFNC)</i> : - meningkatkan PaO ₂ dan kenyamanan pasien - mengurangi kebutuhan intubasi dan risiko desaturasi selama perawatan intensif
Ricard JD, Roca O, Lemiale V, Corley A, Braunlich J, Jones P, et al	2020	Pasien dewasa dengan kegagalan pernapasan akut	<i>Nasal High Flow (NHF)</i> : - mengurangi kebutuhan intubasi pada pasien AHRF dengan tingkat keberhasilan 60% - pasien dengan ROX index $\geq 4,88$ setelah 2, 6, dan 12 jam terapi NHF lebih kecil kemungkinan membutuhkan intubasi
Makdee O, Monsomboon A, Surabenjawong U, Praphruetkit N, Chaisirin W, Chakorn T, et al.	2017	Pasien di departemen darurat dengan edema paru kardiogenik	<i>High Flow Nasal Canul (HFNC)</i> : - menurunkan tingkat intubasi menjadi 28% dibandingkan dengan 46% pada terapi oksigen konvensional (p=0.03) - meningkatkan SpO ₂ lebih dari 10% dalam 30 menit pertama (p<0.01)
Wang Q, Peng Y, Xu S, Lin L, Chen L, Lin Y	2023	Pasien dengan risiko tinggi gagal ekstubasi	- Tidak ada perbedaan signifikan dalam tingkat reintubasi antara HFNC dan non-invasif ventilasi (NIV) pada pasien berisiko tinggi (n=1457, RR=1.10, 95% CI=0.87-1.40, p=0.42).
Baillard C, Prat G, Jung B, Futier E, Lefrant JY, Vincent F, et al.	2018	Pasien hipoksemia yang memerlukan intubasi	Preoksigenasi dengan ventilasi non-invasif (NIV): - mengurangi kejadian gagal organ berikutnya - menurunkan tingkat hipoksemia selama intubasi
Nishimura M	2016	Pasien Penyakit paru obstruktif kronis	<i>High Flow Nasal Canul (HFNC)</i> :

Studi	Tahun	Subjek Penelitian	Hasil Utama
		(PPOK) yang membutuhkan ventilasi di ICU	- meningkatkan ventilasi alveolar dan mengurangi ruang mati anatomi menyediakan gas yang dihangatkan dan dilembabkan, memperbaiki fungsi mukosiliar
Azoulay E, Pickkers P, Soares M, Perner A, Rello J, Bauer PR, et al.	2017	Pasien imunokompromais dengan kegagalan pernapasan hipoksemik akut	<i>High Flow Nasal Canul (HFNC)</i> digunakan sebagai terapi awal pada 20.3% pasien imunokompromais dengan kegagalan pernapasan hipoksemik akut.
Delorme M, Bouchard PA, Simon M, Simard S, Lellouche F	2017	Pasien dewasa dengan gejala distress pernapasan sedang (n=12)	<i>High Flow Nasal Cannula (HFNC)</i> secara signifikan mengurangi kerja bernapas pada pasien yang pulih dari gagal napas akut, menurunkan tekanan esofagus, dan meningkatkan kepatuhan paru dinamis.
Frat JP, Ricard JD, Quenot JP, Pichon N, Demoule A, Forel JM, et al.	2019	Pasien dengan gagal napas hipoksemik akut (n=322)	<i>High Flow Nasal Cannula (HFNC)</i> : - lebih efektif dibanding ventilasi non-invasif dalam mencegah desaturasi berat selama intubasi (11% vs. 26%; p=0.001) - keberhasilan preoksigenasi lebih tinggi (76% vs. 55%; p=0.001)
Messika J, Ben Ahmed K, Gaudry S, Miguel-Montanes R, Rafat C, Sztrymf B, et al.	2015	Pasien dengan ARDS (N=87) (45 pasien menggunakan HFNC sebagai terapi awal)	<i>High Flow Nasal Cannula (HFNC)</i> : - digunakan pada 29% pasien yang menerima terapi non-invasif - tingkat intubasi pada pasien dengan ARDS yang menggunakan HFNC adalah 40%. - tingkat kegagalan lebih tinggi pada pasien dengan skor SAPS II lebih tinggi dan kegagalan organ tambahan
Frat JP, Brugiere B, Ragot S, Chatellier D, Veinstein A, Goudet V, et al.	2015	Pasien dengan gagal napas akut, termasuk 23 pasien dengan ARDS	<i>High Flow Nasal Cannula (HFNC)</i> : - meningkatkan PaO ₂ dari 83 mm Hg menjadi 108 mm Hg (p<0.01) - skor skala analog visual lebih rendah dibanding NIV
Kang BJ, Koh Y, Lim CM, Huh JW, Baek S, Han M, et al.	2015	Pasien dengan gagal napas akut yang menerima terapi HFNC (n=175)	- Pasien yang diintubasi lebih dari 48 jam setelah HFNC memiliki mortalitas ICU lebih tinggi (66.7% vs. 39.2%; p=0.001) - Kegagalan HFNC dikaitkan dengan penurunan keberhasilan ekstubasi (15.6% vs. 37.7%; p=0.006) dan hari bebas ventilator lebih sedikit (3.6 vs. 8.6; p=0.011)

High Flow Nasal Canul (HFNC)

High Flow Nasal Canul (HFNC) adalah perangkat pendukung pernapasan untuk manajemen non-invasif gagal napas akut, selain terapi oksigen konvensional

(COT) dan NIV.⁷ Pada pasien berisiko tinggi, penggunaan HFNC sebagai intervensi pencegahan memberikan hasil reintubasi, mortalitas, dan perbaikan fungsi pernapasan yang setara dengan NIV.⁸ *High Flow Nasal*

Canul (HFNC) dapat memenuhi kebutuhan inspirasi pasien dengan aliran hingga 60 lpm, memberikan FiO_2 akurat, dan mengurangi resistensi inspirasi.^{9,10}

Komponen dan Cara Kerja Sistem HFNC

Sistem HFNC untuk terapi oksigen terdiri dari empat komponen, yaitu generator arus, sistem penghangat dan humidifier, sirkuit inspirasi yang dipanaskan, dan kanula hidung silikon.¹¹ *High Flow Nasal Canul* (HFNC) membutuhkan sumber oksigen sentral dan tekanan tinggi, serta blender udara-oksigen untuk menghasilkan arus hingga 60 lpm dengan FiO_2 21%-100%.

Humidifier memastikan gas mencapai suhu 37°C dan 44 mmH₂O/L.¹⁰ Gas dikirim melalui sirkuit inspirasi yang dipanaskan dan dilembabkan dikirim langsung ke lubang hidung melalui dua kanula yang harus terpasang tanpa menutup sepenuhnya.¹² Pasien bernapas melalui sirkuit system pernapasan dengan resistensi maksimal 11,6 cmH₂O menggunakan kanula hidung diameter besar atau kecil yang diaplikasikan dengan *strap*, udara dan oksigen dialirkan melalui kedua sisi untuk kanula kecil dan satu sisi untuk kanula besar.¹⁰

Tabel 2 Laju aliran secara rutin ditentukan untuk terapi aliran tinggi.⁹

Bobot	Tingkat Aliran
Neonatus	Hingga 8 L/menit
0-12 kg	2 L/kg/menit hingga maksimum 25 L/menit
13-15 kg	2 L/kg/menit hingga maksimum 30 L/menit
16-30 kg	35-40 L/menit
31-50 kg	40-50 L/menit
>50 kg (dewasa)	40-70 L/menit

Tabel 2 menunjukkan laju aliran oksigen yang ditetapkan untuk terapi aliran tinggi berdasarkan berat badan pasien. Neonatus dapat menerima hingga 8 L/menit. Pasien dengan berat 0-12 kg disarankan 2 L/kg/menit hingga maksimum 25 L/menit, sedangkan yang berbobot 13-15 kg hingga 30 L/menit. Untuk berat 16-30 kg, laju aliran adalah 35-40 L/menit, dan untuk 31-50 kg, 40-50 L/menit. Pasien dewasa dengan berat

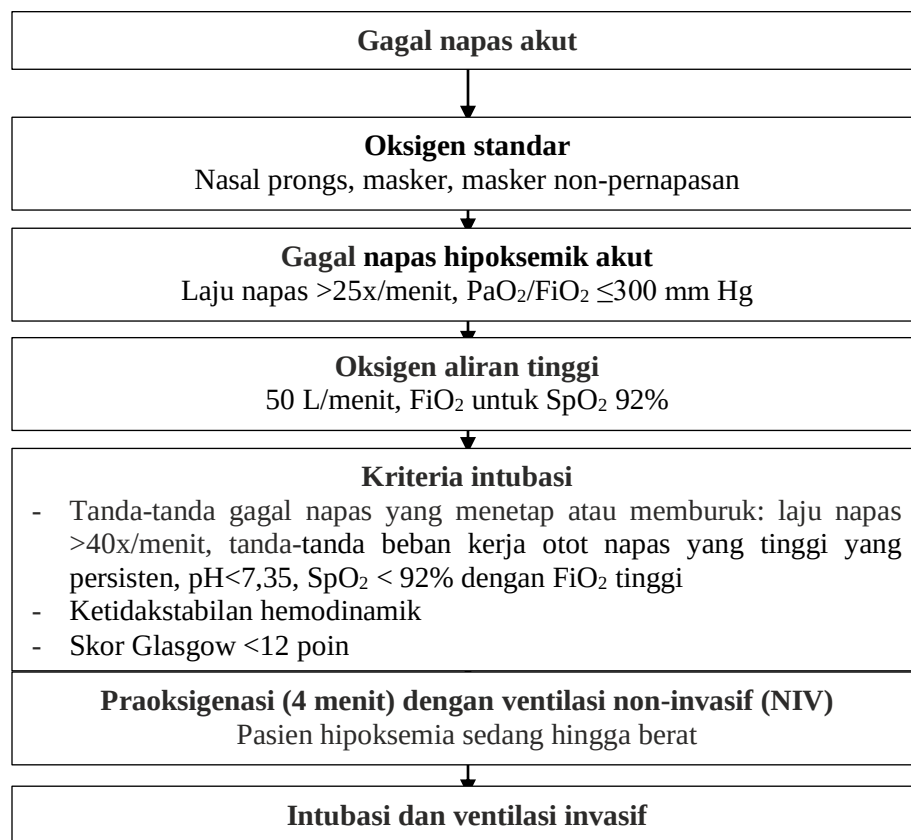
lebih dari 50 kg sebaiknya menerima 40-70 L/menit. Laju ini memastikan pasien menerima oksigen yang cukup sesuai berat badan mereka.

Terapi Oksigen HFNC pada Gagal Nafas Akut Tipe 1

Gagal napas adalah ketidakmampuan sistem respirasi dalam pertukaran gas O₂ dan CO₂ saat PaO₂ <60 mmHg atau PaCO₂ >50 mmHg.² Gagal nafas terdiri dari dua tipe,

yaitu gagal nafas akut yang terjadi pada pasien dengan paru normal sebelum penyakit muncul, dan gagal nafas kronik pada pasien penyakit paru kronik, contohnya bronkitis kronis dan emfisema.¹³ Gagal napas terbagi menjadi akut dan kronik, dengan tipe I (oksigenasi), tipe II (ventilasi), dan tipe III (kombinasi).¹⁴ Gagal napas tipe I merupakan kegagalan oksigenasi akibat tiga kondisi yaitu, adanya ketidakseimbangan pada ventilasi atau perfusi, defek difusi, dan kelainan pada struktur paru.¹⁵ Terapi oksigen mengatasi hipoksemia pada gagal napas tipe

1 dengan segera menaikkan PaO_2 . Pada kondisi akut, diperlukan FiO_2 60-100%, sedangkan pada penyakit kronik akut, kenaikan PaO_2 cepat meningkatkan risiko apnoe, sehingga dosis harus tepat.¹⁶ Sistem oksigen dibagi menjadi arus rendah dan tinggi. Kateter nasal kanul arus rendah mengalirkan 1-6 L/menit dengan FiO_2 24-44%. Namun, kanul arus tinggi tidak signifikan meningkatkan FiO_2 melebihi 44% dan dapat menyebabkan kekeringan mukosa serta mengganggu pembersihan mukosiliar.¹⁷



Gambar 1 Algoritma manajemen pasien dengan gagal nafas akut.¹⁸

Alat oksigen arus tinggi seperti HFNC, masker venturi, dan nebulizer reservoir membantu pasien PPOK dan gagal napas hipoksemia dengan mengurangi akumulasi CO₂, meningkatkan kadar oksigen, dan menyediakan aliran oksigen hingga 40 L/menit.¹⁰ *High Flow Nasal Cannula (HFNC)* memberikan kenyamanan dengan aliran gas hangat dan lembab melalui nasal prongs, mempertahankan FiO₂ tinggi, dan meningkatkan pertukaran gas. HFNC sering digunakan pada pasien dewasa dengan gagal napas akut yang bernapas spontan, bermanfaat dalam menurunkan frekuensi napas, memperbaiki oksigenasi, dan mengurangi kebutuhan intubasi.^{10,18} Studi menunjukkan pasien hipoksemik dengan HFNC memiliki angka intubasi lebih rendah dibandingkan dengan NIV atau terapi oksigen standar.¹⁹⁻²¹ Konsep pasien *self-inflicted lung injury* (P-SILI) menunjukkan HFNC dapat mencegah cedera paru yang diakibatkan oleh upaya napas yang besar, volume tidal tinggi, dan tekanan transpulmonal tinggi.²² Oleh karena itu, HFNC tampaknya menjadi alternatif yang baik untuk oksigen standar dalam pengelolaan pasien dengan gagal napas hipoksemia akut.

Pengaturan dan Pemantauan Klinis Terapi HFNC untuk Gagal Napas Akut^{10,16,22}

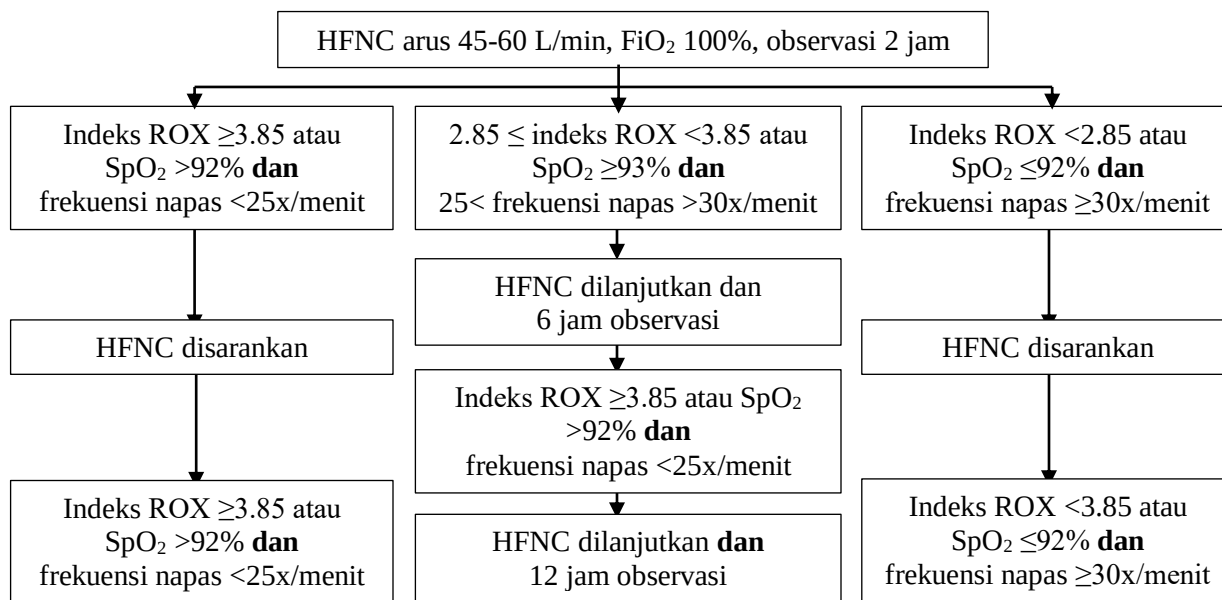
High Flow Nasal Canul (HFNC) lebih baik digunakan di ruangan dengan pemantauan seperti ICU. Tujuan utama terapi HFNC pada pasien gagal napas akut adalah meningkatkan kadar oksigen tanpa menunda proses intubasi. Sebelum memulai harus dipastikan tidak terdapat gangguan patensi saluran napas. Pengaturan HFNC meliputi suhu (31°C, 34°C, 37°C), arus (20-60 L/mnt), dan fraksi oksigen sesuai kebutuhan pasien. Target saturasi pada gagal napas akut umumnya 94-98%, dan pada COVID-19 >92%.

Pemantauan HFNC dilakukan setiap 30 menit selama 1 jam awal, kemudian pemantauan dilakukan setiap jam. *Silent hypoxemia* perlu diperhatikan pada pasien lanjut usia. Deteksi dini kegagalan HFNC penting untuk mencegah keterlambatan intubasi. Parameter yang dipantau meliputi frekuensi napas, SpO₂, SaO₂, indeks ROX, dan analisis gas darah. Kondisi seperti henti napas, hipoksemia persisten, asidosis respiratorik, dan ketidakstabilan hemodinamik juga harus dipantau. Setelah 1-2 jam, periksa SpO₂ <88-90%, laju napas >35x/menit, gerakan torakoabdominal yang tidak selaras, serta keterlibatan otot bantu

napas. Jika ditemukan salah satu parameter, ventilasi non-invasif sebelum intubasi singkat dapat dipertimbangkan. Jika tidak ada, lanjutkan HFNC dan titrasi berdasarkan frekuensi pernapasan ($<25\text{-}30\text{x/menit}$), SpO_2 ($>88\text{-}90\%$), serta tingkat kenyamanan pasien.

Metode pemantauan lainnya pada penggunaan HFNC untuk gagal napas akut yang ditandai dengan hipoksemia adalah

dengan menggunakan indeks *ratio of oxygen* (ROX). Penggunaan indeks ROX dapat membantu para ahli klinis untuk memprediksi kegagalan yang mungkin disebabkan oleh penggunaan HFNC. Nilai indeks ROX <2.85 , <3.47 , dan <3.85 pada 2, 6, dan 12 jam awal penggunaan HFNC merupakan suatu prediksi kegagalan HFNC.



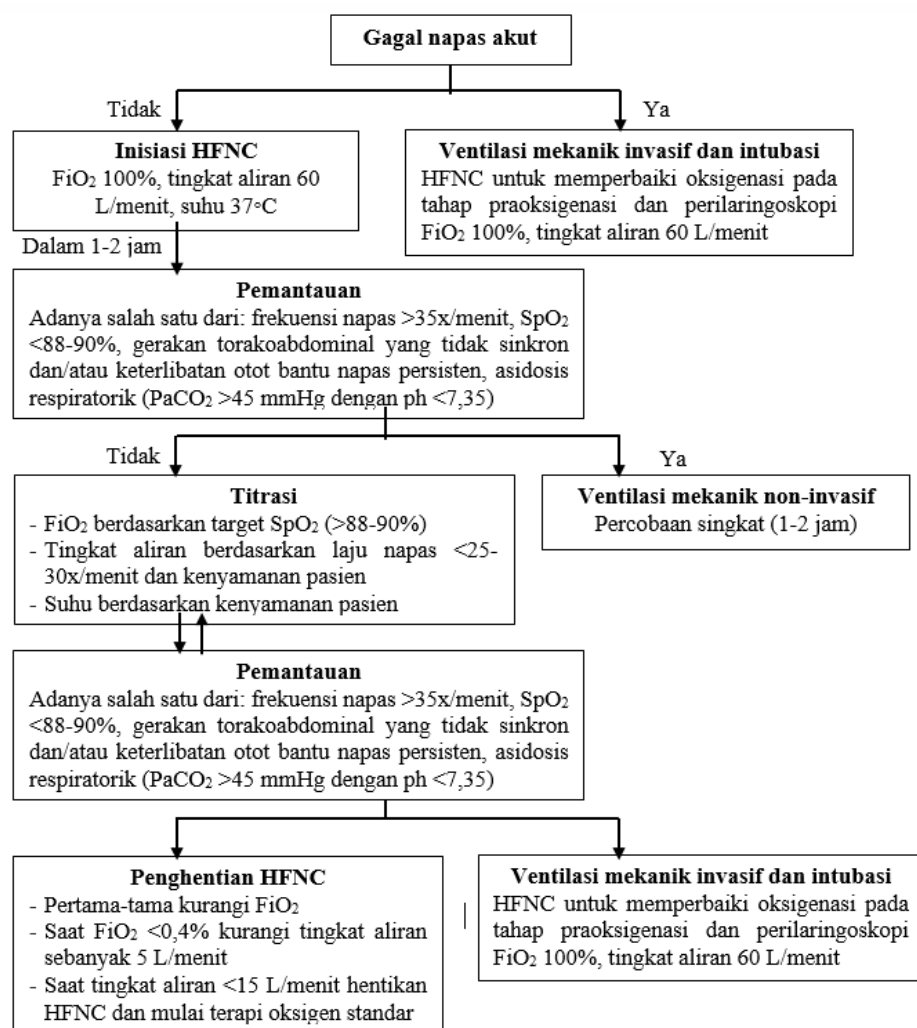
Gambar 2 Panduan penggunaan HFNC menggunakan Indeks ROX.¹⁰

Pemantauan pasien dengan HFNC dalam 48 jam pertama penting untuk mencegah komplikasi pernapasan dan jantung. Ketidakstabilan hemodinamik perlu diperhatikan seperti frekuensi denyut nadi $>140\text{x/menit}$ atau adanya peningkatan $>20\%$ nilai dasar, serta tekanan sistolik $>180\text{ mmHg}$, $<90\text{ mmHg}$, ataupun penurunan >40

mmHg nilai dasar. Jika dalam 48 jam tidak ada perbaikan, terapi HFNC dianggap gagal, dan intubasi serta ventilasi mekanik invasif harus segera dilakukan. *High Flow Nasal Canul (HFNC)* akan dihentikan dan prosedur intubasi serta ventilasi mekanik akan dimulai berdasarkan penilaian klinis oleh dokter utama sesuai dengan protokol yang berlaku.

Pertimbangan ventilasi mekanik meliputi gangguan pernapasan atau pemburukan persisten, laju napas >40 napas/menit, SpO₂ <90% selama lebih dari 5 menit, meskipun arus dan FiO₂ telah maksimal, pH asidemia <7,35, hemodinamik tidak stabil (tekanan arteri rata-rata <65 mmHg, tekanan sistolik <90 mmHg, atau kebutuhan vasopressor), penurunan kondisi neurologis (GCS <12),

atau kesulitan dalam pembersihan sekret jalan napas. Jika parameter pasien membaik, turunkan FiO₂ secara bertahap, lalu arus sebesar 5-10 L tiap jangka waktu 15-30 menit. Sesuaikan interval penurunan dan kondisi klinis pasien. Saat kondisi pasien mulai stabil dalam waktu 1-2 jam dengan FiO₂ 40% dan arus 15-20 L/menit, maka HFNC pun dihentikan dan COT dimulai.



Gambar 3 Algoritma tatalaksana HFNC pada Gagal Nafas Akut.¹⁰

Komplikasi pada Penggunaan *High Flow Nasal Canul (HFNC)*.^{10,22}

Ada beberapa komplikasi dalam penggunaan HFNC, antara lain:

1. Ketertundaan dalam melakukan intubasi saat terapi HFNC tidak memberikan manfaat klinis yang efektif. Penggunaan HFNC yang lama (>48 jam) sebelum intubasi dikaitkan dengan peningkatan angka kematian pada unit perawatan intensif, penurunan kesuksesan ekstubasi, kesulitan dalam pelepasan ventilator, serta penurunan jumlah hari dimana pasien tidak membutuhkan ventilator.
2. Pneumotoraks dan pneumomediastinum seringkali ditemukan kejadiannya pada anak-anak akibat pemberian gas oksigen dalam jumlah berlebihan.
3. Penggunaan HFNC dapat menyebabkan hiperkapnia berlebihan dan menghambat deteksi dini peningkatan kadar karbondioksida serta penyumbatan jalan napas dibandingkan ventilasi *bag-mask*. Penggunaan sensor indeks cadangan oksigen dan pemantauan karbondioksida transkutan dapat menurunkan risiko hiperkapnia serta

meningkatkan efektivitas penggunaan HFNC.

4. Insuflasi lambung yang diakibatkan oleh penggunaan HFNC menciptakan tekanan positif pada jalan napas.

KESIMPULAN

Gagal napas merupakan kondisi saat sistem pernapasan gagal melakukan fungsi pertukaran gas oksigen dengan karbondioksida. Pemakaian HFNC dalam penanganan gagal napas terus dikembangkan. Beberapa uji eksperimental menunjukkan bahwa pada pasien gagal napas akut, pemakaian HFNC dikaitkan dengan adanya penurunan kebutuhan ventilasi mekanik, peningkatan kenyamanan pasien, dan peningkatan angka kelangsungan hidup dibandingkan dengan terapi oksigen yang konvensional. Keunggulan HFNC dalam penanganan gagal napas antara lain yaitu kemampuannya dalam memberikan FiO_2 hingga 100%.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis pada artikel ini tidak memiliki konflik kepentingan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada RSUD Dr. Soetomo dan Aisyah

Tsabita Zaki Ihsani yang telah membantu dalam proses penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pisani L, Astuto M, Prediletto I, Longhini F. High flow through nasal cannula in exacerbated COPD patients: a systematic review. *Pulmonology*. 2019 Nov;25(6):348–54.
2. Renda T, Corrado A, Iskandar G, Pelaia G, Abdalla K, Navalesi P. High-flow nasal oxygen therapy in intensive care and anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2018 Jan;120(1):18–27.
3. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults. *J Intensive Care*. 2015 Dec 31;3(1):15.
4. Ricard JD, Roca O, Lemiale V, Corley A, Braunlich J, Jones P, et al. Use of nasal high flow oxygen during acute respiratory failure. *Intensive Care Med*. 2020 Dec 8;46(12):2238–47.
5. Mirabile VS, Shebl E, Sankari A, Burns B. Respiratory failure in adults. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2023.
6. Hanif H, Semedi BP, Utariani A. Laporan Kasus : perawatan gagal napas akut akibat pneumonitis lupus di unit perawatan intensif dengan fasilitas terbatas. *Majalah Kesehatan*. 2020 Mar 30;7(1):48–58.
7. Makdee O, Monsomboon A, Surabenjawong U, Praphruetkit N, Chaisirin W, Chakorn T, et al. High-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy in Emergency Department patients with cardiogenic pulmonary edema: a Randomized Controlled Trial. *Ann Emerg Med*. 2017 Oct;70(4):465-472.e2.
8. Wang Q, Peng Y, Xu S, Lin L, Chen L, Lin Y. The efficacy of high-flow nasal cannula (HFNC) versus non-invasive ventilation (NIV) in patients at high risk of extubation failure: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Med Res*. 2023 Mar 14;28(1):120.
9. Baillard C, Prat G, Jung B, Futier E, Lefrant JY, Vincent F, et al. Effect of preoxygenation using non-invasive ventilation before intubation on subsequent organ failures in hypoxaemic patients: a randomised clinical trial. *Br J Anaesth*. 2018 Feb;120(2):361–7.
10. Elhidsi M, Susanto AD, Prasenohadi, Rasmin M. Terapi oksigen kanula hidung arus tinggi pada gagal napas akut pasien dewasa. 1st ed. Jakarta: PDPI; 2021.
11. Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and

- adverse effects. *Respir Care*. 2016 Apr 25;61(4):529–41.
12. Pirret AM, Takerei SF, Matheson CL, Kelly M, Strickland W, Harford J, et al. Nasal high flow oxygen therapy in the ward setting: A prospective observational study. *Intensive Crit Care Nurs*. 2017 Oct;42:127–34.
13. Creagh-Brown B. Respiratory failure. *Medicine*. 2016 Jun;44(6):342–5.
14. Scala R, Heunks L. Highlights in acute respiratory failure. *European Respiratory Review*. 2018 Mar 31;27(147):180008.
15. Azoulay E, Pickkers P, Soares M, Perner A, Rello J, Bauer PR, et al. Acute hypoxemic respiratory failure in immunocompromised patients: the Efrain multinational prospective cohort study. *Intensive Care Med*. 2017 Dec 25;43(12):1808–19.
16. Delorme M, Bouchard PA, Simon M, Simard S, Lellouche F. Effects of high-flow nasal cannula on the work of breathing in patients recovering from acute respiratory failure*. *Crit Care Med*. 2017 Dec;45(12):1981–8.
17. Carlucci A, Maggiore SM. High flow nasal cannula. In: Carlucci A, Maggiore SM, editors. Cham: Springer International Publishing; 2021.
18. Frat JP, Ricard JD, Quenot JP, Pichon N, Demoule A, Forel JM, et al. Non-invasive ventilation versus high-flow nasal cannula oxygen therapy with apnoeic oxygenation for preoxygenation before intubation of patients with acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, multicentre, open-label trial. *Lancet Respir Med*. 2019 Apr;7(4):303–12.
19. Messika J, Ben Ahmed K, Gaudry S, Miguel-Montanes R, Rafat C, Sztrymf B, et al. Use of high-flow nasal cannula oxygen therapy in subjects with ARDS: A 1-year observational study. *Respir Care*. 2015 Feb;60(2):162–9.
20. Frat JP, Brugiere B, Ragot S, Chatellier D, Veinstein A, Goudet V, et al. Sequential application of oxygen therapy via high-flow nasal cannula and noninvasive ventilation in acute respiratory failure: an observational pilot study. *Respir Care*. 2015 Feb;60(2):170–8.
21. Frat JP, Thille AW, Mercat A, Girault C, Ragot S, Perbet S, et al. High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *New England Journal of Medicine*. 2015 Jun 4;372(23):2185–96.

22. 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 Apr 18;41(4):623–32.