

TESIS
**PERBANDINGAN EFEKTIVITAS HIGH-FLOW NASAL CANNULA (HFNC) DENGAN
NON-INVASIVE VENTILATION (NIV) PADA PASIEN DENGAN GAGAL NAPAS
AKUT**

*Comparative Effectiveness of High-Flow Nasal Cannula Versus Non-
Invasive Ventilation in Patients with Acute Respiratory Failure*

dr. Syaiful Islam
C135221013



PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS 1
PROGRAM STUDI ILMU ANESTESI DAN TERAPI INTENSIF
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2026

**PERBANDINGAN EFEKTIVITAS HIGH-FLOW NASAL CANNULA (HFNC) DENGAN
NON-INVASIVE VENTILATION (NIV) PADA PASIEN DENGAN GAGAL NAPAS
AKUT**

*Comparative Effectiveness of High-Flow Nasal Cannula Versus Non-
Invasive Ventilation in Patients with Acute Respiratory Failure*

**dr. Syaiful Islam
C135221013**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS 1
PROGRAM STUDI ILMU ANESTESI DAN TERAPI INTENSIF
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2026**

**PERBANDINGAN EFEKTIVITAS HIGH-FLOW NASAL CANNULA (HFNC) DENGAN
NON-INVASIVE VENTILATION (NIV) PADA PASIEN DENGAN GAGAL NAPAS
AKUT**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Spesialis-1 (Sp.1)

PROGRAM STUDI

Anestesiologi dan Terapi Intensif

Disusun dan diajukan oleh:

dr. Syaiful Islam

C135221013

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS 1
DEPARTEMEN ILMU ANESTESI, PERAWATAN INTENSIF DAN
MANAJEMEN NYERI
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2026

PERBANDINGAN EFEKTIVITAS HIGH-FLOW NASAL CANNULA (HFNC) DENGAN NON-INVASIVE VENTILATION (NIV) PADA PASIEN DENGAN GAGAL NAPAS AKUT

NIM. C135221013

Pada

Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin
Makassar

Pembimbing Utama

dr. Ari Santri Palinnungi, M.Kes., Sp.An-TI, Subsp.T.I.(K)
NIP. 19810510 201412 1 003

Ketua Program Studi
Anestesiologi dan terapi intensif
Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin

Dr. dr. Halzah Nurdin, M.Kes., Sp.An-TI, Subsp.T.I(K)
NIP. 19810411 201404 2 001

Pembimbing Pendamping,

Dr. dr. Faisol Muchtar, Sp.An-TI, Subsp.T.I(K)
NIP. 19770813 201812 1 002

 Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. H. M. Basyid, M.Kes., Sp.PD, Subsp.
GIP 19860530 199603 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : dr. Syaiful Islam

NIM : C135221013

Program Studi : Anesthesiologi dan Terapi Intensif

Jenjang : PPDS-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul **"PERBANDINGAN EFEKTIVITAS HIGH-FLOW NASAL CANNULA (HFNC) DENGAN NON-INVASIVE VENTILATION (NIV) PADA PASIEN DENGAN GAGAL NAPAS AKUT"** adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dr. Ari Santri Palinrungi, M.Kes, Sp.An-TI, Subsp.T.I.(K) selaku pembimbing I dan Dr. dr. Faisal Muchtar, Sp.An-TI, Subsp.T.I.(K) selaku pembimbing II.

Karya ilmiah ini belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 2 Juli 2026

Yang menyatakan,


dr. Syaiful Islam

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, karunia, dan bimbingan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Pendidikan Dokter Spesialis Anestesiologi, Terapi Intensif, dan Manajemen Nyeri Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan doa sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan lancar, terutama kepada:

1. dr. Ari Santri Palinrungi, M.Kes, Sp.An-TI, Subsp.T.I.(K) selaku Pembimbing I dan Dr. dr. Faisal Muchtar, Sp.An-TI, Subsp.T.I.(K) selaku Pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing, memberikan arahan, ilmu, serta masukan berharga selama proses penyusunan penelitian.
2. Seluruh Dokter Konsulen Departemen Anestesi Universitas Hasanuddin atas bimbingan ilmu dan pengawasan selama penelitian berlangsung.
3. Istri, orang tua, mertua, saudara dan anak saya yang dengan Ikhlas, sabar dan tulus mendukung, memanjatkan doa untuk saya dalam menyelesaikan pendidikan dan penelitian ini baik secara moril maupun materil.
4. Pegawai dan staf Rumah Sakit Wahidin Sudirohusodo, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian ini.
5. Rekan-rekan Residen Anestesi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang telah memberikan dukungan moral maupun bantuan tenaga selama penelitian ini berlangsung.
6. Serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dalam bentuk apapun kepada penulis.

Penulis menyadari penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan penelitian ini mendatang. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi bagi ilmu pengetahuan serta pelayanan medis di kemudian hari.

Makassar, 3 Juli 2026



Syaful Islam

PERBANDINGAN EFEKTIVITAS HIGH-FLOW NASAL CANNULA (HFNC) DENGAN NON-INVASIVE VENTILATION (NIV) PADA PASIEN DENGAN GAGAL NAPAS AKUT

ABSTRAK

Pendahuluan: Gagal napas akut (ARF) merupakan penyebab utama masuknya pasien ke unit perawatan intensif dan kematian. Kanula hidung aliran tinggi (HFNC) dan ventilasi non-invasif (NIV) digunakan, tetapi efektivitasnya masih kontroversial.

Tujuan: Studi ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas HFNC dan NIV dalam meningkatkan parameter oksigenasi, durasi terapi, dan kebutuhan ventilasi mekanik invasif pada pasien dengan ARF.

Metode: Uji coba terkontrol acak prospektif melibatkan 52 pasien ARF yang secara acak ditugaskan ke kelompok HFNC ($n = 26$) atau NIV ($n = 26$). Parameter oksigenasi dan pernapasan, termasuk rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, PaO_2 , PaCO_2 , laju pernapasan, saturasi oksigen, dan Skala Koma Glasgow, diukur pada 2, 24, 48, dan 72 jam pasca intervensi. Durasi terapi dan kebutuhan ventilasi mekanik invasif dievaluasi. Analisis statistik menggunakan uji parametrik dan non-parametrik dengan $p < 0,05$.

Hasil: HFNC dan NIV meningkatkan oksigenasi, meningkatkan rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, PaO_2 , dan SpO_2 , sementara menurunkan PaCO_2 dan RR. Tidak ditemukan perbedaan signifikan antara kelompok dalam rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, PaO_2 , SpO_2 , dan GCS ($p > 0,05$). NIV menunjukkan penurunan yang lebih besar pada PaCO_2 dan RR pada 48 dan 72 jam ($p < 0,05$). Durasi terapi serupa antara HFNC dan NIV ($5,15 \pm 2,89$ vs $5,31 \pm 2,01$ hari; $p = 0,825$). Kebutuhan ventilasi mekanik invasif sedikit lebih tinggi pada HFNC (23,1%) daripada NIV (19,2%), tetapi tidak signifikan ($p = 0,734$).

Kesimpulan: HFNC dan NIV sama-sama meningkatkan oksigenasi dan mengurangi ventilasi mekanik invasif pada pasien ARF. Namun, NIV memberikan perbaikan parameter ventilasi yang lebih cepat dibandingkan dengan HFNC.

Kata kunci: Gagal napas akut, Kanula hidung aliran tinggi, Ventilasi non-invasif, Terapi oksigen, Ventilasi mekanik, Dukungan pernapasan

Comparative Effectiveness of High-Flow Nasal Cannula Versus Non-Invasive Ventilation in Patients with Acute Respiratory Failure

ABSTRACT

Background: Acute respiratory failure (ARF) is a major cause of intensive care unit admission and mortality. High-flow nasal cannula (HFNC) and non-invasive ventilation (NIV) are used, but their effectiveness remains controversial.

Objective: This study aimed to compare the effectiveness of HFNC and NIV in improving oxygenation parameters, duration of therapy, and the need for invasive mechanical ventilation in patients with ARF.

Methods: A prospective randomized controlled trial involved 52 ARF patients randomly assigned to HFNC (n = 26) or NIV (n = 26). Oxygenation and respiratory parameters, including $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio, PaO_2 , PaCO_2 , respiratory rate, oxygen saturation, and Glasgow Coma Scale, were measured at 2, 24, 48, and 72 hours post-intervention. Duration of therapy and need for invasive mechanical ventilation were evaluated. Statistical analysis used parametric and non-parametric tests with $p < 0.05$.

Results: HFNC and NIV improved oxygenation, increasing $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio, PaO_2 , and SpO_2 , while decreasing PaCO_2 and RR. No significant differences were found between groups in $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio, PaO_2 , SpO_2 , and GCS ($p > 0.05$). NIV showed greater reductions in PaCO_2 and RR at 48 and 72 hours ($p < 0.05$). Therapy duration was similar between HFNC and NIV (5.15 ± 2.89 vs 5.31 ± 2.01 days; $p = 0.825$). Invasive mechanical ventilation need was slightly higher in HFNC (23.1%) than NIV (19.2%), but not significant ($p = 0.734$).

Conclusion: HFNC and NIV equally improve oxygenation and reduce invasive mechanical ventilation in ARF patients. However, NIV provides a more rapid improvement in ventilation parameter compared to HFNC.

Keywords: Acute respiratory failure, High-flow nasal cannula, Non-invasive ventilation, Oxygen therapy, Mechanical ventilation, Respiratory support

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus.....	4
1.4 Hipotesis	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Manfaat Ilmiah	5
1.5.2 Manfaat Praktis.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Gagal Napas Akut.....	6
2.1.1 Pengertian dan klasifikasi gagal napas akut.....	6
2.1.2 Diagnosis gagal napas akut.....	7
2.1.3 Etiologi gagal napas akut.....	10
2.1.3 Patofisiologi gagal napas akut	11
2.1.4 Manajemen gagal napas akut.....	13
2.1.5 Strategi oksigenasi dan ventilasi.....	13
2.2 <i>High Flow Nasal Canul</i> (HFNC)	15
2.2.1 Pengertian dan prosedur <i>High Flow Nasal Canul</i> (HFNC).....	15
2.2.2 Indikasi dan kontraindikasi <i>High Flow Nasal Canul</i> (HFNC)	17
.....	17
2.2.3 Manfaat fisiologis <i>High Flow Nasal Canul</i> (HFNC)	18
2.2.4 Penggunaan <i>High Flow Nasal Canul</i> (HFNC) pada gagal napas akut	21
.....	21
2.3 <i>Non-Invasive Ventilation</i> (NIV).....	22
2.3.1 Pengertian dan prosedur <i>Non-Invasive Ventilation</i>	22
2.3.2 Indikasi dan kontraindikasi <i>Non-Invasive Ventilation</i>	24
2.3.3 Penggunaan <i>Non-Invasive Ventilation</i> (NIV) pada gagal napas akut	25
.....	25
2.4 Perbandingan <i>High Flow Nasal Canul</i> (HFNC) dan <i>Non-Invasive</i>	
<i>Ventilation</i> (NIV) pada gagal napas akut.....	27
BAB III KERANGKA TEORI	31
BAB IV KERANGKA KONSEP	32
BAB V METODOLOGI PENELITIAN.....	33
5.1 Desain Penelitian	33

5.2	Tempat dan Waktu Penelitian	33
5.2.1	Tempat Penelitian	33
5.2.2	Waktu Penelitian	33
5.3	Populasi dan Sampel Penelitian	33
5.3.1	Populasi Penelitian	33
5.3.2	Sampel Penelitian	33
5.4	Perkiraan Besar Sampel	33
5.5	Kriteria Inklusi, Eksklusi Dan Drop Out	34
5.5.1	Kriteria Inklusi	34
5.5.2	Kriteria Eksklusi	34
5.6	Kriteria Drop Out	34
5.7	Ijin Penelitian dan Kelaikan Etik	35
5.8	Metode Kerja	35
5.8.1	Alokasi sampel	35
5.8.2	Cara kerja	35
5.9	Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	36
5.9.1	Identifikasi Variabel	36
5.9.2	Klasifikasi variabel	37
5.10	Definisi Operasional	37
5.11	Pengolahan dan Analisis Data	41
5.12	Jadwal Penelitian	42
5.13	Personalia Penelitian	42
5.14	Alur Penelitian	43
BAB VI 44		
HASIL PENELITIAN		44
6.1	Karakteristik Subyek Penelitian	44
6.2	Hasil perbandingan efektivitas HFNC dan NIV pada pasien dengan gagal napas akut	44
6.3	Hasil perbandingan durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut	50
6.4	Hasil perbandingan HFNC dan NIV dalam mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis invasif pada pasien dengan gagal napas akut	51
BAB VII 53		
PEMBAHASAN		53
7.1	Karakteristik Subyek Penelitian	53
7.2	Efektivitas HFNC dan NIV pada pasien dengan gagal napas akut	53
7.3	Durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut 59	
7.4	Efek penggunaan HFNC dan NIV terhadap kebutuhan penggunaan ventilasi mekanik	60

7.5 Keterbatasan penelitian	61
BAB VIII	62
KESIMPULAN DAN SARAN	62
8.1 Kesimpulan	62
8.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gagal napas akut (*acute respiratory failure*, ARF) adalah komplikasi umum dan parah di antara pasien yang dirawat di rumah sakit, yang sering menyebabkan pasien dirawat di unit perawatan intensif (ICU). Kondisi ini dikaitkan dengan angka kematian di rumah sakit sebesar 20,6%. Sekitar 30-40% pasien di ICU mengalami gagal napas akut, dengan angka kematian yang cukup tinggi, yaitu sekitar 35-50% (Bellani et al., 2016; Vincent et al., 2020). Penanganan yang cepat dan tepat sangat penting untuk mencegah kondisi pasien semakin memburuk. Salah satu intervensi yang sering digunakan adalah ventilasi mekanis invasif, tetapi beberapa fasilitas kesehatan memiliki fasilitas yang terbatas sehingga banyak pasien yang tidak mendapatkan penanganan yang memadai (Setiafadi and Nida, 2024). Di antara pasien dengan gagal napas akut, sekitar 42,1% memerlukan ventilasi mekanis (MV), yang terkait dengan perawatan di rumah sakit yang lama dan biaya perawatan kesehatan yang tinggi. Gagal napas akut dapat dikategorikan menjadi gagal napas hipoksemik akut (AHRF) dan gagal napas hiperkapnia akut (Setiafadi and Nida, 2024).

Terapi oksigen merupakan pilihan pengobatan utama untuk mengelola gagal napas akut (Agmy et al., 2022). Perangkat cadangan pernapasan yang digunakan dalam penanganan gagal napas akut meliputi terapi oksigen konvensional (COT), dan ventilasi noninvasif (NIV), kanula nasal aliran tinggi (HFNC), dan insuflasi nasal kecepatan tinggi (HVN) (Ali et al., 2023a). Penggunaan terapi oksigen dilaporkan telah mengurangi resiko kematian pada pasien gagal napas akut dibandingkan dengan penggunaan ventilasi mekanik invasif (Azoulay et al., 2019; Sadigov et al., 2021).

Terapi oksigen pada gagal napas akut dengan COT merupakan pendekatan awal dalam menangani AHRF, dengan menggunakan perangkat seperti kanula hidung (NC) atau masker wajah (FM) untuk memberikan oksigen pada laju aliran hingga 15 L/menit. Namun, COT gagal dalam memenuhi laju aliran inspirasi spontan pasien, sehingga mengakibatkan pemberian oksigen tidak konsisten dan memerlukan peningkatan ke terapi yang lebih maju seperti ventilasi non-invasif (NIV) atau ventilasi mekanik (Setiafadi and Nida, 2024).

Dalam dua dekade terakhir, bukti kuat mendukung penggunaan ventilasi noninvasif (NIV) untuk edema paru kardiogenik dan eksaserbasi akut penyakit paru obstruktif kronik. Tekanan positif dalam NIV menambah pertukaran gas yang lebih baik dan mengurangi upaya inspirasi. Namun, toleransi yang baik terhadap NIV tidak mudah dicapai karena

seringnya kebocoran masker, yang menyebabkan disinkroni pasien-ventilator dan bahkan intubasi (Agmy et al., 2022).

Terapi oksigen kanula nasal aliran tinggi (HFNC) merupakan alternatif baru yang menawarkan keuntungan potensial yang signifikan dibandingkan COT. Sistem HFNC dapat memberikan oksigen yang dipanaskan dan dilembabkan pada laju aliran hingga 60 L/menit dengan fraksi oksigen inspirasi (FiO_2) yang tepat berkisar antara 21% hingga 100%. Terapi ini menghasilkan aliran tinggi yang konstan, mengurangi pengenceran oksigen, membersihkan ruang mati fisiologis, dan menghasilkan tekanan akhir ekspirasi positif (PEEP) yang dapat meningkatkan ventilasi. Selain itu, humidifikasi yang dipanaskan meningkatkan pembersihan sekresi, mengurangi bronkospasme, dan menjaga integritas mukosa (Agmy et al., 2022; Setiafadi and Nida, 2024). Keuntungan lainnya penggunaan HFNC adalah peningkatan oksigenasi, rekrutmen alveolar, kehangatan dan humidifikasi, pembersihan sekresi, meminimalkan ruang mati, dan penurunan kerja pernapasan (Ali et al., 2023a).

HFNC dan NIV adalah dua metode yang sering digunakan untuk membantu pasien bernapas tanpa harus menggunakan ventilasi invasif. HFNC bekerja dengan memberikan aliran oksigen tinggi melalui selang hidung, sementara NIV menggunakan masker untuk memberikan tekanan positif ke paru-paru. Perbandingan antara penggunaan NIV dan HFNC pada pasien gagal napas akut telah dilaporkan bahwa NIV dapat mencegah ventilasi mekanik invasif dan komplikasinya pada pasien gagal napas akut hipoksemia, namun HFNC diperkirakan memiliki efek yang sama dengan NIV dengan keuntungan tambahan seperti tolerabilitas yang lebih mudah, lebih fisiologis dan pasien dapat makan, minum, dan berbicara saat terhubung dengan HFNC (Agmy et al., 2022). HFNC dapat menghentikan kerusakan mekanika paru-paru dan menghindari intubasi endotrakeal yang mendukung penggunaan HFNC untuk mengurangi kebutuhan akan pernapasan tekanan positif invasif dan noninvasif, menyediakan waktu luang untuk pengobatan penyakit yang mendasarinya secara efisien, dan menurunkan mortalitas akibat komplikasi terkait ventilator. Namun terkait dengan kinerja pernapasan, HFNC dianggap tidak seefektif NIV dalam mengurangi kerja pernapasan pada gagal napas akut (Ali et al., 2023a). Meskipun keduanya memiliki cara kerja yang berbeda, efektivitasnya dalam menangani gagal napas akut masih sering diperdebatkan. Oleh karena itu, perlu diteliti lebih lanjut mengenai efektivitas penggunaan HFNC dan NIV pada gagal napas akut.

HFNC dan NIV telah banyak digunakan sebagai strategi pendukung pernapasan alternatif untuk meminimalkan kebutuhan ventilasi invasif dalam berbagai kondisi klinis (Angkoontassaneeyarat et al., 2025). Beberapa penelitian terbaru telah mendukung potensi HFNC dalam mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis. Penelitian oleh Ospina-Tascón et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan HFNC secara dini pada pasien

dengan gagal napas akut dapat menurunkan risiko intubasi dan angka kematian. Selain itu, penelitian oleh Grieco et al. (2021) menemukan bahwa HFNC memiliki efektivitas yang setara dengan NIV dalam mencegah intubasi pada pasien dengan gagal napas akut hipoksemik. Sementara itu, pada penelitian (Oczkowski et al., 2022) melaporkan bahwa NIV dapat mengurangi intubasi yang lebih besar dibandingkan dengan HFNC pada pasien gagal napas akut akibat COVID-19. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi penggunaan HFNC pada pasien dengan kondisi yang lebih beragam terkait efek pada penggunaan ventilasi mekanik.

PaO₂/FiO₂ merupakan indikator mortalitas pada pasien dengan sindrom gangguan pernapasan akut yang juga telah diteliti kaitannya dengan penggunaan NIV dan HFNC (Azoulay et al., 2019). PaO₂/FiO₂ tidak berbeda signifikan antara NIV dan HFNC telah dilaporkan pada dua penelitian (Agmy et al., 2022; Ali et al., 2023a). Sementara itu, uji coba oleh (Frat et al., 2015) menunjukkan manfaat terbesar dari HFNC, tetapi NIV memiliki waktu terapi yang singkat (8 jam.hari⁻¹). Perbandingan efektivitas penggunaan NIV dan HFNC terkait lama penggunaan terapi masih sangat terbatas.

Penelitian sebelumnya telah meneliti perbandingan NIV dan HFNC secara spesifik tergantung pada tipe gagal napas akut. Penelitian (Tan et al., 2020) meneliti spesifik pada gagal napas akut hiperkapnia dengan variabel yang dibandingkan adalah durasi dukungan pernapasan pasca-ekstubasi, skor dispnea, lama tinggal di ICU, atau total lama tinggal di rumah sakit, angka kematian 28 hari, jumlah intervensi perawatan jalan napas harian, skor kenyamanan dan kejadian kerusakan kulit nasofasial. Penelitian (Agmy et al., 2022) meneliti secara spesifik pada gagal napas akut hipoksemia dengan variabel yang dibandingkan adalah kebutuhan untuk intubasi endotrakeal, skala analog visual, skor SOFA, skala Borg yang dimodifikasi, laju pernapasan, dan denyut jantung, serta parameter gas darah arteri dan terjadinya komplikasi. Penelitian pada gagal napas akut secara umum telah dilaporkan oleh (Ali et al., 2023a) yang membandingkan antara HFNC dan NIV terkait dengan FiO₂, PO₂/FiO₂, perbaikan, kebutuhan ventilasi mekanik, kematian dan lama rawat inap. Belum banyak penelitian yang membandingkan antara HFNC dan NIV pada gagal napas akut secara umum. Selain itu, penelitian mengenai perbandingan lama durasi terapi antara HFNC dan NIV pada pasien gagal napas akut secara umum belum pernah dilakukan.

Penilaian mengenai efektivitas penggunaan terapi oksigen antara NIV dan HFNC pada pasien gagal napas akut dapat membantu dalam memilih strategi penanganan gagal napas akut dengan lebih efektif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menilai apakah efektivitas HFNC relatif sama dengan Non-Invasive Ventilation (NIV) dalam menangani gagal napas akut, dengan fokus pada berbagai parameter klinis dan fisiologis. Jika efektivitas HFNC terbukti setara dengan NIV, maka HFNC dapat menjadi pilihan terapi

utama yang dapat mencegah progresivitas gagal napas akut sehingga mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis. Hal ini sangat relevan dalam situasi keterbatasan sumber daya, dimana banyak pasien dapat diselamatkan tanpa harus bergantung pada ventilator mekanik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu

1. Apakah HFNC sama efektifnya dengan NIV dalam memperbaiki rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (PF ratio), Tekanan Oksigen darah arteri (PaO_2), Tekanan Carbon dioksida darah arteri (PCO_2), *Respiratory Rate*, Saturasi Oksigen (SpO_2) dan Glasgow Coma Scale pada pasien dengan gagal napas akut?
2. Apakah terdapat perbedaan dalam durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut?
3. Apakah HFNC dapat mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis invasif pada pasien dengan gagal napas akut?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas HFNC dan NIV dalam menangani pasien dengan gagal napas akut, khususnya dalam hal perbaikan oksigenasi, durasi penggunaan, dan kebutuhan ventilasi mekanis invasif.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menilai dan membandingkan efektivitas HFNC dengan NIV dalam memperbaiki rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (PF ratio), Tekanan Oksigen darah arteri (PaO_2), Tekanan Carbon dioksida darah arteri (PCO_2), *Respiratory Rate*, Saturasi Oksigen (SpO_2) dan Glasgow Coma Scale pada pasien dengan gagal napas akut.
2. Menilai perbedaan dalam durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut.
3. Menilai efektivitas HFNC dan NIV dalam mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis invasif pada pasien dengan gagal napas akut.

1.4 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini yaitu

1. HFNC sama efektifnya dengan NIV dalam memperbaiki PF ratio, Tekanan Oksigen darah arteri (PaO₂), Tekanan Carbon dioksida darah arteri (PCO₂), *Respiratory Rate*, SpO₂, Glasgow Coma Scale pada pasien dengan gagal napas akut.
2. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut.
3. HFNC dan NIV sama baiknya dalam mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis invasif pada pasien dengan gagal napas akut.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Ilmiah

- a. Memberikan informasi ilmiah tentang HFNC dan NIV, khususnya dalam memperbaiki oksigenasi, durasi penggunaan, dan mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis invasif.
- b. Dapat menjadi dasar bagi penelitian-penelitian berikutnya mengenai efektifitas HFNC dan NIV pada pasien gagal napas akut

1.5.2 Manfaat Praktis

- a. Diharapkan dapat memberikan pilihan perawatan pasien gagal napas akut yang lebih baik dalam memperbaiki oksigenasi, durasi penggunaan, dan mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis invasif.
- b. Diharapkan dapat memberikan kemajuan pelayanan anestesi di masa yang akan datang terkait peran HFNC dan NIV dalam meningkatkan perawatan pasien gagal napas akut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gagal Napas Akut

2.1.1 Pengertian dan klasifikasi gagal napas akut

Gagal napas terjadi ketika paru-paru gagal mengoksidasi darah arteri secara memadai dan/atau gagal mencegah retensi karbon dioksida (Summers et al., 2020). Gagal napas adalah kondisi klinis yang ditandai dengan ketidakmampuan sistem pernapasan untuk mempertahankan kadar O₂ dan CO₂ arteri yang memadai sesuai dengan kebutuhan metabolisme seluler (Castillo, 2022). Gagal napas akut terjadi dalam hitungan menit sampai jam, yang ditandai dengan perubahan hasil analisis gas darah yang mengancam jiwa. Peningkatan kadar PaCO₂. Gagal napas akut terjadi pada pasien yang paru-parunya secara struktural atau fungsional normal sebelum timbulnya penyakit (Ernest, 2020). Gagal napas akut didefinisikan sebagai hipoksemia akut dan progresif yang berkembang dalam hitungan jam, hari, atau hingga satu bulan yang disebabkan oleh berbagai penyakit pernapasan, kardiovaskular, atau sistemik pada pasien yang sebelumnya sehat. GGA dibedakan dari gagal napas kronis dan eksaserbasi akut penyakit pernapasan yang mendasarinya (Fujishima, 2023).

Gagal napas dapat diklasifikasikan berdasarkan kelainan gas darah menjadi tipe 1 dan tipe 2 (Castillo, 2022). Kegagalan pernapasan normokapnoeik hipoksemia (atau hipokapnoeik) disebabkan oleh kegagalan pertukaran gas dan kegagalan pernapasan mekanis (hiperkapnoeik) dengan atau tanpa hipoksemia yang berhubungan dengan kegagalan pompa pernapasan (Belda et al., 2013).

Gagal napas tipe 1 (hipoksemia) memiliki PaO₂ < 60 mmHg dengan PaCO₂ normal atau subnormal. Pada tipe ini, pertukaran gas terganggu pada tingkat membran aveolo-kapiler. Contoh gagal napas tipe I adalah edema paru karsinogenik atau non-kardiogenik dan pneumonia berat (Castillo, 2022). Gagal napas hipoksemia akut (AHRF), juga disebut sebagai tipe 1, didefinisikan oleh hipoksemia berat, biasanya ditandai dengan PaO₂ /FiO₂ ≤300 mmHg, yang memerlukan laju aliran oksigen tinggi untuk mempertahankan oksigenasi yang memadai. Secara klinis, AHRF biasanya muncul dengan gangguan pernapasan, disertai dengan tanda-tanda seperti takipnea, penggunaan otot aksesori, dan upaya inspirasi berlebihan, didorong oleh dorongan pernapasan yang sangat tinggi dan peningkatan beban pernapasan. AHRF mengacu pada kegagalan pernapasan de novo, yaitu, tidak termasuk edema paru kardiogenik dan eksaserbasi penyakit paru kronis, terutama penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Carteaux and Haudebourg, 2025).

Gagal napas tipe 1 merupakan kegagalan oksigenasi yang menyebabkan hipoksia-tegangan oksigen arteri (PaO₂) kurang dari 8,0 kPa saat menghirup udara ruangan. Gagal napas tipe 2 merupakan kegagalan ventilasi yang menyebabkan hiperkapnia. PaO₂ kurang dari 8,0 kPa dan PaCO₂ lebih besar atau sama dengan 6,5 kPa (Prasad and O'Neill, 2021). Gagal napas tipe 2 (hiperkapnia) memiliki PaCO₂ > 50 mmHg (Castillo, 2022). Pada gagal napas hiperkapnia akut (yaitu kegagalan pompa) terjadi ketidakseimbangan antara beban yang diberikan pada otot-otot pernapasan dan kapasitas pompa otot. Kategori ini terutama mencakup pasien dengan eksaserbasi akut penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), serta pasien dengan neuro-miopati, deformitas dinding dada, dan obesitas (Scala and Heunks, 2018).

2.1.2 Diagnosis gagal napas akut

Gagal napas akut dapat didefinisikan sebagai tiga serangkai tanda klinis, temuan radiografi, dan perubahan pertukaran gas. Sebagian besar pasien datang dengan gejala pernapasan yang baru berkembang atau memburuk selama periode 7 hari. Gagal napas akut yang parah bermanifestasi sebagai gangguan pernapasan dengan takipnea parah, napas sesak, dan perekutan otot-otot pernapasan aksesori (Azoulay et al., 2019). Gagal napas akut biasanya didiagnosis berdasarkan PaO₂ ≤ 60 Torr di udara ruangan atau rasio PaO₂/FIO₂ ≤ 300. Gagal napas akut dapat disebabkan oleh berbagai penyakit dan kondisi paru-paru, jantung, atau sistemik lainnya (Fujishima, 2023). Diagnosis gagal napas terutama didasarkan pada presentasi klinis dan riwayat medis pasien (Panetti et al., 2024) yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Anamnesis

Pasien biasanya menunjukkan gejala pernapasan (misalnya, dispnea, batuk, hemoptisis, produksi sputum, dan mengi); namun, gejala dari sistem organ lain (misalnya, nyeri dada, nafsu makan menurun, nyeri ulu hati, demam, dan penurunan berat badan yang signifikan) penting untuk diperhatikan. Untuk populasi tertentu, adanya kondisi imunodefisiensi atau mengonsumsi immunosupresan juga penting dalam stratifikasi risiko pasien yang berisiko mengalami gagal napas sejak dini. Riwayat sosial juga penting saat mempertimbangkan gagal napas. Riwayat merokok tembakau pasien harus diselidiki, termasuk paparan asap rokok orang lain, merokok ganja, merokok rokok elektrik, dan vaping. Riwayat pekerjaan dapat membantu ketika mempertimbangkan penyakit paru yang berhubungan dengan pekerjaan (misalnya, pneumonitis hipersensitivitas dan pneumokoniosis), sementara riwayat keluarga dapat membantu ketika mempertimbangkan penyakit atopik, genetik (misalnya,

defisiensi alfa-1-antitripsin dan fibrosis kistik), dan penyakit menular (misalnya, tuberkulosis) (Mirabile et al., 2023).

Sesak napas merupakan gejala paling umum dari gagal napas akut. Gejala ini dapat disertai dengan nyeri dada atau sesak. Pasien dengan gagal napas akut sering kali bernapas lebih cepat dari biasanya untuk mendapatkan cukup oksigen. Kekurangan oksigen ke otak dapat menyebabkan kebingungan atau bahkan kehilangan kesadaran. Warna kebiruan pada kulit atau bibir merupakan tanda kekurangan oksigen dalam darah. Jantung dapat berdetak lebih cepat dari biasanya sebagai respons terhadap upaya tubuh untuk mendapatkan cukup oksigen (Ozer, 2023). Presentasi klinis penyebab utama gagal napas akut yaitu (Panetti et al., 2024):

- a. Eksaserbasi asma: Mengi, kesulitan bernapas, sesak dada, batuk, dan penggunaan otot aksesori
- b. Bronkiolitis: Pernapasan cepat, mengi dan krepitasi, batuk, cuping hidung, retraksi, dan penggunaan otot aksesori
- c. Pneumonia: Pernapasan cepat, krepitasi halus, demam, peningkatan laju pernapasan, kesulitan bernapas, penggunaan otot aksesori, dan retraksi
- d. Aspirasi Benda Asing: Batuk tiba-tiba, tersedak, mengi, pengurangan suara napas unilateral atau mengi, dan mungkin sianosis
- e. Epiglottitis: Sakit tenggorokan parah, demam, meneteskan air liur, kesulitan menelan, suara teredam, dan stridor
- f. Edema Paru: Takipnea, gangguan pernapasan, sianosis, dan rales atau krepitasi pada auskultasi
- g. Syok Septik: Pernapasan cepat, perubahan status mental, demam atau hipotermia, tanda-tanda perfusi buruk, ekstremitas hangat
- h. Anafilaksis: Gangguan pernapasan tiba-tiba, mengi, kemungkinan stridor, ruam kulit, pembengkakan wajah, dan syok.

2. Pemeriksaan Fisik

Diagnosis gagal napas akut Pada pemeriksaan fisik, dokter akan memeriksa dada dan paru-paru pasien dan mendengarkan suara abnormal (Ozer, 2023). Temuan pemeriksaan fisik menurut wilayah muncul di bawah ini (Mirabile et al., 2023):

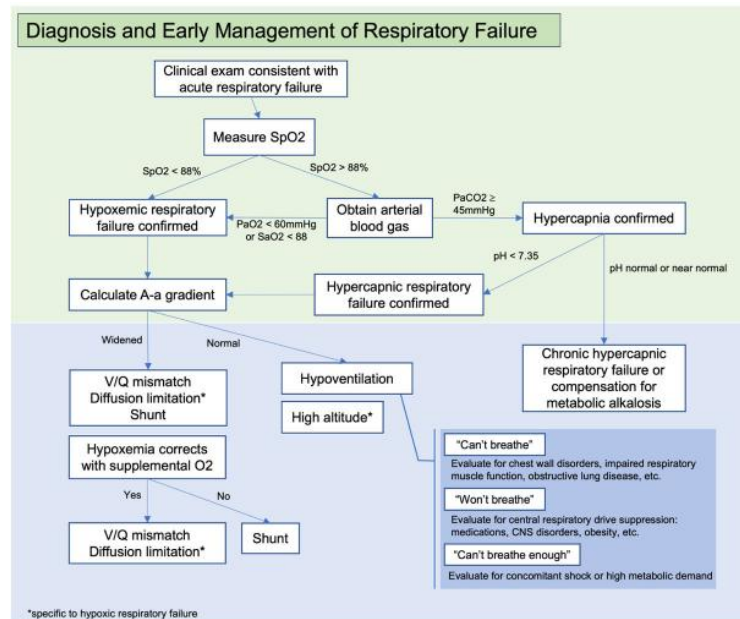
- a. Pemeriksaan umum: Penggunaan otot aksesori, perubahan status mental, cachectic, dispnea percakapan, diaphoresis, demam, gangguan pernapasan (misalnya, saat istirahat atau saat beraktivitas), obesitas, dan pernapasan dengan bibir mengerut
- b. Kepala: Penampilan Cushingoid, sianosis sentral, sindrom Horner, dan konjungtiva pucat

- c. Leher: Distensi vena jugularis, limfadenopati, dan deviasi trakea
 - d. Dada/toraks: Ekspansi dada asimetris, bradipnea, suara napas bronkial, pernapasan Cheyne-Stoke, krepitasi, suara napas menurun, redup pada perkusi, hiper-resonansi pada perkusi, pernapasan Kussmaul, kifoskoliosis, P2 keras, pernapasan paradoks, pectus carinatum, pectus excavatum, gesekan pleura, ekspansi dada berkurang, ronki, stridor, takipnea, fremitus vokal taktil, suara napas vesikuler, resonansi vokal, mengi, dan bisikan pektorilokui
 - e. Perut: Hepatomegali
 - f. Ekstremitas atas: Asteriksis, jari-jari terasa kaku, sianosis perifer, noda tembakau, dan tremor
 - b. Ekstremitas bawah: Edema, sianosis perifer, dan pembengkakan unilateral.
3. Pemeriksaan penunjang

Bersamaan dengan penilaian klinis menyeluruh, ada beberapa penyelidikan yang akan membantu membuat diagnosis dan karenanya memungkinkan dimulainya terapi spesifik. Aliran ekspirasi puncak digunakan pada asma untuk mengukur derajat obstruksi aliran udara dan karenanya tingkat keparahan asma. Rontgen dada (CXR) digunakan untuk mencitrakan patologi paru-paru, misalnya konsolidasi, edema paru, pneumotoraks, efusi pleura, kontusio paru, hiperinflasi pada PPOK, kelumpuhan diafragma, dll. Gas darah arteri (ABG) memungkinkan kuantifikasi tingkat keparahan gagal napas dan penentuan jenis dan kronisitas. Ini juga memungkinkan penentuan keseimbangan asam basa. Penting untuk mencatat konsentrasi oksigen yang diberikan untuk menentukan tingkat keparahan hipoksia. Computed tomography (CT) toraks memungkinkan pencitraan penampang melintang yang lebih rinci dari patologi anatomi, misalnya tumor saluran napas, efusi pleura, parenkim paru untuk penyakit paru interstisial, CTPA untuk mendeteksi emboli paru. Ultrasonografi toraks lebih unggul dibandingkan pemeriksaan fisik dan CXR dan secara umum memiliki kinerja yang sebanding dengan pencitraan CT untuk diagnosis dan evaluasi kondisi pernapasan yang ditemukan dalam perawatan kritis termasuk: efusi pleura, edema paru, pneumonia, pneumotoraks, dan sindrom gangguan pernapasan akut (ARDS) (Ozer, 2023).

Pemeriksaan penunjang, pemeriksaan gas darah arteri yang hipoksemia. Tingkat pertama, Ringan: $\text{PaO}_2 < 80$ mmHg, Tingkat kedua, Sedang: $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg Tingkat terakhir, Berat: $\text{PaO}_2 < 40$ mmHg. Oksimetri nadi dapat menunjukkan penurunan saturasi oksigen arteri. Kadar hemoglobin dan hematokrit serum menunjukkan penurunan kapasitas pembawa oksigen. Pemeriksaan kultur darah dapat menemukan kuman patogen. Kateterisasi arteri pulmonalis membantu membedakan penyebab paru atau kardiovaskular selama gagal napas akut dan

memantau tekanan hemodinamik. Kekuatan ini dapat dilihat dari kemampuan jaringan untuk memasukkan oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Indikasi gagal napas adalah $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ atau $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$, dan atau keduanya. Gagal napas terjadi ketika paru-paru tidak dapat lagi menjalankan fungsi utamanya dalam pertukaran gas, yaitu oksigenasi darah arteri dan pembuangan karbon dioksida (Ernest, 2020).



Gambar 1. Diagnosis gagal napas akut
Sumber: (Lagina and Valley, 2024)

Gambar 1 menjelaskan algoritme kami untuk diagnosis gagal napas akut. Diagnosis dan penanganan awal gagal napas akut harus dilakukan secara paralel. Stabilisasi dini dapat dicapai dengan menerapkan pendekatan terorganisasi untuk penilaian dan penanganan. Stratifikasi penyakit lebih lanjut didasarkan pada riwayat klinis, pemeriksaan fisik, dan penilaian laboratorium cepat. Perhitungan gradien A-a dapat membantu memperjelas patologi penyakit yang mendasari untuk hipoksemia dan hiperkapnia (Lagina and Valley, 2024).

2.1.3 Etiologi gagal napas akut

Emfisema dan bronkitis kronis disebabkan oleh penyakit paru-paru yang dikenal sebagai Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) dapat menyebabkan gagal napas akut. Gagal napas akut dapat terjadi akibat keadaan ini. Ketika cairan terkumpul di paru-paru, hal ini dapat menyebabkan penyakit berbahaya yang disebut Sindrom Gangguan Pernapasan Akut (ARDS). Banyak kondisi, seperti pneumonia, sepsis, dan trauma, dapat menyebabkan ARDS. Emboli paru adalah penyumbatan di salah satu arteri paru-paru, yang dapat menyebabkan gagal napas akut. Serangan asma yang parah dapat menyebabkan gagal napas akut. Gagal jantung kronis dapat menyebabkan cairan

menumpuk di paru-paru, yang menyebabkan gagal napas akut. Overdosis obat-obatan tertentu dapat menyebabkan gagal napas akut (Ozer, 2023).

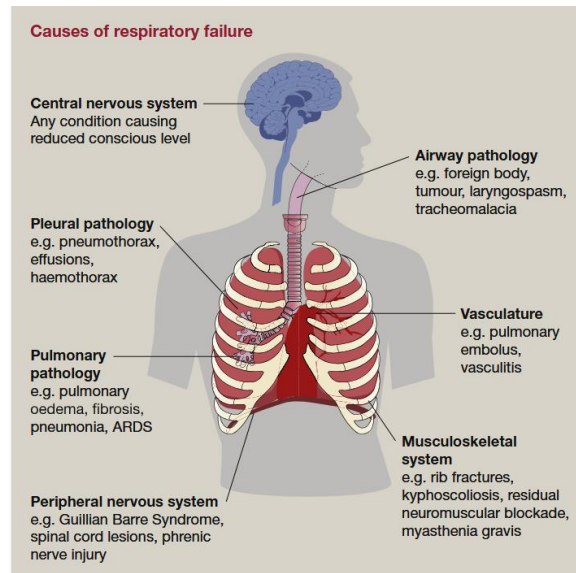
Penyebab gagal napas akut dijelaskan sebagai berikut (Ernest, 2020):

- 1 Depresi susunan saraf pusat: Menyebabkan gagal napas akibat ventilasi yang tidak adekuat. Pusat pernapasan yang mengatur pernapasan terletak di bawah batang otak (pons dan medula) sehingga pernapasan menjadi lambat dan dangkal.
- 2 Gangguan ventilasi: Gangguan ventilasi disebabkan oleh kelainan intrapulmonal atau ekstrapulmonal. Gangguan intrapulmonal meliputi kelainan pada saluran napas bagian bawah, sirkulasi paru, jaringan, dan area alveolus-kapiler. Kelainan ekstrapulmonal disebabkan oleh obstruksi akut dan kronik. Obstruksi akut disebabkan oleh fleksi leher pada pasien tidak sadar, spasme laring, atau edema laring, epiglotis akut, dan tumor trakea. Obstruksi kronik, misalnya pada emfisema, bronkitis kronik, asma, PPOK, fibrosis kistik, bronkiektasis terutama disertai sepsis.
- 3 Gangguan keseimbangan ventilasi perfusi (V/Q Mismatch): Meningkatnya ruang mati (ruang kehilangan), seperti pada tromboemboli, emfisema, dan bronkiektasis.
- 4 Trauma: Disebabkan oleh kendaraan bermotor dapat menjadi penyebab gagal napas. Kecelakaan yang mengakibatkan cedera kepala, kehilangan kesadaran, dan pendarahan dari hidung dan mulut dapat menyebabkan obstruksi jalan napas atas dan depresi pernapasan. Hemotoraks, pneumotoraks, dan patah tulang rusuk dapat terjadi dan dapat menyebabkan gagal napas. Flail chest dapat terjadi dan dapat menyebabkan gagal napas. Pengobatannya adalah untuk memperbaiki patologi yang mendasarinya.
- 5 Efusi pleura, hemotoraks, dan pneumotoraks: Ini adalah kondisi yang mengganggu ventilasi melalui penghambatan ekspansi paru-paru. Kondisi ini biasanya disebabkan oleh penyakit paru yang mendasarinya, penyakit pleura atau trauma, dan cedera dan dapat menyebabkan gagal napas.
- 6 Penyakit paru akut: pneumonia disebabkan oleh bakteri dan virus. Pneumonia kimia atau pneumonia disebabkan oleh aspirasi uap yang mengiritasi dan bahan lambung yang asam. Asma bronkial, atelektasis, emboli paru, dan edema paru merupakan beberapa kondisi lain yang menyebabkan gagal napas.

2.1.3 Patofisiologi gagal napas akut

Gagal napas dapat terjadi karena masalah pada salah satu komponen anatomi sistem pernapasan, tetapi dapat juga terjadi karena patologi kontrol pusat pernapasan, sistem saraf tepi, atau otot pernapasan itu sendiri (Gambar 2). Gagal napas terjadi ketika sistem pernapasan tidak mampu memenuhi kebutuhan fisiologis tubuh akan oksigen dan, dalam beberapa kasus, mengeluarkan gas limbah primer (CO_2) secara memadai untuk mempertahankan keseimbangan asam-basa normal. Hal ini dapat terjadi karena sejumlah

mekanisme dan biasanya terjadi sebagai kombinasi dari mekanisme-mekanisme ini (Ozer, 2023).



Gambar 2. Penyebab gagal napas akut
Sumber: (Ozer, 2023)

Hipoksemia dapat terjadi karena (Ozer, 2023; Summers et al., 2020):

1. Hipoventilasi
2. Gangguan difusi oksigen
3. Ketidakesesuaian ventilasi/perfusi (ketidakesesuaian V/Q)
4. Shunt.

Dua penyebab umum hipoksemia dan hiperkapnia adalah sebagai berikut (Kay Choong See, 2022) adalah ketidakcocokan ventilasi-perfusi (yaitu ketidakseimbangan aliran darah paru dan ventilasi alveolar, yang pada gilirannya disebabkan oleh penurunan perfusi paru, gagal jantung, penyakit pembuluh darah paru, penyakit paru parenkim atau penyakit paru obstruktif) dan hipoventilasi alveolar (yang pada gilirannya dapat disebabkan oleh penurunan dorongan pernapasan sentral, gangguan neuromuskular atau pembatasan tulang rusuk). Asalkan tidak terjadi atelektasis yang signifikan, hipoventilasi alveolar dapat diidentifikasi dengan perbaikan oksigenasi yang cepat dengan kadar oksigen tambahan yang rendah. Empat penyebab tambahan hipoksemia meliputi: (1) fraksi oksigen inspirasi rendah (FIO₂); (2) tekanan atmosfer rendah (misalnya di dataran tinggi); (3) keterbatasan difusi (misalnya penyakit paru interstisial, pneumonia *Pneumocystis jiroveci*); dan (4) pirau kanan-ke-kiri paru atau ekstra-paru; berbeda dengan hipoventilasi alveolar, pirau kanan-

ke-kiri hanya sedikit membaik bahkan dengan kadar oksigen suplemental yang tinggi (Kay Choong See, 2022).

Hiperkapnia dapat terjadi karena (Ozer, 2023; Summers et al., 2020):

1. Ketidakmampuan merasakan peningkatan CO₂ arteri (hipoventilasi)
2. Peningkatan produksi CO₂
3. Peningkatan ruang mati
4. Penurunan volume tidal

Selain itu dilaporkan bahwa salah satu penyebab hiperkapnia adalah produksi karbon dioksida metabolik yang berlebihan saat demam, sepsis, tirotoksikosis, atau hipertermia (Kay Choong See, 2022).

2.1.4 Manajemen gagal napas akut

Penanganan gagal napas akut bervariasi berdasarkan presentasi yang mendasarinya (Lagina and Valley, 2024). Tatalaksana gagal napas akut dijelaskan sebagai berikut (Ozer, 2023):

1. Terapi oksigen: Terapi ini merupakan langkah pertama dalam penanganan gagal napas akut. Oksigen dapat diberikan melalui masker atau kanula hidung.
2. Ventilasi mekanis: Jika pasien tidak dapat bernapas sendiri, mereka mungkin perlu dipasang ventilator. Mesin ini menyalurkan oksigen ke paru-paru dan mengeluarkan karbon dioksida dari tubuh.
3. Obat-obatan: Bergantung pada penyebab yang mendasari gagal napas, obat-obatan seperti bronkodilator, diuretik, atau antibiotik dapat diresepkan.
4. Obati kondisi yang mendasari: Jika gagal napas disebabkan oleh kondisi yang mendasari, seperti gagal jantung atau PPOK, kondisi tersebut juga perlu diobati.

Pada tatalaksana gagal napas akut, mekanisme pendukung oksigen dan ventilasi, seperti HFNC, NIV, atau ventilasi mekanis invasif, harus bertujuan untuk mempertahankan PaO₂ > 60 mmHg, SaO₂ > 88%, pH normal, dan dispnea yang berkurang (Lagina and Valley, 2024).

2.1.5 Strategi oksigenasi dan ventilasi

Strategi oksigenasi dan ventilasi awal bertujuan untuk memulihkan oksigenasi yang aman, mengurangi laju pernapasan, meredakan dispnea dan gangguan pernapasan, serta meningkatkan kenyamanan pasien (Azoulay et al., 2019).

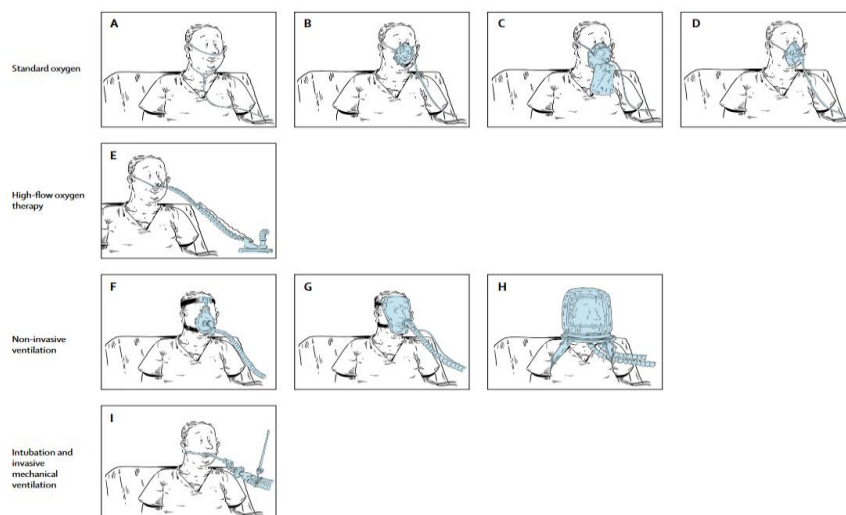
Target oksigenasi

Strategi pengobatan tradisional terkait oksigenasi pada gagal napas akut adalah mempertahankan oksigenasi yang adekuat untuk menghindari risiko hipoksemia. Target FIO₂ ≤ 60% dilakukan untuk menghindari cedera paru hiperoksik pada pasien yang menggunakan ventilator. Meta-analisis melaporkan penurunan kelangsungan hidup pada pasien dengan target PaO₂ 55–75 mmHg dan pasien dengan PaO₂ ≥ 150 mmHg dianggap

tepat untuk mengikuti strategi oksigenasi yang menghindari hipoksemia dan hiperoksemia berlebih. Pada pasien dengan eksaserbasi akut penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), SaO₂ 88% hingga 92% dianggap sebagai target oksigenasi yang memadai (Fujishima, 2023).

Manajemen ventilasi

Pada gagal napas akut, pilihan antara penggunaan kanula nasal, HFNC, NPPV, atau ventilasi tekanan positif invasif (IPPV) didasarkan pada keberadaan penyakit yang mendasari dan tingkat keparahan hipoksemia. Selama dua dekade terakhir, penelitian secara konsisten menunjukkan mortalitas yang lebih tinggi pada pasien yang memerlukan ventilasi mekanik invasif. Oleh karena itu, alat oksigenasi atau ventilasi non-invasif dapat diberikan untuk mengurangi penggunaan ventilasi mekanik (Fujishima, 2023).



Gambar 3. Sembilan metode oksigenasi dan ventilasi
Sumber: (Azoulay et al., 2019)

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa oksigen standar dapat diberikan melalui berbagai macam perangkat. Sistem oksigen aliran rendah terdiri dari kanula nasal (atau kateter nasal; A) yang menyediakan oksigen tambahan pada aliran di bawah total ventilasi menit, yang menyebabkan pengenceran oksigen dengan udara sekitar dan menurunkan konsentrasi oksigen inspirasi. Kanula nasal standar memberikan FiO₂ inspirasi 0,24–0,44 pada aliran suplai 1–8 L/menit, tergantung pada laju pernapasan dan volume tidal. Perangkat humidifikasi direkomendasikan untuk aliran >4 L/menit. Masker reservoir (B) dapat memberikan nilai FiO₂ 0,40–0,60 pada 5–10 L/menit. Sistem reservoir (~100–300 cm³) menyimpan oksigen. Laju aliran >5 L/menit harus ditetapkan untuk memastikan pembuangan gas yang dihirupkan dan menghindari retensi CO₂. Masker wajah non-rebreathing (C) dapat memberikan hingga 0,90 FiO₂ pada pengaturan aliran >10 L/menit. Ini harus digunakan hanya untuk periode pendek, karena humidifikasi sulit dilakukan dan ada juga risiko retensi CO₂ jika kantong reservoir masker dibiarkan mengempis saat

inspirasi. Terakhir, sistem Venturi (D) mencampur oksigen dengan udara ruangan (humidifikasi tidak diperlukan) dan memberikan FiO₂ yang akurat dan konstan meskipun ada variasi dalam laju pernapasan dan volume tidal. Ini digunakan ketika muncul kekhawatiran tentang retensi CO₂ atau ketika dorongan pernapasan tidak konsisten. Terapi oksigen aliran tinggi melalui cabang hidung atau kanula (terapi oksigen hidung aliran tinggi; E) memasok FiO₂ yang tepat (hingga 1) pada aliran yang sama dengan atau lebih besar dari kebutuhan aliran inspirasi pasien. Oksigen hidung diberikan pada laju aliran hingga 60 L/menit. Ini dihangatkan ke suhu tubuh dan dijenuhkan hingga kelembaban penuh dengan humidifikasi molekuler. Ventilasi tekanan positif non-invasif memberikan dukungan ventilator tanpa tabung endotrakeal, menggunakan masker oronasal (F) atau seluruh wajah (G) atau helm (H). Mode ventilasi non-invasif utama yang digunakan pada gagal napas akut hipoksemia adalah dukungan tekanan; tekanan saluran napas positif berkelanjutan dan tekanan saluran napas positif dua tingkat lebih jarang digunakan. Terakhir, ventilasi mekanis invasif (I) menggunakan tabung trakea yang dimasukkan ke dalam trakea dengan anestesi umum dan obat penghambat neuromuskular. Tabung tersebut kemudian dipasang pada wajah atau leher dan dihubungkan ke ventilator. Pada pasien dengan gagal napas akut hipoksemia, intubasi dan ventilasi mekanis invasif digunakan setelah kegagalan oksigen standar dan, dalam beberapa kasus, dari pilihan non-invasif yang disebutkan di atas (Azoulay et al., 2019).

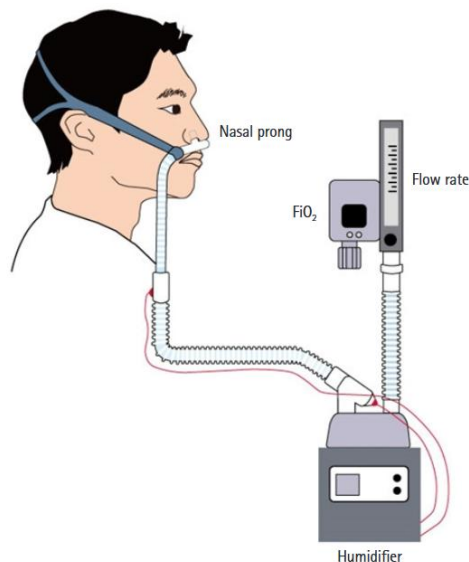
2.2 High Flow Nasal Canul (HFNC)

2.2.1 Pengertian dan prosedur High Flow Nasal Canul (HFNC)

High Flow Nasal Canul (HFNC) merupakan kanula yang terdiri dari kanula hidung dengan cabang berlubang lebar yang menawarkan laju aliran gas antara 40 dan 60 L/menit. Konsentrasi oksigen yang diberikan dapat dititrasi dan juga dilembabkan. Tersedia juga masker tambahan. Gas yang dihangatkan dan dilembabkan mengurangi kehilangan panas dan kelembapan serta memungkinkan pembersihan dahak yang lebih baik, sementara aliran tinggi meningkatkan rekrutmen alveolar dan memberikan Tekanan Akhir Ekspirasi Positif (PEEP). (Ozer, 2023).

HFNC semakin banyak digunakan untuk memberikan oksigen kepada pasien yang sakit kritis, terutama mereka yang mengalami gagal napas. Namun, belum ada rekomendasi yang ditetapkan untuk penerapan praktisnya. Meskipun HFNC dapat diberikan di lantai yang tidak dipantau, biasanya diberikan di lingkungan yang dipantau seperti unit perawatan intensif (ICU), bangsal perawatan menengah, atau unit gawat darurat. Gas oksigen dipanaskan dan dilembabkan secara memadai, lalu diberikan melalui kanula hidung berlubang lebar yang unik, yang umumnya terbuat dari plastik yang lebih

lembut dan lebih lentur daripada kanula untuk sistem aliran rendah. Kanula terpasang erat pada snare dan ditahan dengan tali pengikat kepala (Gambar 4) (Park, 2021).



Gambar 4. Alat HFNC
Sumber: (Park, 2021)

Pada Gambar 4, blender udara/oksigen, yang memungkinkan fraksi oksigen inspirasi (FiO_2) dari 0,21 hingga 1,0, menghasilkan aliran hingga 30-60 L/menit pada fraksi oksigen inspirasi (FiO_2) yang diinginkan (Park, 2021; Roca et al., 2024). Gas dipanaskan dan dilembapkan oleh pelembap aktif yang dipanaskan yang digunakan selama ventilasi mekanis. Pasien menghirup gas medis melalui kanula nasal fleksibel berdiameter besar yang unik dengan sirkuit inspirasi berpemanas satu tungkai (Park, 2021). Hal tersebut meningkatkan pembersihan karbon dioksida (CO_2) dan, dengan melampaui aliran inspirasi pasang surut puncak, mencapai fraksi oksigen alveolar yang lebih stabil, karena lebih sedikit udara ruangan yang terbawa. Setelah memperhitungkan beberapa faktor pengubah (misalnya mulut tertutup), HFNC dapat menghasilkan tekanan akhir ekspirasi positif rendah yang bervariasi. Efek fisiologis ini sebanding dengan laju aliran yang ditetapkan dan bermanfaat bagi pasien sakit kritis dengan penyakit pernapasan dengan mengurangi dorongan pernapasan, upaya inspirasi, dan ventilasi menit HFNC yang dikombinasikan dengan posisi tengkurap saat terjaga akan memindahkan tekanan transpulmoner akhir ekspirasi mendekati 0 cmH₂O dan mengurangi ketegangan paru-paru dinamis. Efisiensi pencucian CO_2 oleh HFNC menurun pada laju pernapasan yang lebih tinggi, terutama dengan aliran < 60 L/menit, sementara antarmuka kanula asimetris dapat membatasi hal tersebut (Roca et al., 2024).

Dua parameter harus ditetapkan: laju aliran dan FiO₂. Laju aliran harus ditetapkan terlebih dahulu, biasanya pada 20 L/menit hingga 35 L/menit (kisaran, 5–60 L/menit). Kedua, FiO₂ (kisaran, 21%–100%) ditetapkan untuk menargetkan saturasi oksigen perifer yang diinginkan. Laju aliran selanjutnya dapat ditingkatkan dalam peningkatan 5 hingga 10 L/menit jika laju pernapasan gagal membaik, oksigenasi gagal membaik secara memadai, atau pernapasan tetap sulit. Baik peningkatan laju aliran maupun peningkatan FiO₂ akan menghasilkan saturasi oksigen perifer yang lebih baik. Kami merekomendasikan untuk memaksimalkan laju aliran terlebih dahulu dan berusaha mempertahankan FiO₂ ≤60%; namun, peningkatan FiO₂ mungkin diperlukan untuk mencapai oksigenasi yang memadai. HFNC umumnya ditoleransi dengan baik dan dapat diberikan selama beberapa hari. Pasien dapat dialihkan ke sistem aliran rendah (kanula hidung atau masker) setelah laju aliran mencapai 20 L/menit atau lebih rendah dan FiO₂ mencapai 50% atau lebih rendah (Park, 2021).

HFNC bersifat non-invasif dan dapat dengan mudah dilepaskan dan dilanjutkan, sehingga penghentian pemberian oksigen HFNC pada pasien dewasa tidak terlalu menjadi masalah. Dalam analisis retrospektif terhadap 190 pasien yang diobati dengan HFNC, FiO₂ ≤ 0,4 dan ROX ≥ 9,2 diidentifikasi sebagai prediktor keberhasilan penghentian pemberian oksigen HFNC (Roca et al., 2024). HFNC dapat diterima dan memiliki tolerabilitas yang baik karena cabang hidungnya yang lembut dan lentur. Dengan demikian, beberapa penelitian telah menggambarkan kenyamanan pasien yang lebih besar dengan HFNC dibandingkan dengan oksigen aliran rendah atau aliran tinggi konvensional yang diberikan melalui masker wajah atau kanula hidung. NIV sulit dikelola untuk jangka waktu yang lama, menjadikan HFNC sebagai alternatif potensial yang menarik bagi pasien yang tidak perlu diintubasi (Park, 2021).

2.2.2 Indikasi dan kontraindikasi *High Flow Nasal Canul* (HFNC)

Pasien gagal napas hipoksemia akut merupakan indikasi paling umum untuk HFNC (42,3%), diikuti oleh profilaksis setelah ekstubasi (38,0%), dan edema paru kardiogenik (19,7%). Tingkat kegagalan HFNC secara keseluruhan adalah 25,4%. Tingkat kematian di rumah sakit dan tingkat kematian 28 hari secara keseluruhan masing-masing adalah 14,1% dan 21,1%. Satu-satunya faktor yang terkait dengan kegagalan HFNC adalah laju pernapasan pada hari ke-1 (Rittayamai et al., 2021). HFNC dapat diindikasikan untuk semua pasien hipoksemia yang tidak mengalami peningkatan oksigenasi atau mengalami perbaikan dari distres pernapasan saat menggunakan terapi oksigen konvensional (Pintaudi et al., 2024a).

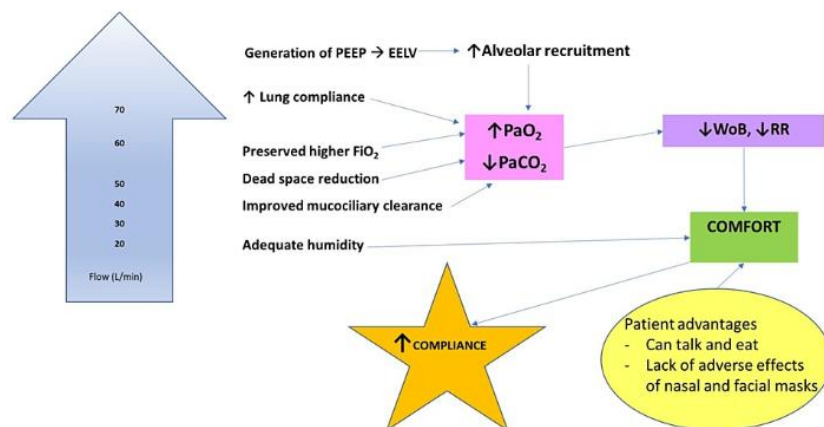
Dalam kondisi akut, HFNC dapat digunakan sebagai jenis terapi pendukung pernapasan selain pemberian oksigen (O₂) melalui masker wajah sederhana dan ventilasi non-invasif (NIV). Meskipun ada bukti yang berkembang tentang manfaat HFNC dalam

gagal napas hipoksemia akut, bukti mengenai kemanjurannya dalam gagal napas hiperkapnia akut masih sedikit. Pedoman European Society of Intensive Care Medicine tahun 2023 tentang penatalaksanaan sindrom gangguan pernapasan akut merekomendasikan penggunaan HFNC daripada terapi oksigen konvensional pada pasien yang tidak menggunakan ventilasi mekanis untuk menghindari risiko intubasi kecuali edema paru kardiogenik dan eksaserbasi akut penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Mukherjee and Mukherjee, 2023).

Beberapa menit pertama setelah dimulainya HFNC masih terasa tidak nyaman, tetapi ini diatasi dengan peningkatan laju aliran secara bertahap ke tingkat yang diinginkan untuk memungkinkan pasien terbiasa dengan HFNC dan menjalani terapi untuk jangka waktu yang lebih lama. Ada juga risiko kerusakan kulit, tetapi ini kurang signifikan dibandingkan dengan NIV. Kesesuaian masker dapat menjadi masalah yang menyebabkan kebocoran sehingga menghasilkan efek tekanan jalan napas positif yang kurang efektif. HFNC lebih mahal dibandingkan dengan terapi oksigen konvensional. HFNC rumit sehingga memerlukan pelatihan tambahan bagi tim multidisiplin di bangsal dan pengaturan perawatan kritis untuk memulai terapi HFNC. Kontraindikasi HFNC meliputi perubahan tingkat kesadaran termasuk agitasi berat, obstruksi jalan napas, risiko aspirasi, cedera wajah (terutama trauma nasofaring atau operasi baru-baru ini), henti napas, ketidakstabilan hemodinamik, dahak berlebih, dan klaustrofobia (Mukherjee and Mukherjee, 2023).

2.2.3 Manfaat fisiologis *High Flow Nasal Canul* (HFNC)

Manfaat fisiologis berbeda-beda tergantung pada tingkat pemberian HFNC. Pada kisaran menengah sekitar 20-45 L/menit, terdapat peningkatan kerja pernapasan, peningkatan pembersihan mukosiliar, dan pembersihan ruang mati, sedangkan pada kisaran yang lebih tinggi sekitar 60-70 L/menit, terjadi peningkatan tekanan saluran napas, volume paru-paru akhir ekspirasi, dan oksigenasi. Mekanisme tersebut meningkatkan mekanika paru dan menghasilkan peningkatan parameter klinis: penurunan laju pernapasan dan kerja pernapasan. Hal ini pada gilirannya meningkatkan kenyamanan pasien. Peningkatan kenyamanan pasien memungkinkan pasien untuk mematuhi terapi dalam jangka waktu yang lebih lama (Gambar 5) (Mukherjee and Mukherjee, 2023).



Gambar 5. Representasi skematis efek fisiologis HFNC pada gagal napas
Sumber: (Mukherjee and Mukherjee, 2023)

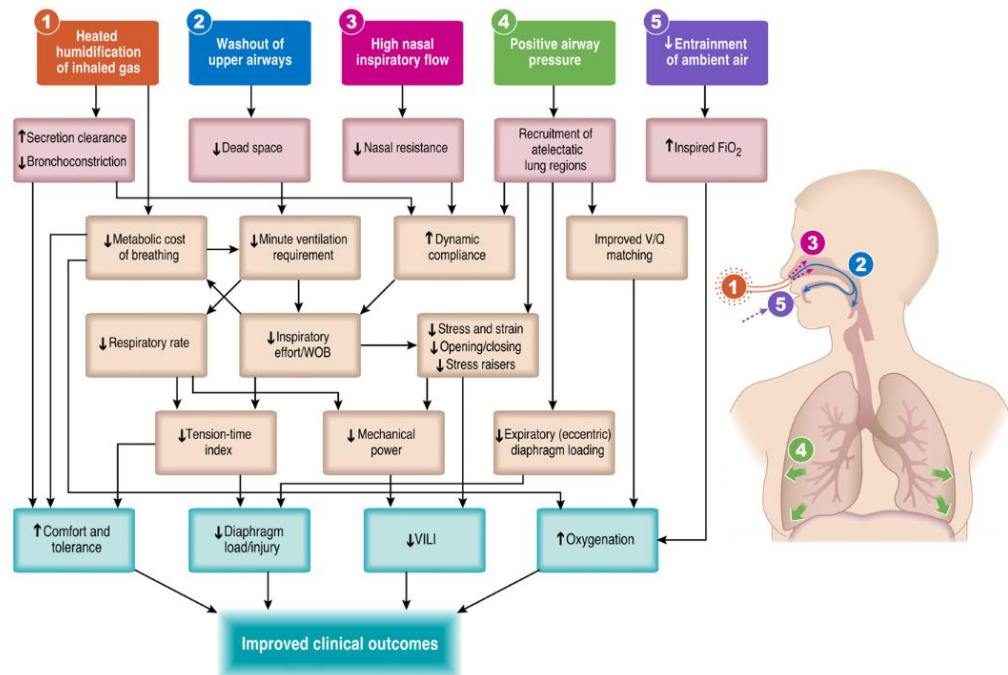
HFNC memiliki banyak manfaat fisiologis. Pertama, HFNC meningkatkan pembersihan ruang mati. Ruang mati anatomis terdiri dari segmen saluran pernapasan tempat udara dialirkan ke alveoli, tetapi tidak ada pertukaran O₂ dan CO₂ melintasi membran alveolar. Dalam ventilasi normal, sekitar 30% volume tidal terbuang karena ruang mati. Pada PPOK, peningkatan ruang mati menyebabkan gangguan ventilasi. Pemberian gas aliran tinggi telah terbukti meningkatkan ventilasi. HFNC diberikan melalui kanula hidung, menciptakan reservoir oksigen dengan memungkinkan pembilasan gas yang dihirupkan secara terus-menerus di saluran napas bagian atas. Saat aliran ditingkatkan, pembersihan ruang mati membaik, sehingga meningkatkan pertukaran gas dan menurunkan PaCO₂. Dengan demikian, efek pembersihan ruang mati (*dead space*) sangat bermanfaat, terutama jika dibandingkan dengan NIV, yang meningkatkan ruang mati anatomis dengan penggunaan masker wajah yang ketat. Energi yang dikeluarkan untuk menghasilkan volume tidal konstan (TV) selama satuan waktu. Hal ini bergantung pada kepatuhan paru-paru dan resistensi jalan napas. Secara klinis, peningkatan kerja pernapasan diterjemahkan menjadi tanda-tanda seperti cuping hidung dan penggunaan otot perut. Pada gangguan pernapasan, HFNC mengurangi laju pernapasan. HFNC juga meningkatkan sinkronisasi torakoabdominal dibandingkan dengan terapi oksigen konvensional pada pasien dengan gangguan pernapasan ringan hingga sedang. Oleh karena itu, secara teori, HFNC mengurangi kerja pernapasan (Mukherjee and Mukherjee, 2023).

Secara klinis, HFNC telah terbukti menurunkan kerja pernapasan secara langsung terhadap terapi oksigen konvensional. Aktivitas listrik diafragma menurun secara signifikan selama fase pasca ekstubasi pada eksaserbasi akut PPOK dengan HFNC dibandingkan dengan terapi oksigen konvensional. HFNC mengurangi ventilasi menit dengan mengurangi laju pernapasan, ia meningkatkan TV dibandingkan dengan terapi oksigen

jangka panjang (LTOT) pada relawan sehat dengan PPOK stabil dan pada pasien perawatan kritis. Oleh karena itu, karena pembersihan ruang mati, rekrutmen alveolar, dan peningkatan TV, HFNC meningkatkan efisiensi ventilasi secara keseluruhan (Mukherjee and Mukherjee, 2023).

HFNC meningkatkan pembersihan mukosiliar. Epitel pernapasan sangat sensitif terhadap perubahan suhu dan tekanan jalan napas. Epitel pernapasan berfungsi paling baik pada suhu tubuh inti dan kelembaban relatif 100%. Penurunan suhu dapat memengaruhi konsistensi sekresi pernapasan dan mengurangi denyut silia, sehingga mengurangi kecepatan pembersihan mukosiliar. Pemberian terapi oksigen konvensional, gas kering dingin, mengubah sifat fisik dan biokimia lendir pernapasan dan dapat memicu bronkokonstriksi. Pembersihan mukosiliar yang berkurang meningkatkan kemungkinan penyumbatan lendir, memperburuk infeksi, dan akhirnya penurunan fungsi paru-paru. Pembersihan sekresi trakeobronkial yang efektif terjadi ketika udara yang dihirup sepenuhnya jenuh dan dikondisikan hingga 37°C pada pasien dengan penyakit saluran napas obstruktif. Oleh karena itu, humidifikasi panas yang terpasang pada sirkuit HFNC meningkatkan kenyamanan dan kesesuaian pasien dengan meningkatkan pembersihan mukosiliar dan mempertahankan tingkat kelembapan yang nyaman di saluran napas (Mukherjee and Mukherjee, 2023).

Ada sejumlah mekanisme yang memungkinkan HFNC meningkatkan hasil klinis (Gambar 6): (1) pembersihan ruang mati anatomi dan peningkatan pencampuran gas di saluran napas besar; (2) pemanasan dan humidifikasi gas yang dihirup; (3) aliran inspirasi hidung yang tinggi; (4) pembentukan tekanan saluran napas positif (2–4 cm H₂O) yang menghasilkan peningkatan volume paru-paru akhir ekspirasi; dan (5) peningkatan PO₂ alveolar (seperti yang dibahas sebelumnya) (Goligher and Slutsky, 2017).



Gambar 6. Mekanisme kerja HFNC pada gagal napas hipoksemik akut
 VILI = ventilator-induced lung injury; V/Q = ventilation/perfusion; WOB = work of breathing.
 Illustration by Jacqueline Schaffer.
 Sumber: (Goligher and Slutsky, 2017)

HFNC meningkatkan oksigenasi dan mengurangi laju pernapasan dan upaya inspirasi pada pasien dengan AHFR. Tekanan positif juga dapat mengurangi beban diafragma ekspirasi, yang mungkin mencegah kontraksi diafragma eksentrik yang merugikan. Berdasarkan mekanisme tersebut, HFNC meningkatkan hasil pasien dengan meningkatkan oksigenasi dan bertindak pada mekanisme yang diyakini menyebabkan cedera paru-paru akut dan/atau cedera diafragma. HFNC meningkatkan kepatuhan dinamis, menaikkan volume paru-paru akhir ekspirasi di kedua daerah paru-paru dependen dan nondependen, dan meningkatkan tekanan transpulmonal sambil mengurangi tekanan penggerak transpulmonal. Temuan terakhir ini menunjukkan bahwa HFNC dapat mengurangi stres dan regangan dalam paru-paru yang cedera. Pengurangan laju pernapasan dan ventilasi menit mungkin disebabkan oleh pembersihan CO₂ yang lebih efisien atau penurunan metabolisme otot pernapasan, atau keduanya. Peningkatan kepatuhan dinamis mungkin timbul dari mekanika paru yang lebih baik (akibat perekrutan paru-paru) atau dari dukungan tekanan inspirasi yang berasal dari aliran inspirasi yang tinggi, atau keduanya (Goligher and Slutsky, 2017).

2.2.4 Penggunaan *High Flow Nasal Canul* (HFNC) pada gagal napas akut

Salah satu karakteristik utama HFNC dibandingkan dengan terapi oksigen lainnya adalah tingkat kenyamanan dan toleransi (Carratalá et al., 2024). Pada pasien dengan

gagal napas hipoksemia akut (AHRF), HFNC dapat dimulai dengan aliran awal 30–40 L/menit dan dengan cepat ditingkatkan ke maksimum yang dapat ditoleransi. Sebaliknya, pada pasca-ekstubasi, HFNC dapat dimulai dengan aliran yang sedikit lebih rendah, dengan titrasi berikutnya ke atas dengan cara yang mirip dengan pasien AHRF, meskipun dengan sedikit pengurangan pada aliran maksimum yang dapat ditoleransi. Dalam AHRF atau pasca-ekstubasi, FiO₂ harus dititrasi sesuai dengan nilai oksigenasi. Akhirnya, suhu HFNC secara signifikan memengaruhi kenyamanan pasien. Idealnya, gas harus diberikan pada 37°C. Namun, suhu yang lebih rendah dapat dikaitkan dengan kenyamanan yang lebih baik. Salah satu keuntungan penting dari HFNC terletak pada kenyamanan pasien yang ditingkatkan dibandingkan dengan terapi dukungan pernapasan non-invasif lainnya, yang memungkinkan pemberian terus menerus 24 jam per hari (Roca et al., 2024).

Penggunaan HFNC pada pasien dengan gagal napas akut hiperkapnia diperoleh hasil yang tidak konsisten namun (Carratalá et al., 2024) telah melaporkan efek positif yang dapat diberikan HFNC pada hiperkapnia, baik di saluran napas bagian atas (optimalisasi biologi mukosa pernapasan, pencucian CO₂ yang efektif selama ekspirasi dan pengurangan ruang mati) dan saluran napas bagian bawah (PEEP, rekrutmen alveolar, peningkatan volume tidal ekspirasi), telah ditunjukkan baik dalam simulator paru maupun di samping tempat tidur. Penelitian pada 128 pasien dengan hiperkapnia ditemukan perbaikan signifikan pada parameter dispnea, RR, dan oksigenasi PaO₂/FiO₂ dan SpO₂/FiO₂. PaCO₂ dan pH cenderung mengalami perbaikan meskipun tidak signifikan. Data tersebut menegaskan kembali kemungkinan penggunaan HFNC pada pasien dengan hiperkapnia sedang tanpa asidosis pernapasan, selalu menggunakan FiO₂ rendah untuk mencapai SpO₂ 88-92% dan dengan aliran tinggi (hingga 60 lpm). Kebutuhan ventilasi mekanis termasuk NIV atau intubasi tidak berbeda antara kelompok HFNC dan terapi oksigen konvensional pada pasien dengan gagal napas akut yang dirawat di UGD (Marjanovic et al., 2020)

2.3 Non-Invasive Ventilation (NIV)

2.3.1 Pengertian dan prosedur Non-Invasive Ventilation

Non-Invasive Ventilation (NIV) dilakukan dengan memberikan tekanan saluran napas positif dua tingkat (BiPAP). Hal tersebut dapat diberikan melalui mesin sederhana di luar HDU (Gambar 3) di bangsal yang terbiasa dengan penggunaannya, tetapi juga dapat diberikan di HDU dengan ventilator yang lebih canggih. Pemberian ventilasi memungkinkan penanganan gagal napas tipe II dan sering digunakan pada pasien PPOK tertentu dengan eksaserbasi akut. NIV telah berhasil digunakan sebagai sarana penurunan dari ventilasi invasif dan juga dapat digunakan dalam pengaturan pascaoperasi pada

pasien dengan risiko lebih tinggi mengalami komplikasi paru pascaoperasi (PPC) (Ozer, 2023).



Gambar 7. Mesin NIV sederhana dengan masker wajah ketat yang memungkinkan pemberian dukungan pernapasan dalam bentuk BiPAP atau gagal napas hipoksemia
Dikutip dari: (Ozer, 2023)

NIV merupakan terapi standar dalam penanganan gagal napas hipoksemia dan hiperkapnia akibat berbagai penyebab. Pedoman penggunaan NIV pada gagal napas hiperkapnia akut atau kronis dan gagal napas hipoksemia akut didasarkan pada bukti dan harus diikuti yaitu pasien yang tepat, penyebab gagal napas penting dalam menentukan kemungkinan keberhasilan NIV, NIV tidak boleh digunakan jika sangat kecil kemungkinannya untuk berhasil atau jika pendekatan paliatif murni akan lebih tepat—alat prediksi harus menginformasikan pengambilan keputusan, waktu yang tepat, kriteria fisiologis harus digunakan untuk menentukan waktu NIV, NIV harus dihentikan tepat waktu jika pasien memburuk berdasarkan pH dan laju pernapasan yang memburuk (untuk gagal napas hiperkapnia akut) atau volume tidal yang dihembuskan $>9,5$ mL/kg dan denyut jantung, asidosis, kesadaran, oksigenasi, skor laju pernapasan >5 setelah 1 jam (untuk gagal napas hipoksemia), peralatan yang tepat, antarmuka yang benar harus digunakan dan harus pas, khusus kondisi Pengaturan harus digunakan, dan disesuaikan menurut respons, lingkungan yang tepat, unit atau bangsal harus memiliki staf dan sumber daya yang memadai, staf harus dilatih NIV dan kompetensinya dinilai, pelatihan harus diperbarui secara berkala, dan audit berkelanjutan dan jaminan kualitas harus dilakukan (Bourke et al., 2018). NIV dihentikan ketika pemulihan yang memuaskan telah tercapai atau, sebaliknya, ketika ada tanda-tanda kegagalan NIV. Jika NIV telah berhasil, langkah berikutnya bergantung pada penyebab dan durasi NIV (Mas and Masip, 2014).

Keterampilan yang dibutuhkan untuk NIV mudah dipelajari dan peralatan yang dibutuhkan relatif murah. Tingkat komplikasi sangat rendah jika dibandingkan dengan ventilasi invasif. Dokter dan perawat dapat menggunakan NIV lebih awal di luar ICU untuk

mencegah memburuknya kondisi pasien karena NIV dapat dimulai pada tahap awal perkembangan gagal napas (Chawla et al., 2013). Keuntungan utama NIMV dibandingkan dengan ventilasi mekanis invasif adalah dapat digunakan lebih awal di luar ICU. Bukti sangat mendukung penggunaannya pada pasien dengan eksaserbasi penyakit paru obstruktif (PPOK) kronis dan mereka yang mengalami edema paru kardiogenik akut (Castillo, 2022). Keuntungan NIV lainnya yaitu menghindari intubasi trakea dan komplikasi terkait

terutama pneumonia terkait ventilator (VAP), menghindari sedasi, mempertahankan jalan napas alami dipertahankan, batuk spontan tidak terganggu, dukungan ventilasi dapat diberikan secara berkala, untuk memungkinkan makan, minum, dan komunikasi normal, dan memfasilitasi mobilisasi dini. Kerugian NIV yaitu nekrosis kulit di atas pangkal hidung dan wajah, menelan udara adalah hal yang umum, klaustrofobia dengan masker wajah, aspirasi isi lambung, dan ketidakstabilan kardiovaskular (Ozer, 2023).

2.3.2 Indikasi dan kontraindikasi *Non-Invasive Ventilation*

Indikasi klinis untuk NIV pada orang dewasa dengan gagal napas akut yaitu eksaserbasi akut PPOK dalam konteks gagal napas hiperkapnia akut ($\text{pH} < 7,35$ dan peningkatan PaCO_2), sindrom hipoventilasi obesitas (OHS) dalam konteks gagal napas hiperkapnia akut ($\text{pH} < 7,35$ dan peningkatan PaCO_2), penyakit neuromuskular (NMD), edema paru kardiogenik akut, gagal napas hipoksia (CPAP) atau AHRF, pasien dengan gangguan kekebalan tubuh dengan gagal napas akut, pneumonitis akut, termasuk COVID-19, gagal napas hipoksia sedang hingga berat $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 150\text{mmHg}$, menyapih pasien berisiko tinggi dari ventilasi mekanis, penatalaksanaan pasca-ekstubasi, gagal napas akut pasca-operasi, dan trauma dada (Agency for Clinical Innovation (N.S.W.), 2023).

Kontraindikasi mutlak penggunaan NIV yaitu kebutuhan segera untuk intubasi trakea, henti kardiorespirasi yang segera terjadi, obstruksi saluran napas atas yang terfiksasi secara anatomis, luka bakar pada wajah dan penurunan tingkat kesadaran pada kondisi cedera otak traumatik akut yang parah. Kontraindikasi relatif NIV yaitu ketidakstabilan hemodinamik (hipotensi pada pasien non-jantung), gangguan kesadaran dengan ketidakmampuan melindungi jalan napas, perubahan tingkat kesadaran akibat hiperkapnia, operasi saluran napas atas baru-baru ini (perlu didiskusikan dengan dokter bedah), sekresi atau muntah yang berlebihan, pneumothorax, cedera wajah, termasuk fraktur dasar tengkorak, operasi gastrointestinal atas baru-baru ini (perlu didiskusikan dengan dokter bedah), dan setelah reseksi transsphenoidal segera dari tumor hipofisis (perlu didiskusikan dengan ahli bedah saraf) (Agency for Clinical Innovation (N.S.W.), 2023).

NIV biasanya diindikasikan pada pasien dengan $\text{PaCO}_2 > 45\text{ mmHg}$ atau kapasitas vital paksa (FVC) $< 50\%$ atau ortopnoea, tetapi RCT menunjukkan bahwa memulai NIV

pada pasien dengan FVC duduk <75% dapat mengurangi kejadian pernapasan. Pakar Prancis merekomendasikan untuk memulai NIV segera setelah FVC <80% pada posisi duduk terkait dengan kelainan lain pada uji fungsi paru. Namun, pada pasien yang dipilih secara khusus seperti pasien yang mengalami demensia frontotemporal manfaat kelangsungan hidup dari NIV belum ditunjukkan dan oleh karena itu, indikasi untuk NIV pada pasien ini harus dinilai secara individual. Secara umum, keputusan untuk memulai NIV juga harus mempertimbangkan berbagai cara pemantauan jangka panjang di rumah. Pengaturan NIV harus mempertimbangkan respons laring pada pasien dengan pembersihan jalan napas untuk mencegah kegagalan NIV yang dapat dihindari (Bianquis et al., 2023).

Indikasi NIV berdasarkan tipe gagal napas akut dijelaskan sebagai berikut. Indikasi NIV pada gagal napas hiperkapnia akut yaitu eksaserbasi akut penyakit paru obstruktif kronik, asma akut, eksaserbasi akut, dekompensasi akut pada sindrom hipoventilasi obesitas, dekompensasi akut pada penyakit neuromuskular dan deformitas dinding dada. Indikasi NIV pada gagal napas hipoksemik akut yaitu edema paru kardiogenik akut, ARDS, bronkiektasis, dan multifaktorial pada pasien dengan imunitas yang dijanjikan. Kondisi khusus yaitu pasca ekstubasi, sedang berlangsung pelepasan intubasi, pneumonia pra/pasca operasi, perawatan paliatif atau kenyamanan, trauma dada dan NIV selama prosedur (Chawla et al., 2020).

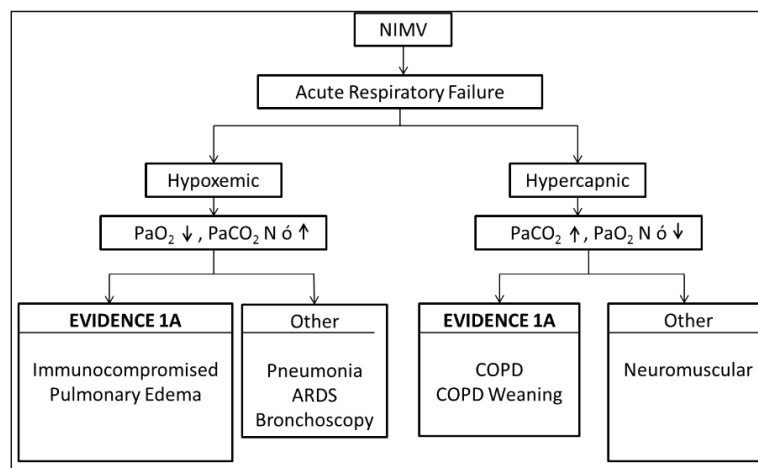
2.3.3 Penggunaan *Non-Invasive Ventilation* (NIV) pada gagal napas akut

Tingkat keberhasilan NIV pada gagal napas hiperkapnia akut bervariasi dari 35% hingga 95% dalam literatur (Carteaux and Haudebourg, 2025). NIV memberikan dukungan pernapasan melalui berbagai mekanisme dan mengarah pada penurunan penurunan gagal napas akut dan penurunan tingkat intubasi. Beberapa ahli merekomendasikan penerapan NIV pada tahap awal gagal napas akut, dan meta-analisis menunjukkan tingkat keberhasilan yang lebih besar ketika NIV digunakan lebih awal pada pasien dengan gagal napas akut (Monti et al., 2025).

Faktor-faktor yang berhubungan dengan kegagalan NIV pada gagal napas hipoksemia akut yaitu usia >40 tahun, ARDS atau pneumonia sebagai etiologi gagal napas hiperkapnia akut, skor keparahan yang lebih tinggi saat masuk rumah sakit, kegagalan organ ekstra-pernapasan, faktor gas darah, hipoksemia persisten (setelah 1 jam pengobatan), peningkatan PaCO₂ selama 48 jam pertama pengobatan, faktor radiologis, infiltrat radiologis yang memburuk 24 jam setelah masuk rumah sakit, faktor ventilasi, tingkat PEEP yang lebih rendah, volume tidal yang lebih tinggi, dan kurangnya kelelahan dari upaya pernapasan (Carteaux and Haudebourg, 2025).

Tujuan utama NIV gagal napas hiperkapnia akut adalah untuk meningkatkan ventilasi alveolar dan menurunkan hipoventilasi, sehingga menghasilkan PaCO₂ yang

tinggi, sehingga meringankan beban otot-otot pernapasan dengan konsekuensi penurunan/normalisasi pH arteri sementara pemicu masalah gagal pernapasan teratasi. Dasar patofisiologis penggunaan NIV pada eksaserbasi Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) adalah untuk mengurangi hipoventilasi dan memperbaiki hipoksemia. Dengan mengurangi kerja pernapasan, sehingga memfasilitasi pemulihan dari kelelahan otot-otot pernapasan. Hiperkapnia berkurang dengan kombinasi penurunan beban otot pernapasan, penurunan deflasi paru-paru yang dibantu oleh NIV, dan penurunan masukan pernapasan yang terkait dengan mekanisme pernapasan sentral (Romero-Dapuerto et al., 2015).



Gambar 8. Penggunaan NIV pada Gagal Napas Akut
Dikutip dari: (Romero-Dapuerto et al., 2015)

Penerapan tekanan positif pada gagal napas hipoksemia menghasilkan penurunan pirau intrapulmonal dan dengan demikian meningkatkan oksigenasi. Hal ini terjadi melalui perekrutan alveoli yang kolaps, mencegah kolaps yang sebelumnya dibuka oleh tekanan positif, meningkatkan FRC dan memperbaiki keseimbangan V/Q. Pada pasien dengan imunosupresi NIV bertujuan untuk memastikan PaO₂ yang adekuat, sementara penyebab dekompensasi akut muncul. Alasan penurunan oksigenasi adalah kolapsnya ruang alveolar distal dan/atau okupasinya. Hal ini mengakibatkan penurunan rasio ventilasi/perfusi, yang terkadang dapat berperilaku seperti pirau, yang menyebabkan hipoksemia (Romero-Dapuerto et al., 2015). NIV dapat digunakan daripada terapi oksigen konvensional pada gagal napas hipoksemia akut awal yang ringan (rasio P/F < 300 dan > 200 mmHg), dengan pengawasan ketat dan tidak disarankan pada pasien dengan gagal napas hipoksemia akut dengan rasio P/F < 150 (Chawla et al., 2020).

2.4 Perbandingan *High Flow Nasal Canul* (HFNC) dan *Non-Invasive Ventilation* (NIV) pada gagal napas akut

Penggunaan HFNC pada pasien dengan gagal napas hiperkapnia akut menunjukkan bahwa efeknya lebih rendah daripada NIV. Bila dibandingkan dengan NIV sebagai intervensi lini pertama, HFNC menunjukkan tingkat kegagalan yang lebih tinggi. Jika tidak dikontraindikasikan, penggunaan ventilasi noninvasif harus lebih diutamakan (Pintaudi et al., 2024a). Penelitian uji coba multisenter dan terbuka pada pasien gagal napas hipoksemia akut diperoleh hasil bahwa tingkat intubasi tidak berbeda signifikan antara NIV, HFNC dan oksigen standar (Frat et al., 2015). HFNC dapat digunakan sebagai terapi suportif pasca-ekstubasi, mengurangi kebutuhan untuk intubasi ulang ketika ventilasi non-invasif (NIV) tidak diindikasikan (Pintaudi et al., 2024a).

Penelitian tinjauan sistematis oleh (Setiafadi dan Nida, 2024) melaporkan bahwa HFNC menunjukkan manfaat yang lebih baik dibandingkan COT dan NIV untuk gagal napas hipoksemia akut, meningkatkan oksigenasi dan kenyamanan pasien. HFNC mengurangi tingkat intubasi dan dapat menawarkan keuntungan kelangsungan hidup. Efektivitas dan toleransi HFNC menjadikannya pilihan yang berharga, meskipun faktor-faktor pasien secara individu harus memandu pilihan terapi (Setiafadi and Nida, 2024). Pada penelitian (Xu dan Shao, 2024) menyatakan bahwa dibandingkan dengan NIV atau HFNC saja, penggunaan keduanya secara bergantian merupakan strategi dukungan ventilasi yang layak untuk pasien AECOPD.

Penelitian meta-analisis oleh (Mahdy et al., 2025) pada pasien gagal napas akut diperoleh hasil bahwa tidak ada perubahan signifikan lamanya rawat inap di ICU, laju intubasi, PaCO₂, PaO₂, rasio PaO₂/FiO₂, SpO₂, MAP, dan HARI antara penggunaan HFNC dan NIV. Penelitian (Agmy et al., 2022) membandingkan hasil terapi oksigen antara NIV dan HFNC dalam mencegah eskalasi ke ventilasi mekanis invasif pada pasien dengan gagal napas akut. Kelompok HFNC memiliki tingkat intubasi endotrakeal 18% dan mortalitas di rumah sakit 18% sedangkan NIV memiliki tingkat intubasi endotrakeal 50% dan mortalitas rumah sakit 48%. Dengan demikian, memberikan oksigen dengan HFNC adalah pilihan baru dan efisien untuk merawat pasien dewasa dengan gagal napas akut. HFNC menunjukkan tingkat eskalasi yang lebih rendah ke ventilasi mekanis invasif dan mortalitas di rumah sakit dibandingkan dengan NIV (Agmy et al., 2022).

Penelitian (Ali et al., 2023a) bertujuan mengevaluasi keuntungan, kemanjuran, dan bahaya HFNC dibandingkan dengan NIV dengan gagal napas hipoksemia akut dan hiperkapnia. Hasil menunjukkan bahwa HFNC merupakan intervensi yang berharga dan nyaman pada pasien dewasa dengan gagal napas akut. NIV menjadi pilihan pengobatan yang lebih unggul dan tersedia untuk pasien dengan gagal napas hiperkapnia jika dibandingkan dengan HFNC. NIV lebih baik daripada penggunaan HFNC pada pasien

dengan gagal napas hiperkapnia dengan biaya dan ketersediaan yang wajar. $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ dan penggunaan ventilasi mekanik tidak berbeda signifikan antara NIV dan HFNC.

Laju aliran HFNC yang lebih tinggi berhubungan dengan efek fisiologis positif dari perlindungan paru yang lebih baik dan efektif dalam mencegah kegagalan terapi oksigen (He et al., 2023). Meskipun demikian, American College of Physicians menerbitkan pedoman praktik klinis pada tahun 2021 yang merekomendasikan HFNC daripada NIV untuk semua individu dengan gagal napas hipoksemia akut. Rekomendasi ini sebagian besar didasarkan pada RCT 2015 yang menunjukkan manfaat mortalitas dengan penggunaan HFNC daripada NIV. Pada pasien yang mengalami edema paru kardiogenik akut, penggunaan NIV (termasuk CPAP) telah terbukti memperbaiki gangguan pernapasan (didefinisikan oleh gejala dispnea dan gangguan pada parameter fisiologis seperti jantung dan laju pernapasan) jika dibandingkan dengan terapi oksigen standar. NIV sebagai pengobatan lini pertama untuk hipoksemia pada pasien dengan edema paru kardiogenik akut atau eksaserbasi akut PPOK sementara intervensi khusus penyakit dimulai. Pada pasien yang menunjukkan respons yang tidak memadai terhadap terapi di atas atau menunjukkan tanda-tanda ketidakstabilan hemodinamik, intubasi endotrakeal dan ventilasi mekanik diperlukan. HFNC dapat digunakan dengan aman pada pasien dengan gagal napas hiperkapnia yang tidak dapat mentoleransi atau bukan kandidat untuk NIV. HFNC tidak kalah dengan NIV dalam mencegah intubasi pada pasien dengan hiperkapnia ringan hingga sedang. Penggunaan HFNC untuk pasien dengan gagal napas hiperkapnia akut yang bukan kandidat untuk NIV. Namun, menargetkan rentang saturasi oksigen normal atau lebih tinggi berpotensi mengakibatkan perubahan vasokonstriksi hipoksia fisiologis pada individu dengan PPOK yang sebaliknya dapat memperburuk ventilasi ruang mati dan hiperkapnia. Saturasi oksigen sebesar 93% atau lebih telah berkorelasi dengan peningkatan mortalitas pada pasien rawat inap dengan eksaserbasi akut PPOK. Selain itu, pengobatan hipoventilasi saja dapat meningkatkan oksigenasi pada pasien dengan gagal napas hiperkapnia. Target SpO_2 sebesar 88–92% dilakukan dengan uji coba HFNC atau NIV dengan cermat. Manfaat dari permulaan NIV dalam kondisi eksaserbasi akut PPOK akan terlihat dalam waktu 1–4 jam (Lagina and Valley, 2024).

(Elagamy et al., 2021) membandingkan efek penggunaan HFNC dan NIV pada pasien immunocompromised yang dirawat di unit perawatan intensif yang menderita gagal napas hipoksemia akut untuk pencegahan intubasi dan penilaian mortalitas 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa insiden intubasi lebih rendah pada pasien HFNC daripada pasien yang diobati dengan NIV. HFNC dikaitkan dengan tingkat kematian yang lebih rendah, intubasi, dan kemungkinan pneumonia yang didapat di rumah sakit dan peningkatan kenyamanan pasien dibandingkan NIV (Park, 2021).

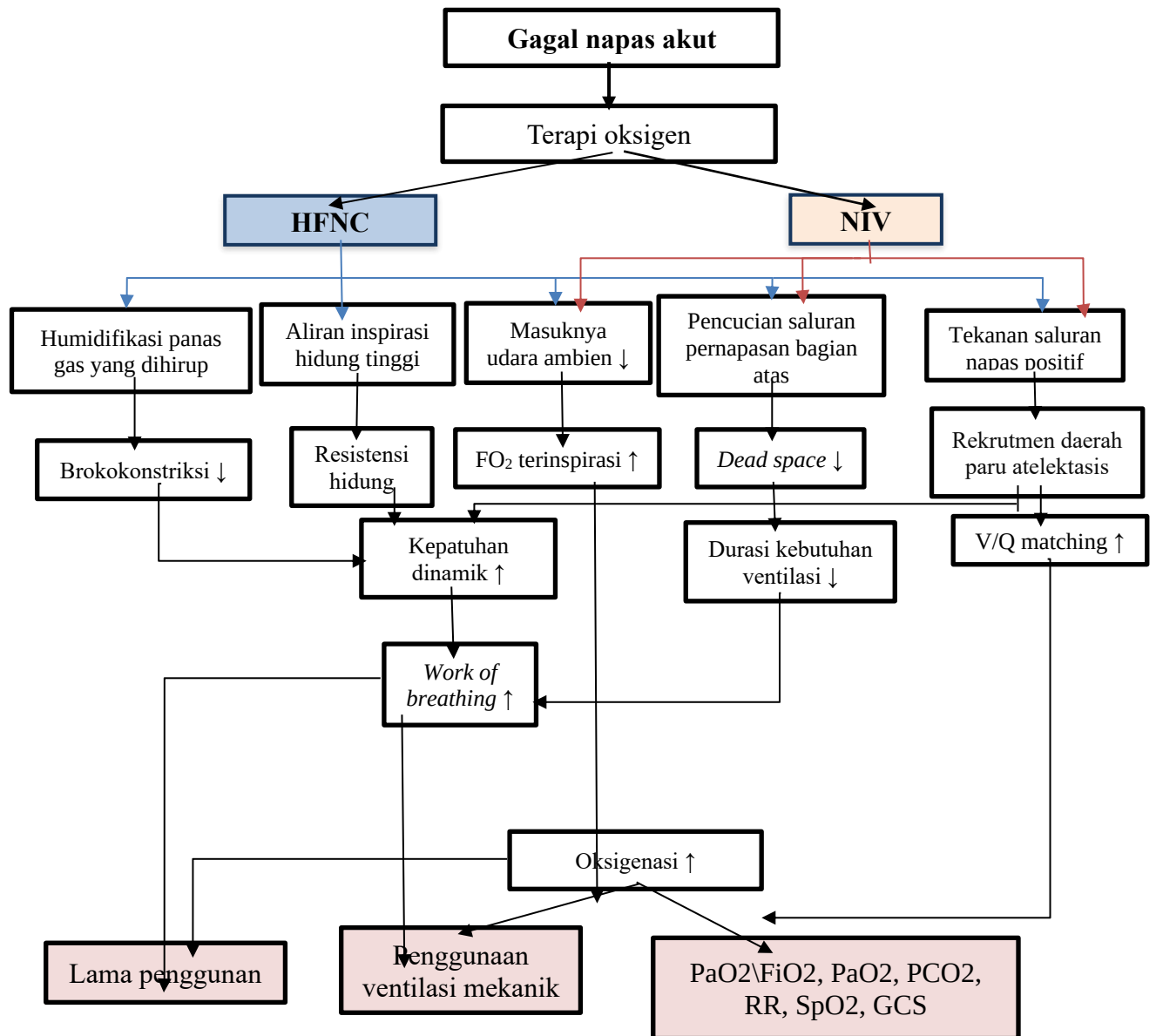
HFNC dan NIV lebih sering digunakan pada pasien dengan gagal napas akut hipoksia progresif atau sedang hingga berat ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200 \text{ mmHg}$), ketika risiko intubasi dan kematian lebih tinggi. Pada gagal napas akut yang lebih berat ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100 \text{ mmHg}$), dokter bertujuan untuk menyeimbangkan manfaat mempertahankan pernapasan spontan dan menghindari intubasi bersama dengan komplikasinya (yaitu VAP dan cedera paru-paru yang disebabkan oleh ventilator) versus bahaya intubasi yang tertunda, termasuk upaya inspirasi yang tinggi, peningkatan stres paru-paru dan risiko cedera paru-paru selama dukungan pernapasan non-invasif. HFNC adalah alternatif yang menarik untuk NIV untuk merawat pasien dengan gagal napas akut hiperkapnia dan kebutuhan pernapasan yang tinggi. Sementara NIV memberikan tekanan jalan napas rata-rata yang lebih tinggi daripada HFNC dan membantu ventilasi dengan secara efektif melepaskan otot-otot pernapasan, kegagalan pengobatan sering terjadi. Kegagalan NIV terjadi lebih sering pada pasien dengan gagal napas akut yang lebih parah: $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200 \text{ mmHg}$ sebelum pengobatan dan Skor Fisiologi Akut Sederhana II yang lebih tinggi (> 35) dikaitkan dengan risiko intubasi dua kali lipat. Perbaikan pertukaran gas yang diberikan oleh NIV dapat membantu mengidentifikasi pasien dengan risiko kegagalan pengobatan terbesar, karena $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 175 \text{ mmHg}$ setelah 1 jam NIV dikaitkan dengan kebutuhan intubasi. Volume tidal ekspirasi yang melebihi $9\text{--}9,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ berat badan prediksi saat menjalani NIV yang diberikan dalam mode dukungan tekanan dengan tingkat bantuan yang rendah dapat memprediksi kegagalan pengobatan dengan spesifisitas dan sensitivitas yang baik. Ada perbedaan praktis antara HFNC dan NIV, yang dapat memengaruhi kenyamanan dan toleransi pasien. Sementara perangkat HFNC menggunakan antarmuka yang serupa, NIV dapat diberikan menggunakan antarmuka masker wajah atau helm. Sampai saat ini, antarmuka yang paling sering digunakan dalam RCT adalah NIV masker wajah, meskipun NIV helm mungkin lebih nyaman dan memungkinkan penerapan ventilasi yang lebih "protektif" dengan PEEP yang lebih tinggi (yaitu $8\text{--}12 \text{ cmH}_2\text{O}$) dan nilai dukungan tekanan yang lebih rendah dengan lebih sedikit kebocoran dan gangguan udara. Dokter sekarang memiliki pilihan HFNC dan NIV dengan berbagai antarmuka untuk digunakan dalam gagal napas akut hiperkapnia namun, gugus tugas ERS/American Thoracic Society (ATS) baru-baru ini tidak menawarkan rekomendasi tentang penggunaan NIV gagal napas akut hipoksia de novo, mencatat bahwa sebagian besar penelitian menggunakan COT sebagai pembanding. HFNC dapat mengurangi intubasi (rasio risiko 0,84, 95% CI 0,61 hingga 1,16; perbedaan risiko -4,1%, -10,1% hingga 4,1%; kepastian rendah), tetapi hasil ini dibatasi oleh ketidaklangsungan dan ketidaktepatan.

Penelitian meta analisis menyatakan bahwa HFNC daripada NIV sebagai pengobatan lini pertama untuk gagal napas akut hiperkapnia tetapi bukti tersebut dibatasi

oleh ketidaktepatan, dan masih ada ketidakpastian mengenai efek sebenarnya dari NIV. Secara khusus, uji coba oleh (Frat et al., 2015) menunjukkan manfaat terbesar dari HFNC, tetapi NIV memiliki waktu terapi yang singkat (8 jam.hari⁻¹) dan tingkat PEEP yang lebih rendah daripada yang umumnya diresepkan (terutama dengan antarmuka helm) dan tidak ada humidifikasi yang digunakan pada lengan NIV.

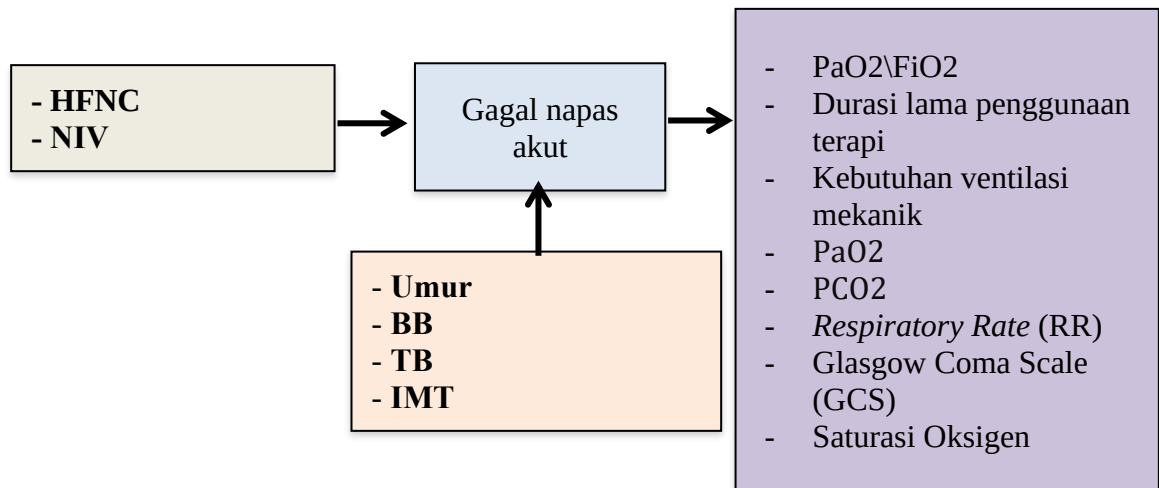
BAB III

KERANGKA TEORI

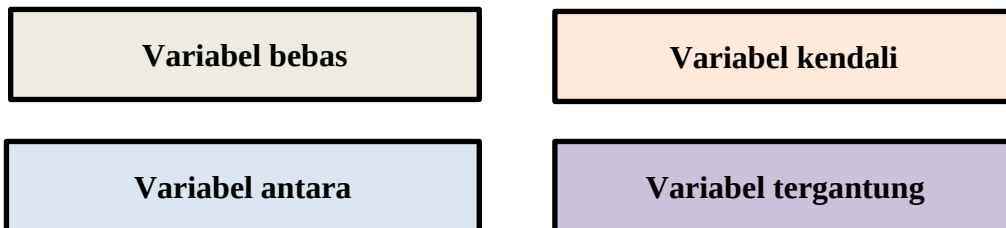


Gambar 9. Kerangka Teori

BAB IV KERANGKA KONSEP



Keterangan:



Gambar 10. Kerangka konsep

BAB V

METODOLOGI PENELITIAN

5.1 Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan desain uji klinis acak tersamar ganda.

5.2 Tempat dan Waktu Penelitian

5.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS Universitas Hasanuddin.

5.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Agustus 2025 sampai minimal sampel terpenuhi.

5.3 Populasi dan Sampel Penelitian

5.3.1 Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini yaitu seluruh pasien gagal napas akut di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS Universitas Hasanuddin.

5.3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian yaitu pasien gagal napas akut di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS Universitas Hasanuddin yang memenuhi kriteria inklusi dan setuju untuk ikut dalam penelitian.

5.4 Perkiraan Besar Sampel

Perkiraan besar sampel dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n1 = n2 = \frac{2(Z_{1-\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \sigma^2}{(U_1 - U_2)^2}$$

Keterangan:

$n1=n2$ = Jumlah sampel minimal tiap kelompok

Z_{α} = Kesalahan tipe I, ditetapkan 5 % dengan hipotesis dua arah (1,96)

Z_{β} = Kesalahan tipe II ditetapkan 20% (0,84)

U_2 = Rata-rata PaO₂/FiO₂ pada kelompok HFNC = 240,52 (Agmy et al., 2022)

U_1 = Rata-rata PaO₂/FiO₂ pada kelompok NIV = 228,76 (Agmy et al., 2022)

11,76

σ = perkiraan standar deviasi = 15

Sehingga nilai n pada penelitian ini adalah:

$$n1 = n2 = \frac{2x(1,96 + 0,84)^2(66,70)^2}{(240,52 - 228,76)^2} = 25,51 \approx 26$$

Berdasarkan rumus di atas, didapatkan besar sampel minimal tiap kelompok adalah 26 orang. Dengan demikian, jumlah minimal seluruh sampel penelitian ini adalah 52 orang.

5.5 Kriteria Inklusi, Eksklusi Dan Drop Out

5.5.1 Kriteria Inklusi

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah :

- Pasien umur > 18 tahun.
- Pasien yang dirawat dengan diagnosa gagal napas akut yang didefinisikan oleh PaO₂/FiO₂ lebih dari atau sama dengan 150 mmHg.
- Tanda gangguan pernapasan, *Respiratory Rate* (RR): 24-30 kali/menit, menggunakan otot bantu pernapasan dengan riwayat klinis negatif untuk gagal napas kronis yang mendasarinya.
- Glasgow Coma Scale lebih dari 10
- Saturasi Oksigen 88-95% via Non Rebreathing Mask
- Setuju ikut serta dalam penelitian.

5.5.2 Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah :

- Pasien dengan indikasi absolut untuk intubasi seperti Glasgow Coma Scale kurang dari 8, ketidakstabilan hemodinamik, atau aritmia yang mengancam jiwa.
- Pasien dengan kontraindikasi untuk NIV seperti pneumotoraks yang tidak diobati, pneumotoraks dengan kebocoran udara, luka bakar atau trauma wajah yang meluas, trakeotomi, atau perdarahan gastrointestinal atas yang aktif.
- PF Ratio kurang dari 150 mmHg
- Pasien dengan PaCO₂ lebih dari 50 mmHg
- Pasien menolak untuk berpartisipasi

5.6 Kriteria Drop Out

- Terjadi kegawatdaruratan jantung dan paru berupa:
 - TD < 80/60 mmHg atau penurunan 25% dari TD Basal bila tidak berespon dengan pemberian dua kali obat inj. Efedrin 0,1-0,2 mg/kgbb.
 - TAR < 55 mmHg bila tidak berespon dengan pemberian dua kali obat inj. Efedrin 0,1-0,2 mg/kgbb.

- HR < 45 x/menit bila tidak ada respon dengan dua kali pemberian obat Inj. Sulphas atropin 0,01-0,02 mg/kgbb, atau >150 kali permenit.
- frekuensi napas < 10 kali permenit dan saturasi oksigen < 90% tidak naik dengan pemberian oksigen.

5.7 Ijin Penelitian dan Kelaikan Etik

Peneliti meminta keterangan kelaikan etik (*ethical clearance*) dari Komisi Etik Penelitian Biomedis pada manusia Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dan Bagian Pendidikan dan Penelitian RS jejaring sebelum dilakukan penelitian. Semua pasien yang memenuhi kriteria inklusi diberi penjelasan secara lisan dan menandatangani lembar persetujuan untuk ikut dalam penelitian secara sukarela.

5.8 Metode Kerja

5.8.1 Alokasi sampel

Pasien akan dikelompokkan sesuai dengan terapi yang mereka terima, yaitu:

1. Kelompok I (HFNC): pasien yang mendapatkan terapi oksigen HFNC
2. Kelompok II (NIV): pasien yang mendapatkan terapi oksigen NIV

5.8.2 Cara kerja

1. Sampel penelitian yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, dijelaskan tentang tujuan, prosedur, resiko, efek samping yang dapat terjadi dalam penelitian serta diminta untuk menandatangani informed consent apabila bersedia mengikuti penelitian.
2. Semua pasien yang didiagnosis gagal napas akut yang sudah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dan setuju mengikuti penelitian akan dijadwalkan untuk mendapatkan terapi oksigen.
3. Melengkapi lembar penelitian sesuai identitas pasien.
4. Sampel dilakukan randomisasi, diundi oleh peneliti lalu dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu Kelompok I mendapatkan terapi HFNC dan kelompok II mendapatkan terapi NIV.
5. Pada kelompok I (HFNC): Pasien yang menerima terapi **HFNC** akan diberikan oksigen humidifikasi yang dipanaskan pada suhu 31–37°C melalui nasal cannula berdiameter besar. Laju aliran oksigen akan disesuaikan dengan kebutuhan klinis, untuk menjaga **SaO₂** di atas 88%.
6. Pada kelompok II (NIV): Pasien yang menerima terapi **NIV** akan dihubungkan ke ventilator untuk mendukung pernapasan menggunakan masker wajah penuh. Penyesuaian tekanan ekspirasi positif (PEEP) dan FiO₂ akan dilakukan untuk mencapai SaO₂ lebih dari 88%

7. Tanda-tanda vital pasien dicatat pada saat inklusi dan pada 0, 2, 24, 48 dan 72 jam. Sampel gas darah arteri diambil dan dicatat pada pengacakan dan 0, 2, 24, 48 dan 72 jam.
8. Lama penggunaan HFNC dan NIV dicatat.
9. Kebutuhan untuk intubasi endotrakeal selama dirawat juga dicatat.
10. Data dikumpulkan, ditabulasi dan dianalisis

5.8.3 Kriteria Konversi ke Ventilasi Mekanik

1. Evaluasi HFNC
 - pada jam ke 2 : ROX < 2,85 atau ; SpO₂ ≥92%; PaO₂ ↑ ≥10 mmHg; PaCO₂ ↓ ≥5 mmHg) tidak tercapai, pertimbangkan intubasi.
 - Pada jam ke 12: ROX < 3,85, lakukan intubasi.
 - Kapan pun ada perburukan klinis, segera intubasi.
2. Evaluasi NIV
 - Skor HACOR ≥ 5 pada evaluasi 1–2 jam pertama, risiko gagal tinggi
 - Skor HACOR ≥ 7, prediktor gagal sangat kuat).
3. Apabila kriteria gagal terpenuhi pada titik evaluasi tersebut, maka pasien dikategorikan gagal HFNC/NIV dan harus dikonversi ke ventilasi mekanik invasif.

5.9 Identifikasi dan Klasifikasi Variabel

5.9.1 Identifikasi Variabel

- a. Gagal napas akut
- b. HFNC
- c. NIV
- d. *Respiratory Rate* (RR)
- e. Glasgow Coma Scale
- f. Saturasi Oksigen
- g. PaO₂/FiO₂
- h. PaO₂
- i. PCO₂
- j. Durasi lama penggunaan terapi
- k. Kebutuhan ventilasi mekanik

5.9.2. Klasifikasi variabel

1. Variabel bebas
 - HFNC
 - NIV
2. Variabel tergantung
 - PaO₂/FiO₂
 - Durasi lama penggunaan terapi
 - Kebutuhan ventilasi mekanik
 - PaO₂
 - PCO₂
 - *Respiratory Rate* (RR)
 - Glasgow Coma Scale (GCS)
 - Saturasi Oksigen
3. Variabel kendali
 - Umur
 - BB
 - TB
 - IMT
4. Variabel antara
 - Gagal napas akut

5.10 Definisi Operasional

Tabel 1. Definisi operasional

No	Variabel penelitian	Definisi operasional	Alat dan cara ukur	Hasil pengukuran	Kriteria objektif	Skala
1	Efektivitas PaO ₂ /FiO ₂	Rasio tekanan parsial oksigen arteri (PaO ₂) terhadap fraksi inspirasi oksigen (FiO ₂) yang menunjukkan tingkat oksigenasi	Analisis gas darah arteri	Nilai angka (mmHg)	Peningkatan ≥20% dari nilai awal atau mencapai >200 mmHg	Rasio
2	Efektifitas Respiratory Rate (RR)	Jumlah napas per menit	Observasi visual dengan stopwatch	Angka per menit	Penurunan ≥20% dari baseline atau	Rasio

No	Variabel penelitian	Definisi operasional	Alat dan cara ukur	Hasil pengukuran	Kriteria objektif	Skala
			atau monitor		mencapai 12-20x/menit	
3	Efektifitas Glasgow Coma Scale (GCS)	Skor kesadaran pasien berdasarkan respon mata, verbal, dan motorik	Observasi klinis menggunakan skala GCS	Skor 3-15	Peningkatan ≥ 2 poin dari skor awal	Ordinal
4	Efektifitas Saturasi Oksigen (SpO_2)	Persentase saturasi hemoglobin dengan oksigen	Pulse oximeter	Persentase (%)	Peningkatan $\geq 5\%$ dari baseline atau mencapai $\geq 92\%$	Interval
5	Gagal napas akut	Pasien dengan PaO_2/FiO_2 lebih dari atau sama dengan 150 mmHg meskipun telah memberikan oksigen pada laju aliran lebih dari atau sama dengan 10 l/menit selama lebih dari atau sama dengan 15 menit atau memerlukan dukungan ventilasi karena peningkatan laju pernapasan lebih dari 24 napas/menit, menggunakan otot bantu pernapasan dengan	Anamnesis, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan penunjang	- Ya - Tidak	Didiagnosis gagal napas akut	Nominal

No	Variabel penelitian	Definisi operasional	Alat dan cara ukur	Hasil pengukuran	Kriteria objektif	Skala
		riwayat klinis negatif untuk gagal napas kronis yang mendasarinya				
6	Perbaikan PaO ₂	Peningkatan nilai tekanan parsial oksigen dalam darah arteri setelah intervensi	Pemeriksaan gas darah arteri (AGD)	Selisih nilai PaO ₂ awal dan sesudah terapi	Peningkatan PaO ₂ ≥ 10 mmHg dibandingkan nilai awal dianggap sebagai perbaikan	Kuantitatif
7	Perbaikan PCO ₂	Penurunan nilai tekanan parsial karbon dioksida dalam darah arteri setelah intervensi	Pemeriksaan gas darah arteri (AGD)	Selisih nilai PCO ₂ awal dan sesudah terapi	Penurunan PCO ₂ ≥ 5 mmHg dibandingkan nilai awal dianggap sebagai perbaikan	Kuantitatif
8	Kelompok HFNC	Kelompok pasien yang menerima terapi HFNC	Catatan medis pemberian terapi oksigen	- Ya (mendapatkan terapi HFNC) - Tidak (Yang tidak mendapatkan terapi HFNC)	Mendapatkan terapi HFNC	Nominal
9	Kelompok NIV	Kelompok pasien yang menerima terapi NIV	Catatan medis pemberian terapi oksigen	- Ya (mendapatkan terapi NIV) - Tidak (Yang tidak mendapatkan terapi NIV)	Mendapatkan terapi HFNC	Nominal

No	Variabel penelitian	Definisi operasional	Alat dan cara ukur	Hasil pengukuran	Kriteria objektif	Skala
10	Umur	Umur pasien saat penelitian berlangsung	Data usia dari rekam medis	Umur dihitung berdasarkan tahun kelahiran yang tercantum dalam status penderita dan dikonfirmasi kembali pada pasien, dengan satuan tahun.	Dalam satuan tahun	Rasio
11	Jenis kelamin	Jenis kelamin pasien berdasarkan data rekam medis	Catatan medis atau wawancara pasien	- Laki-laki - Perempuan	Sesuai data biologis pasien	Nominal
12	Indeks Massa Tubuh (IMT)	Penilaian status gizi menggunakan IMT yang dihitung dari berat badan (kg) dibagi tinggi badan	Timbangan dan pengukur tinggi badan	IMT dalam kg/m^2	- < 18,5 kg/m^2: Gizi kurang - 18,5 – 25 kg/m^2 : Normal - >25 - <30 kg/m^2 : Lebih - ≥ 30 - <35 kg/m^2 : Obesitas grade I - ≥ 35 - <39,9 kg/m^2 : Obesitas grade II - $\geq 40 \text{ kg/m}^2$: Morbid Obese	Ordinal
13	Durasi lama	Lama penggunaan terapi	Catatan medis	Durasi waktu yang	P/F Ratio > 300 mmHg	Rasio

No	Variabel penelitian	Definisi operasional	Alat dan cara ukur	Hasil pengukuran	Kriteria objektif	Skala
	penggunaan terapi	HFNC atau NIV yang dihitung saat mulai prosedur dilakukan sampai selesai		dibutuhkan , Dalam satuan hari	PO2 > 80-100 mmHg PCO2 35-45 mmHg	
14	Kebutuhan ventilasi mekanik	Prosedur ventilasi mekanik yang dibutuhkan pasien pasca terapi HFNC atau NIV	HFNC: ROX Index, Pulse Oximeter, Gas Blood Analysis NIV: Pengamatan klinis dan dokumentasi perawatannya, skor HACOR	- Ya (membutuhkan ventilasi mekanik) - Tidak (tidak membutuhkan ventilasi mekanik)	HFNC: 1. ROX < 2,85 pada jam ke-2, evaluasi target perbaikan tidak tercapai. 2. ROX < 3,85 pada jam ke-12 NIV: Skor ≥ 5 pada evaluasi 1–2 jam pertama, risiko gagal tinggi. Skor ≥ 7 prediktor gagal sangat kuat.	Nominal

5.11 Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis dengan menggunakan SPSS 27 untuk Windows. Analisis univariat dilakukan dengan menghitung jumlah, persentase mean, median dan standar deviasi dari variabel-variabel penelitian dan karakteristik pasien. Uji bivariat dilakukan untuk melihat perbedaan antara dua kelompok dengan sebaran data numerik, maka akan digunakan uji beda *independent sample t-test* apabila data terdistribusi secara normal, dan menggunakan uji *Mann-Whitney U test* jika data tidak normal. Uji perbandingan antara sebelum dan sesudah perlakuan dilakukan dengan uji *paired t test* untuk data normal dan uji *Wilcoxon* untuk data tidak normal. Uji normalitas dilakukan dengan uji normalitas Saphiro Wilk. Uji perbedaan antar variabel dengan seluruh data kategori, maka akan digunakan uji *chi-square test* (jika tidak ada nilai *expected count* <5), namun jika salah satu cell memiliki nilai *expected count* <5, maka data tersebut akan diuji dengan *Fisher-exact test*. Interval kepercayaan 95% dengan nilai $p < 0,05$ dianggap bermakna secara signifikan.

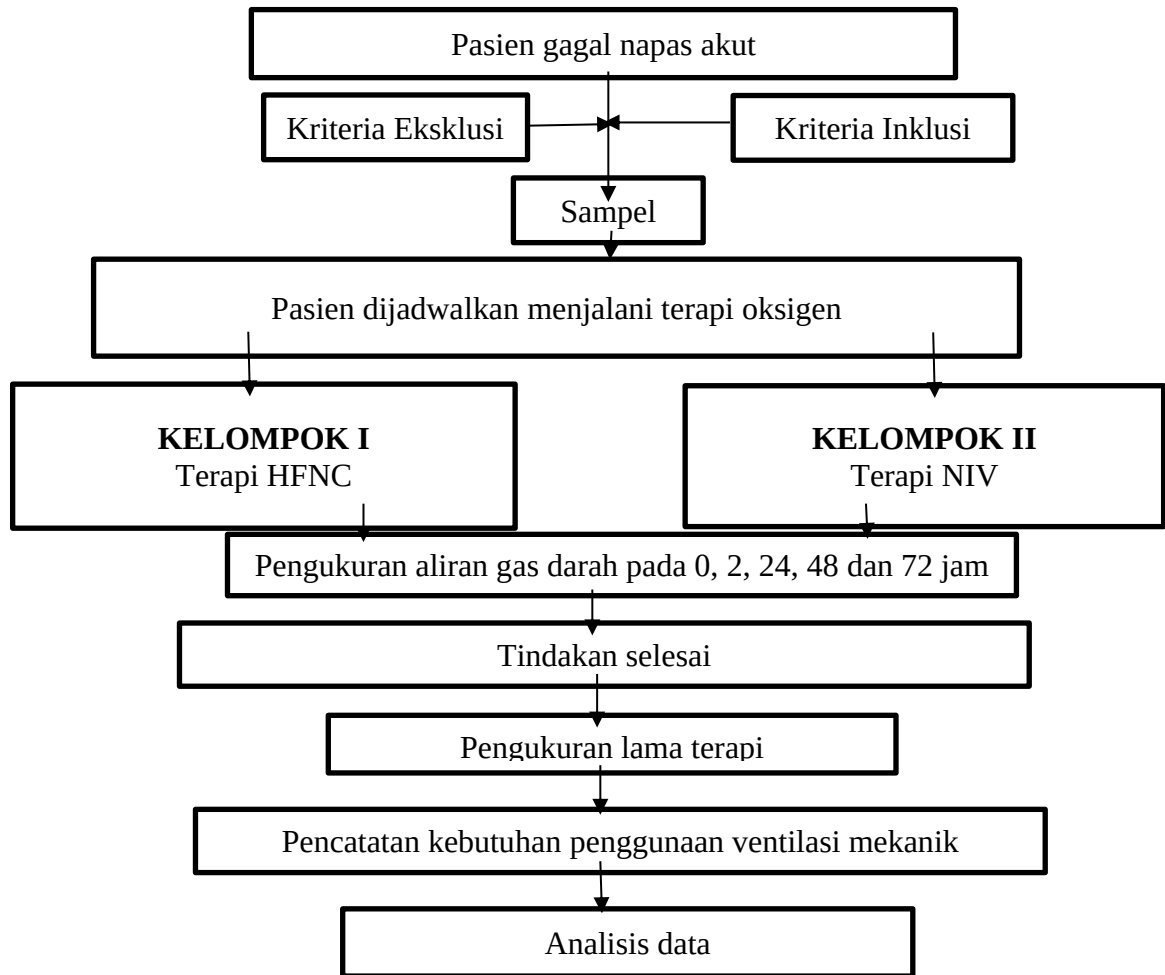
5.12 Jadwal Penelitian

1. Persiapan
 - a. Seminar proposal : Juli 2025
 - b. Persiapan alat dan bahan : September 2025
2. Pelaksanaan
 - a. Pengumpulan data : Sampai jumlah sampel terpenuhi
 - b. Analisa data dan penyusunan data : 3 pekan
3. Pelaporan
 - a. Penulisan laporan akhir : 1 pekan
 - b. Seminar hasil : 1 pekan

5.13 Personalia Penelitian

1. Pelaksana : dr. Syaiful Islam
2. Pembimbing 1 : dr. Ari Santri Palinrungi, M.Kes, Sp.An-TI, Subsp.T.I.(K)
3. Pembimbing 2 : Dr. dr. Faisal Muchtar, Sp.An-TI, Subsp.T.I.(K)
4. Anggota pelaksana : Peserta PPDS Anestesiologi Universitas Hasanuddin

5.14 Alur Penelitian



Gambar 11. Alur Penelitian

BAB VI

HASIL PENELITIAN

6.1 Karakteristik Subyek Penelitian

Penelitian ini terkumpul sebanyak 52 pasien gagal napas akut di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS Universitas Hasanuddin. Subyek penelitian terdiri dari dua kelompok berdasarkan terapi oksigen yaitu sebanyak 26 pasien menjalani HFNC dan sebanyak 26 pasien menjalani NIV. Karakteristik subyek penelitian disajikan sebagai berikut.

Tabel 2. Karakteristik subyek penelitian

Karakteristik	HFNC (n= 26)	NIV (n=26)	p-value
Umur (tahun)	64 (34-75)	56 (18-79)	0,068 ^a
Jenis kelamin			
Laki-laki	20 (76,9)	17 (65,4)	0,358 ^b
Perempuan	6 (23,1)	9 (34,6)	
BB (kg)	61,35 ± 9,79	56,46 ± 8,25	0,057 ^c
TB (cm)	160 (145-170)	160 (150-172)	0,077 ^a
IMT (kg/m ²)	23,64 ± 3,31	22,46 ± 2,53	0,158 ^c

Keterangan: ^aData disajikan dalam median (min-maks), uji Mann Whitney; ^bData disajikan dalam jumlah (persentase), uji chi-square; ^cData disajikan dalam mean ± standar deviasi, uji Independent Sample t test

Tabel 2 menunjukkan bahwa kedua kelompok subyek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini tidak berbeda signifikan antara pasien yang menggunakan HFNC dan pasien yang menggunakan NIV berdasarkan umur, jenis kelamin, BB, TB dan IMT ($p > 0,05$).

6.2 Hasil perbandingan efektivitas HFNC dan NIV pada pasien dengan gagal napas akut

Parameter oksigenasi berupa rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (PF ratio), Tekanan oksigen darah arteri (PaO_2), Tekanan carbon dioksida darah arteri (PCO_2), *Respiratory Rate*, Saturasi Oksigen (SpO_2) dan Glasgow Coma Scale diukur pada 0 jam (T0), 2 jam (T1), 24 jam (T2), 48 jam (T3) dan 72 jam (T4) pasca penggunaan HFNC dan NIV. Hasil perbandingan efek penggunaan HFNC dan NIV terhadap rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (PF ratio), Tekanan oksigen darah arteri (PaO_2), Tekanan carbon dioksida darah arteri (PCO_2), *Respiratory Rate*, Saturasi Oksigen (SpO_2) dan Glasgow Coma Scale pada pasien dengan gagal napas akut disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Perbandingan parameter oksigenasi antar waktu pada penggunaan HFNC

Waktu	Δ PF ratio	Δ PaO ₂ (mmHg)	Δ PCO ₂ (mmHg)	Δ RR (kali/menit)	Δ SpO ₂	Δ GCS
T0 & T1	3,50**	0,81	-1,11**	-0,46*	0,38*	-0,04
T0 & T2	32,49	16,37	-6,76**	-1,04	2,27**	-0,11
T0 & T3	49,41*	19,36	-8,74**	-1,27	2,86**	-0,27
T0 & T4	56,20*	8,19	-12,66**	-4,23**	4,54**	-0,27
T1 & T2	28,99	15,56	-5,64**	-0,58	1,88*	-0,08
T1 & T3	45,92*	18,55	-7,63*	-0,81	2,46*	-0,23
T1 & T4	52,71*	7,38	-11,55**	-3,77*	4,15**	-0,23
T2 & T3	16,92*	2,99	-1,98	-0,23	0,58*	-0,15
T2 & T4	23,71	8,17	-5,90*	-3,19*	2,27**	-0,15
T3 & T4	6,79	11,17	-3,92*	-2,96*	1,69**	0,00

Keterangan: Uji Wilcoxon; Δ = rata-rata perubahan; T0 = 0 jam; T1 = 2 jam; T2 = 24 jam; T3 = 48 jam; T4 = 72 jam; *Signifikan pada $p < 0,05$; **Signifikan pada $p < 0,001$

Pada Tabel 3, pasien yang menggunakan HFNC terjadi peningkatan signifikan PF ratio antara 0 jam dan 2 jam, antara 0 jam dan 48 jam, antara 0 jam dan 72 jam, antara 2 jam dan 48 jam, antara 2 jam dan 72 jam dan antara 48 jam dan 72 jam penggunaan HFNC ($p < 0,05$). PaO₂ meningkat tidak signifikan pada seluruh waktu pasca penggunaan HFNC. PCO₂ menurun signifikan pada seluruh waktu pasca penggunaan HFNC ($p < 0,05$) kecuali antara 24 jam dan 48 jam penggunaan HFNC ($p > 0,05$). RR menurun signifikan antara 0 jam dan 2 jam, antara 0 jam dan 72 jam, antara 2 jam dan 72 jam, antara 24 jam dan 72 jam dan antara 48 jam dan 72 jam penggunaan HFNC ($p < 0,05$). SpO₂ meningkat signifikan pada seluruh waktu penggunaan HFNC ($p < 0,05$). GCS menurun tidak signifikan pada seluruh waktu penggunaan HFNC ($p > 0,05$).

Tabel 4. Perbandingan parameter oksigenasi antar waktu pada penggunaan NIV

Waktu	Δ PF ratio	Δ PaO ₂ (mmHg)	Δ PCO ₂ (mmHg)	Δ RR (kali/menit)	Δ SpO ₂	Δ GCS
T0 & T1	7,55**	4,23**	-1,13**	-0,35	0,50*	-0,08
T0 & T2	21,54*	10,69**	-10,35**	-2,96**	1,31*	-0,38
T0 & T3	25,44*	10,88**	-13,91**	-3,46**	2,07**	-0,19
T0 & T4	18,86*	10,49*	-19,48**	-4,65**	3,19**	-0,15
T1 & T2	13,88	6,46*	-9,22**	-2,62**	0,81*	-0,31

T1 & T3	17,78	6,65*	-12,77**	-3,11**	1,58**	-0,12
T1 & T4	11,20	6,26*	-18,35**	-4,31**	2,69**	-0,08
T2 & T3	3,89	0,19	-3,55*	-0,50	0,77*	0,19
T2 & T4	-2,68	-0,19	-9,13**	-1,69*	1,88**	0,23
T3 & T4	-6,57	-0,39	-5,57**	-1,19*	1,11**	0,04

Keterangan: Uji Wilcoxon; Δ = rata-rata perubahan; T0 = 0 jam; T1 = 2 jam; T2 = 24 jam; T3 = 48 jam; T4 = 72 jam; *Signifikan pada $p < 0,05$; **Signifikan pada $p < 0,001$

Pada Tabel 4, pasien yang menggunakan NIV terjadi peningkatan signifikan PF ratio pada seluruh waktu dibandingkan dengan sebelum penggunaan NIV ($p < 0,05$). PaO_2 meningkat signifikan pada seluruh waktu dibandingkan sebelum penggunaan NIV dan antara 2 jam dan 24 jam, antara 2 jam dan 48 jam dan antara 2 jam dan 72 jam penggunaan NIV ($p < 0,05$). PCO_2 menurun signifikan signifikan pada seluruh waktu dibandingkan sebelum penggunaan NIV dan pada seluruh waktu penggunaan NIV ($p < 0,05$). RR menurun signifikan pada seluruh waktu penggunaan NIV ($p < 0,05$) kecuali pada antara 0 jam dan 2 jam dan antara 24 jam dan 48 jam penggunaan NIV. SpO_2 meningkat signifikan pada seluruh waktu penggunaan NIV ($p < 0,05$). GCS tidak berubah signifikan pada seluruh waktu penggunaan NIV ($p > 0,05$).

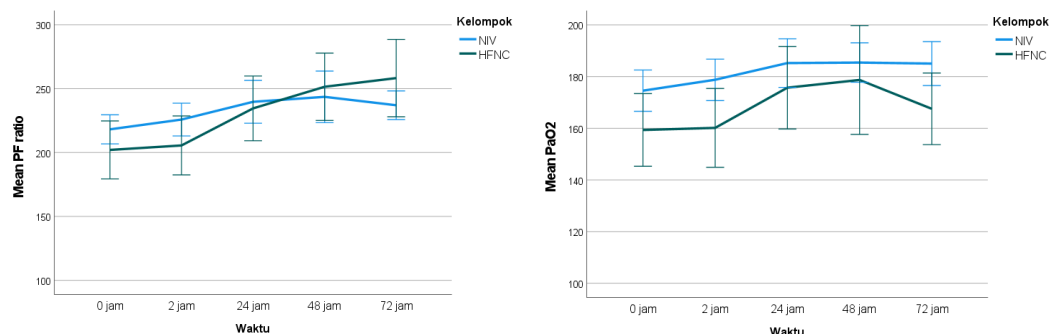
Tabel 5. Perbandingan efek penggunaan HFNC dan NIV

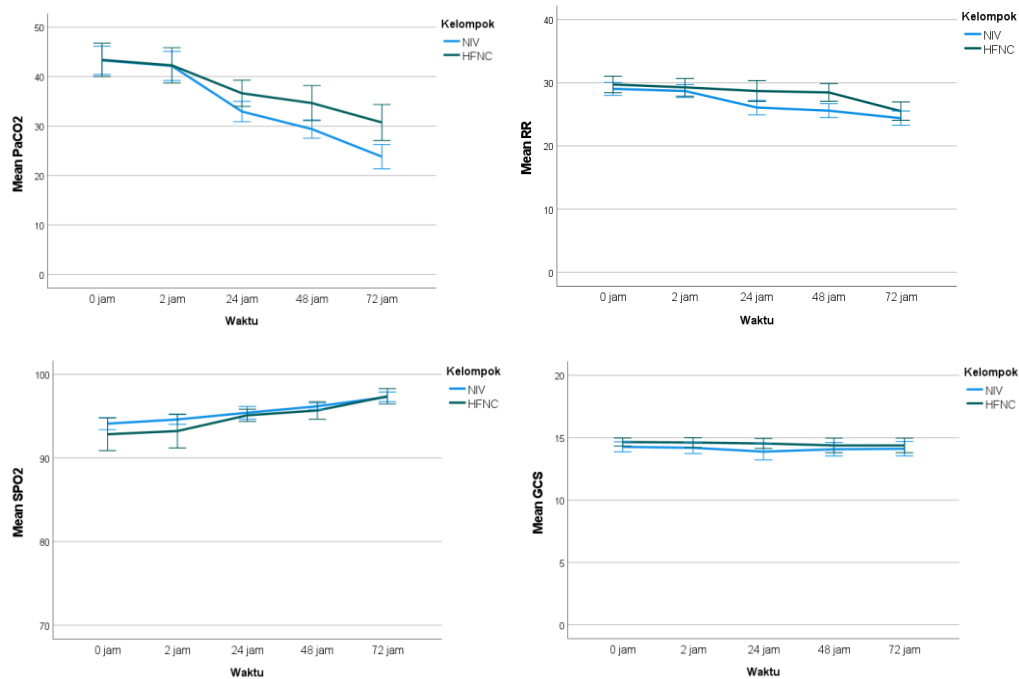
Parameter	Waktu	HFNC (n= 26)	NIV (n= 26)	p-value
		Median (min-maks)	Median (min-maks)	
PF ratio	T0	205,00 (82,71-322,00)	209,37 (168,00-312,33)	0,264
	T1	209,11 (80,71-324,00)	215,31 (160,00-323,33)	0,159
	T2	238,89 (92,67-352,98)	219,38 (179,00-340,00)	0,927
	T3	260,75 (98,33-366,67)	229,56 (180,00-337,78)	0,516
	T4	255,22 (105,44-455,00)	235,53 (195,00-295,00)	0,181
PaO_2 (mmHg)	T0	155,90 (100,60-231,00)	169,00 (140,00-211,00)	0,053
	T1	166,00 (103,60-240,00)	174,25 (143,00-215,00)	0,082
	T2	181,00 (82,50-266,00)	177,50 (140,00-227,00)	0,410
	T3	184,00 (61,80-317,00)	183,50 (153,00-230,00)	0,395
	T4	173,00 (94,90-235,00)	182,00 (145,00-235,00)	0,059
PCO_2 (mmHg)	T0	42,70 (27,60-65,30)	44,00 (29,70-59,80)	0,602
	T1	41,90 (26,60-65,30)	43,00 (29,00-59,00)	0,756
	T2	35,70 (25,20-53,40)	33,75 (22,00-41,00)	0,063
	T3	34,50 (19,50-58,10)	29,70 (20,00-39,00)	0,026*
	T4	28,70 (17,20-53,20)	23,50 (11,00-34,00)	0,006*
	T0	30,00 (22,00-36,00)	30,00 (23,00-34,00)	0,322
	T1	30,00 (20,00-36,00)	30,00 (22,00-35,00)	0,289

<i>Respiratory Rate</i> (kali/menit)	T2	28,00 (18,00-35,00)	26,00 (20,00-30,00)	0,013*
	T3	26,00 (24,00-35,00)	26,00 (21,00-30,00)	0,007*
SpO ₂	T4	24,00 (20,00-35,00)	25,50 (20,00-29,00)	0,479
	T0	94,00 (71,00-98,00)	94,00 (92,00-102,00)	0,954
	T1	94,00 (71,00-98,00)	94,00 (93,00-100,00)	0,643
	T2	95,00 (92,00-100,00)	95,00 (90,00-100,00)	0,462
	T3	96,00 (88,00-100,00)	96,00 (94,00-98,00)	0,683
<i>Glasgow Coma Scale</i>	T4	98,00 (90,00-100,00)	97,00 (95,00-100,00)	0,054
	T0	15,00 (12,00-15,00)	15,00 (12,00-15,00)	0,086
	T1	15,00 (11,00-15,00)	15,00 (11,00-15,00)	0,057
	T2	15,00 (11,00-15,00)	15,00 (10,00-15,00)	0,108
	T3	15,00 (9,00-15,00)	15,00 (11,00-15,00)	0,235
	T4	15,00 (9,00-15,00)	15,00 (11,00-15,00)	0,354

Keterangan: Uji Mann Whitney, T0 = 0 jam, T1 = 2 jam, T2 = 24 jam, T3 = 48 jam, T4 = 72 jam, *Signifikan pada $p < 0,05$.

Pada Tabel 5, diperoleh hasil bahwa PF ratio, PaO₂, PCO₂, RR, SPO₂ dan GCS tidak berbeda signifikan antara pasien yang menggunakan HFNC dan NIV pada 0 jam pasca terapi oksigen ($p > 0,05$). PF ratio, PaO₂, SPO₂ dan GCS tidak berbeda signifikan antara pasien yang menggunakan HFNC dan NIV pada 2, 24, 48 dan 72 jam pasca terapi oksigen ($p > 0,05$). Pada penggunaan HFNC didapatkan peningkatan PF ratio $> 20\%$ dari nilai awal dari waktu pengukuran awal setelah penggunaan 48 jam. PCO₂ berbeda signifikan antara pasien yang menggunakan HFNC dan NIV pada 48 dan 72 jam pasca terapi oksigen ($p < 0,05$) namun tidak pada 2 jam dan 24 jam pasca terapi oksigen. *Respiratory Rate* berbeda signifikan antara pasien yang menggunakan HFNC dan NIV pada 24 dan 48 jam pasca terapi oksigen ($p < 0,05$), namun tidak signifikan pada 2 jam dan 72 jam pasca terapi oksigen.





Gambar 12. Efek penggunaan HFNC dan NIV terhadap parameter oksigenasi pada seluruh waktu pengukuran

Gambar 12 menunjukkan bahwa pada 0 jam, 2 jam dan 24 jam pasca terapi oksigen, PF ratio lebih tinggi pada pasien yang menggunakan NIV dibandingkan HFNC namun tidak signifikan. Pada 48 jam dan 72 jam pasca terapi oksigen, PF ratio lebih tinggi pada pasien yang menggunakan HFNC dibandingkan NIV namun tidak signifikan. Pada 0 jam, 2 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam pasca terapi oksigen, PCO₂ dan RR lebih tinggi sementara PaO₂ dan SPO₂ lebih rendah pada pasien yang menggunakan HFNC dibandingkan NIV namun tidak signifikan. Pada 0 jam, 2 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam pasca terapi oksigen, GCS pada pasien yang menggunakan NIV kurang lebih sama dengan pasien yang menggunakan HFNC.

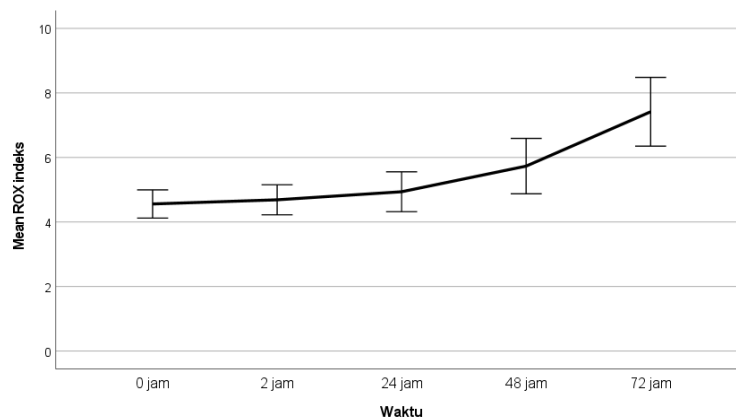
Tabel 6. Perbandingan ROX Indeks pada penggunaan HFNC dan HACOR score pada penggunaan NIV antar waktu

Waktu	ΔROX Indeks	p-value ^a	ΔHACOR score	p-value ^b
	Mean ± SD		Median (min-maks)	
T0 & T1	0,12 ± 0,32	0,049*	-5 ((-13)-(0))	0,001*
T0 & T2	0,38 ± 1,45	0,195	-2 ((-14)-2)	< 0,001**
T0 & T3	1,18 ± 2,06	0,008*	-2 ((-14)-0)	< 0,001**
T0 & T4	2,86 ± 2,22	< 0,001	-2 ((-14)-1)	< 0,001**
T1 & T2	0,25 ± 1,45	0,390	0 ((-4)-2)	0,136
T1 & T3	1,04 ± 2,05	0,015*	-5 ((-4)-2)	0,040*

T1 & T4	2,73 ± 2,22	< 0,001**	-5 ((-4)-1)	0,020*
T2 & T3	0,79 ± 1,86	0,040*	0 ((-3)-2)	0,044*
T2 & T4	2,48 ± 2,13	< 0,001**	0 ((-3)-2)	0,021*
T3 & T4	1,68 ± 1,58	< 0,001**	0 ((-2)-2)	0,458

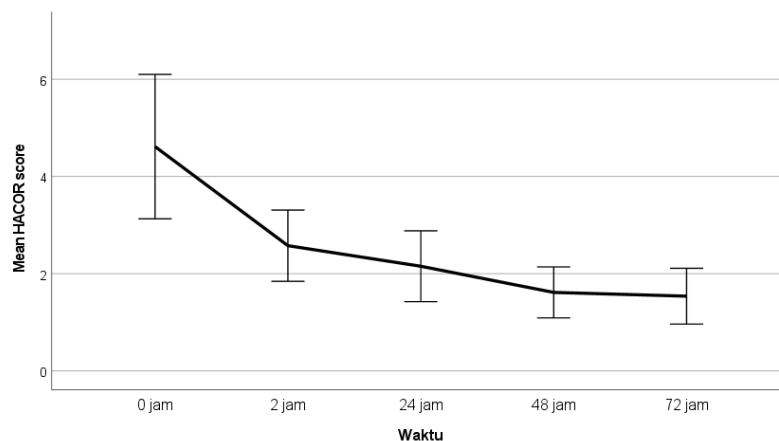
Keterangan: ^aUji Paired t test; ^bUji Wilcoxon; Δ= rata-rata perubahan; T0 = 0 jam; T1 = 2 jam; T2= 24 jam; T3= 48 jam; T4 = 72 jam; *Signifikan pada p < 0,05; **Signifikan pada p < 0,001

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa pasien yang menggunakan HFNC terdapat peningkatan signifikan ROX indeks pada seluruh waktu penelitian (p < 0,05) kecuali antara 0 jam dan 24 jam dan antara 24 jam dan 48 jam penggunaan HFNC (p > 0,05). Pasien yang menggunakan NIV terdapat penurunan HACOR score pada seluruh waktu penelitian (p < 0,05) kecuali antara 2 jam dan 24 jam dan antara 48 jam dan 72 jam penggunaan NIV (p > 0,05).



Gambar 14. Efek penggunaan HFNC terhadap ROX indeks pada seluruh waktu pengukuran

Pada Gambar 14 menunjukkan bahwa ROX indeks meningkat dari waktu ke waktu pasca penggunaan HFNC. Rata-rata nilai ROX indeks sebesar 4,56 pada 0 jam, sebesar 4,69 pada 2 jam, sebesar 4,94 pada 24 jam, sebesar 5,73 pada 48 jam dan sebesar 7,41 pada 72 jam penggunaan HFNC.



Gambar 15. Efek penggunaan NIV terhadap HACOR score pada seluruh waktu pengukuran

Pada Gambar 15 menunjukkan bahwa HACOR score menurun dari waktu ke waktu pasca penggunaan NIV. Rata-rata nilai HACOR score sebesar 4,61 pada 0 jam, sebesar 2,57 pada 2 jam, sebesar 2,15 pada 24 jam, sebesar 1,61 pada 48 jam dan sebesar 1,54 pada 72 jam penggunaan NIV.

6.3 Hasil perbandingan durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut

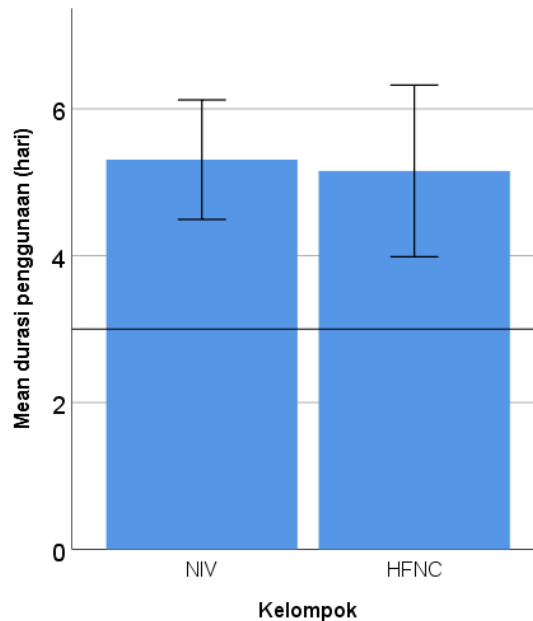
Hasil perbandingan durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut disajikan sebagai berikut.

Tabel 7. Perbandingan durasi lama penggunaan HFNC dan NIV

	HFNC (n= 26)	NIV (n= 26)	p-value
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	
Durasi penggunaan (hari)	5,15 $\pm$ 2,89	5,31 $\pm$ 2,01	0,825

Uji Independent sample t test

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan lama penggunaan HFNC dan NIV pada pasien gagal napas akut ($p > 0,05$). Durasi penggunaan HFNC rata-rata selama 5,15 hari dan durasi penggunaan NIV rata-rata selama 5,31 hari. Perbandingan durasi penggunaan terapi oksigen tersebut dapat disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Efek penggunaan HFNC dan NIV terhadap durasi lama penggunaan

6.4 Hasil perbandingan HFNC dan NIV dalam mengurangi kebutuhan ventilasi mekanis invasif pada pasien dengan gagal napas akut

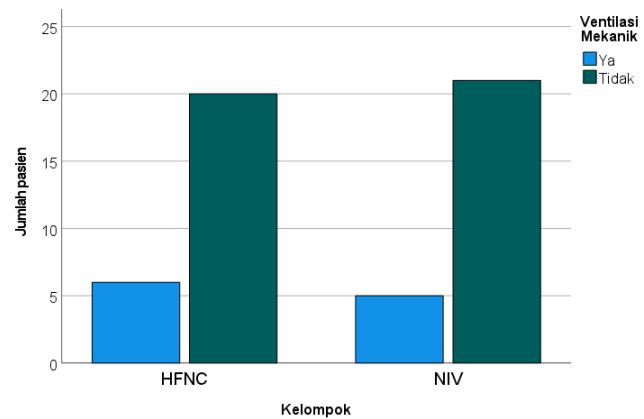
Hasil perbandingan efek penggunaan HFNC dan NIV dalam menurunkan kebutuhan penggunaan ventilasi mekanik pada pasien gagal napas akut disajikan sebagai berikut.

Tabel 8. Perbandingan efek penggunaan HFNC dan NIV pada kebutuhan ventilasi mekanik

Ventilasi Mekanik	HFNC (n= 26)	NIV (n= 26)	p-value
	n (%)	n (%)	
Ya	6 (23,1)	5 (19,2)	0,734
Tidak	20 (76,9)	21 (80,8)	

Uji Chi-Square

Pada Tabel 8 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan efek penggunaan HFNC dan NIV pada kebutuhan penggunaan ventilasi mekanik ($p > 0,05$). Penggunaan ventilasi mekanik pada pasien yang menggunakan HFNC sebanyak 23,1% pasien dan penggunaan ventilasi mekanik pada pasien yang menggunakan NIV sebanyak 19,2% pasien. Perbandingan kebutuhan penggunaan ventilasi mekanik antara pasien yang menggunakan HFNC dan NIV disajikan pada Gambar 16.



Gambar 13. Efek penggunaan HFNC dan NIV terhadap kebutuhan ventilasi mekanik

BAB VII

PEMBAHASAN

7.1 Karakteristik Subyek Penelitian

Sebanyak 52 pasien gagal napas akut di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS Universitas Hasanuddin terkumpul pada penelitian ini. Subyek penelitian tersebut dibagi menjadi dua kelompok secara acak yaitu yang terdiri dari 26 pasien yang menjalani HFNC dan 26 pasien yang menjalani NIV. Pasien yang menjalani HFNC maupun NIV pada penelitian ini tidak berbeda signifikan berdasarkan umur, jenis kelamin, BB, TB dan IMT. Artinya bahwa kedua kelompok pasien yang diperbandingkan pada penelitian ini mempunyai karakteristik yang homogen sehingga kedua subyek penelitian layak untuk diperbandingkan.

7.2 Efektivitas HFNC dan NIV pada pasien dengan gagal napas akut

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa PF ratio, PaO_2 , dan SpO_2 meningkat signifikan sedangkan PCO_2 dan RR menurun signifikan pada 2 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam pasca penggunaan HFNC dan NIV kecuali PaO_2 pada pasien yang menggunakan HFNC. Hasil ini mengindikasikan adanya keberhasilan penggunaan HFNC dan NIV sebagai terapi oksigen pada penelitian ini dan berdasarkan parameter PaO_2 , HFNC kurang memberikan perbaikan yang optimal.

Keberhasilan penggunaan HFNC dan NIV sebagai terapi oksigen telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Berikut dijelaskan mengenai manfaat penggunaan NIV pada parameter oksigenasi. Pasien yang berhasil ditangani dengan terapi NIV menunjukkan peningkatan PaO_2 yang signifikan pada 1 dan 6 jam (Johnson and Shenoy, 2012). $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ secara signifikan lebih tinggi pada kelompok NIV daripada pada kelompok kontrol pada 2 jam pasca penggunaan NIV dan tetap bertahan selama 72 jam pertama (Wang et al., 2019). Pengobatan dengan NIV tidak mengurangi kebutuhan intubasi pada pasien dengan ARDS ringan dini akibat pneumonia, meskipun terjadi peningkatan $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ yang diamati dengan NIV dibandingkan dengan terapi oksigen standar (Wang et al., 2019). Pada penelitian ini, seluruh pasien yang menggunakan HFNC maupun NIV pada 2, 24, 48 dan 72 jam pasca menggunakan terapi oksigen mempunyai $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ lebih dari 200 mm Hg. Pasien dengan $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 200$ mmHg menunjukkan ARDS ringan (Claudett et al., 2021).

Berikut dijelaskan mengenai manfaat penggunaan HFNC pada parameter oksigenasi. Hasil terapi HFNC pada pasien COVID-19 berat yang dirawat di ICU isolasi melaporkan adanya peningkatan SpO_2 pada hari pertama setelah penggunaan HFNC dan terdapat peningkatan Rasio P/F pada pasien yang berhasil dengan Rasio P/F awal rata-rata 86,7 menjadi 200,1 pada akhir perawatan (Aflah et al., 2023). HFNC dapat secara

signifikan meningkatkan parameter pernapasan utama seperti PaO_2 (Maimaitiniyazi et al., 2025). Penurunan PCO_2 dan normalisasi pH selanjutnya dari waktu ke waktu terjadi pada pasien hiperkapnia pasca penggunaan HFNC. Tingkat PCO_2 awal berkorelasi linier dengan penurunan PCO_2 pasca penggunaan HFNC. Parameter fisiologis seperti laju pernapasan dan PaO_2 membaik seiring waktu pada pasien hiperkapnia maupun non hiperkapnia (Lee et al., 2019). HFNC juga meningkatkan SpO_2 selama prosedur intubasi pada pasien non-trauma yang membutuhkan intubasi trakea di UGD (Mitsuyama et al., 2022). Pada kasus lain dilaporkan bahwa HFNC mengurangi PCO_2 , laju pernapasan, dan kerja pernapasan pada pasien PPOK yang stabil. NIV juga dapat menurunkan PCO_2 pada pasien dengan eksaserbasi PPOK (Sun et al., 2019).

Penelitian terkait dengan gagal napas akut dengan hiperkapnia diperoleh hasil bahwa PCO_2 menurun sebesar $4,2 \pm 5,5$ dan $3,7 \pm 10,8$ mmHg dalam 1 dan 24 jam pada pasien yang menggunakan HFNC, menghasilkan perbaikan signifikan pada hiperkapnia. Penurunan PCO_2 kapiler dengan penggunaan HFNC, bersamaan dengan penurunan laju pernapasan dan volume menit. HFNC efektif pada gagal napas hiperkapnia akut. HFNC dapat memperbaiki hiperkapnia pada beberapa pasien melalui pembersihan ruang mati anatomis, yang meningkatkan ventilasi alveolar, sehingga menyebabkan penurunan PCO_2 . Penurunan PCO_2 yang bergantung pada aliran dicapai melalui pembilasan saluran pernapasan dan ruang mati fungsional (Kim et al., 2018). Penelitian lain menjelaskan bahwa parameter fisiologis seperti pH, PaO_2 , dan laju pernapasan membaik dari waktu ke waktu setelah penggunaan HFNC pada pasien hiperkapnia dan non hiperkapnia. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan HFNC pada kelompok hiperkapnia tidak selalu memperburuk retensi CO_2 , tetapi bermanfaat untuk pembuangan CO_2 , yang tidak diamati pada kelompok non-hiperkapnia. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa HFNC mengurangi PCO_2 dengan meningkatkan pembersihan CO_2 dari ruang mati anatomis. Peningkatan ruang mati merupakan mekanisme yang sudah dikenal yang mendasari hiperkapnia dan ventilasi yang tidak memadai. Pernapasan cepat dan dangkal, yang umumnya diamati pada gagal napas akut, dapat meningkatkan ruang mati, dan peningkatan ruang mati dapat berkontribusi pada hiperkapnia. Pengurangan PCO_2 pada kelompok hiperkapnia terjadi melalui HFNC yang "menyapu" CO_2 dari ruang mati (Lee et al., 2019).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PF ratio, SpO_2 tidak berbeda signifikan antara pasien yang menggunakan HFNC dan NIV pada 0, 2, 24, 48 dan 72 jam pasca terapi oksigen. Artinya bahwa HFNC dan NIV mempunyai efektivitas yang serupa dalam penggunaannya sebagai terapi oksigen pasien dengan gagal ginjal akut. Efektivitas yang serupa penggunaan HFNC dan NIV sebagai terapi oksigen pasien dengan gagal napas akut telah dilaporkan dalam beberapa penelitian. Penelitian meta analisis melaporkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pengukuran PCO_2 , PaO_2 , dan SpO_2 antara

kelompok HFNC dan kelompok NIV pada pasien AECOPD (Du et al., 2023). Hasil serupa dilaporkan pada penelitian meta analisis bahwa tidak ada perbedaan $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ antara kelompok HFNC dan NIV pada pasien COVID-19 (Peng et al., 2022). Hasil serupa dilaporkan bahwa NIV dan HFNC efektif untuk memperbaiki hipoksemia, dan tidak ada perbedaan signifikan pada pasien dengan ARDS ringan ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 200$) (Pintaudi et al., 2024b). Perbandingan NIV dan HFNC pada pasien dengan PPOK yang disertai pneumonia komunitas (CAP) diperoleh hasil bahwa setelah 1, 3, dan 7 hari pengobatan, kedua kelompok menunjukkan peningkatan signifikan pada RR, SpO_2 , dan PaO_2 dari nilai awal. Peningkatan tersebut meningkat seiring waktu. Namun, tidak ada perbedaan signifikan yang diamati antara kelompok NIV dan HFNC pada RR, SpO_2 , PaO_2 , dan $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ pada titik waktu pengukuran. Baik NIV maupun HFNC secara efektif memperbaiki parameter pernapasan dan sirkulasi pada pasien dengan PPOK dan CAP, dengan tingkat efikasi yang serupa (Ji et al., 2025). Hasil serupa pada pasien PPOK dengan eksaserbasi akut bahwa HFNC tidak kalah efektif dibandingkan NIV pada pasien PPOK non-hiperkapnia, menunjukkan efikasi serupa dalam mencegah gagal napas dengan menurunkan PCO_2 , peningkatan pH, dan tingkat intubasi (Zhong et al., 2025). Perbaikan FiO_2 , PCO_2 , PaO_2 , $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ dan SpO_2 antara HFNC juga sebanding dengan NIV pada pasien dengan gagal napas hipoksemik dan hiperkapnik akut. Namun, NIV diprioritaskan pada pasien dengan PPOK dan gagal napas akut hiperkapnia dibandingkan dengan HFNC (Ali et al., 2023b). Efektivitas penggunaan HFNC dibandingkan dengan NIV adalah sama dan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan namun penggunaan salah satu metode tersebut dapat diterapkan sesuai dengan kondisi klinis pasien dan diagnosis dokter (Mirenayat et al., 2024).

Secara klinis, NIV merupakan pilihan terapi yang relatif umum untuk mengelola pasien dengan gagal napas, yang dapat memfasilitasi pengurangan sesak napas yang efektif, menurunkan PCO_2 dan meningkatkan PaO_2 pada pasien. HFNC dapat memberikan oksigen dengan laju aliran gas 0–60 L/menit, konsentrasi oksigen 21–100%, dan suhu 37 °C. Alat ini dapat memenuhi kebutuhan pasien akan kelembapan dan suhu secara bersamaan, sehingga mengurangi kerusakan pada mukosa trakea yang disebabkan oleh kelembapan dan suhu selama terapi oksigen konvensional. Keunggulan HFNC dapat menghasilkan tekanan akhir ekspirasi positif (PEEP) dengan memberikan gas aliran tinggi yang diatur suhu dan kelembapannya. Hal ini dapat meningkatkan rekrutmen alveolus dan pertukaran gas, secara efektif memperbaiki hipoksemia, terutama efektif pada pasien yang berisiko mengalami kolaps alveolus, seperti pasien dengan gagal napas. Efek PEEP dapat bermanfaat untuk menjaga patensi alveolus, mengurangi cedera paru akibat ventilator dari atelektasis dan dengan demikian meningkatkan oksigenasi. Selain itu, melalui pembilasan ruang mati saluran napas atas, HFNC dapat memfasilitasi peningkatan efisiensi

pembersihan CO_2 , yang sangat penting bagi pasien yang rentan terhadap retensi CO_2 , karena dapat mengurangi PCO_2 dan mengurangi asidosis pernapasan. Bersama dengan itu, HFNC mempertahankan fungsi mukosiliar, menurunkan resistensi saluran napas, dan mengurangi upaya pernapasan. Dengan mengurangi beban pada otot pernapasan, HFNC dapat meningkatkan fungsi pernapasan pada pasien dengan fungsi pernapasan yang terganggu, mengurangi dispnea dan kelelahan otot pernapasan juga. Dengan demikian, HFNC dapat sebagai alternatif yang layak untuk NIV dalam menangani hipoksemia berat. Namun, HFNC memiliki keterbatasan, termasuk tekanan jalan napas yang tidak konsisten dan tantangan pada pasien dengan pengeluaran dahak yang buruk, seperti penerima transplantasi paru pasca operasi, yang memerlukan bronkoskopi untuk drainase dahak. HFNC aman dan efektif hanya jika pengeluaran dahak membaik. Oleh karena itu, dukungan ventilasi non-invasif harus disesuaikan dengan kebutuhan individu, dan terapi kombinasi dapat meningkatkan hasil terapi untuk gagal napas (Maimaitiniyazi et al., 2025).

Berdasarkan parameter PCO_2 , pasien yang menggunakan NIV menghasilkan PCO_2 yang secara signifikan lebih rendah daripada HFNC pada 48 dan 72 jam pasca terapi oksigen. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan NIV memberikan perbaikan PCO_2 yang lebih awal daripada HFNC pada pasien dengan gagal napas akut. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa lebih menyukai NIV daripada HFNC karena penurunan PCO_2 48 jam setelah memulai pengobatan pernapasan, NIV mengungguli HFNC (Tan et al., 2024). Hasil serupa dilaporkan bahwa NIV menunjukkan perbaikan awal yang lebih baik pada PCO_2 dibandingkan dengan HFNC (Colaïanni-Alfonso et al., 2025). Pada penelitian ini perbedaan antara NIV dan HFNC diamati bahwa HFNC mengalami penurunan PCO_2 yang lebih lambat antara 24 jam sampai 48 jam penggunaan dibandingkan NIV.

Terapi oksigen HFNC digunakan pada pasien gagal napas hipoksemik. Jika dibandingkan dengan NIV, HFNC menunjukkan pengurangan upaya otot inspirasi yang mirip dengan pernapasan spontan. Aplikasi HFNC jangka pendek (dalam 2 jam) dapat secara efektif menurunkan PCO_2 . Beberapa mekanisme terlibat yaitu pengurangan ruang mati anatomis di saluran napas atas dan resistensi inspirasi, yang meningkatkan ventilasi alveolar. Aliran udara yang memadai dan gas hangat yang dilembapkan dapat mengurangi resistensi inspirasi dan meningkatkan resistensi ekspirasi, juga dapat mengurangi ruang mati fisiologis, meningkatkan pembersihan jalan napas, dan mengurangi kerja pernapasan, sehingga memungkinkan fraksi ventilasi menit yang lebih tinggi untuk memfasilitasi pertukaran gas. Pada saat yang sama, HFNC juga meningkatkan volume tidal hingga tingkat yang lebih rendah daripada NIV. HFNC meningkatkan pembersihan ruang mati

jalan napas bagian atas dan menghasilkan tekanan akhir ekspirasi positif (PEEP) tingkat rendah (Du et al., 2023).

$\text{PCO}_2 > 77$ mmHg pada 1–2 jam sebagai prediktor kritis kegagalan. PCO_2 yang terus menerus tinggi setelah 1 jam merupakan prediktor kegagalan NIV (Karamat et al., 2024). Pasien dengan $\text{PCO}_2 > 50$ mm Hg dan pH arteri $< 7,35$ dinyatakan mengalami hiperkapnia (Lee et al., 2019). Dalam penelitian ini, kadar PCO_2 kurang dari 50 mmHg dan menurun pada 2, 24, 48 dan 72 jam pasca penggunaan NIV. Hasil ini menggambarkan keberhasilan penggunaan NIV.

Berdasarkan parameter RR, pasien yang menggunakan NIV mempunyai RR yang secara signifikan lebih rendah daripada pasien yang menggunakan HFNC pada 24 dan 48 jam pasca terapi oksigen. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan NIV memberikan perbaikan RR yang lebih awal daripada HFNC pada pasien dengan gagal napas akut. Penurunan signifikan RR diamati mulai 24 jam pertama penggunaan NIV dibandingkan awal penggunaan sedangkan pada HFNC penurunan signifikan RR diamati pada 2 jam dan 72 jam penggunaan dibandingkan awal penggunaan. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pada HFNC dan NIV terjadi penurunan signifikan pada laju pernapasan (Pérez-Terán et al., 2019). Pada penelitian lain melaporkan bahwa PCO_2 , dan laju pernapasan membaik pada 4 jam. NIV menyebabkan penurunan laju pernapasan yang lebih besar pada 4 jam (plant). Hasil serupa dilaporkan bahwa NIV menunjukkan perbaikan awal yang lebih baik pada RR dibandingkan dengan HFNC. NIV lebih efektif dalam mencapai perbaikan pernapasan dini (Colaizzi-Alfonso et al., 2025).

NIV mengoreksi mekanisme yang menyebabkan hiperkapnia dengan meningkatkan volume tidal dan dengan mengurangi kerja pernapasan sambil mengurangi $\text{CO}_2 > 45$ mmHg dan pH $> 7,25$ dapat secara efektif mengurangi kelelahan otot pernapasan (Du et al., 2023). Meskipun RR pada titik waktu tertentu berbeda signifikan, namun RR menurun signifikan seiring lamanya waktu penggunaan HFNC. Hasil ini sebagaimana dinyatakan pada penelitian sebelumnya bahwa terapi HFNC dapat menurunkan tingkat pernapasan pada pasien gagal napas akut di UGD. Laju pernapasan menurun dan tanda-tanda peningkatan upaya pernapasan meningkat pesat pada pemberian HFNC (Arofah and Sudaryanto, 2020).

Dengan demikian hasil penelitian ini berimplikasi bahwa HFNC dapat menjadi alternatif atau tambahan pada pasien gagal napas akut. Hal ini sebagaimana dijelaskan pada penelitian sebelumnya bahwa HFNC dapat menjadi alternatif pengobatan gagal napas hipoksemik akut, yang menyebabkan NIV dan HFNC menjadi kurang dapat dibedakan. HFNC mempunyai laju aliran tinggi (hingga 60–70 L/menit) oksigen yang dipanaskan dan dilembapkan dengan PEEP (2–5 cmH₂O) menghasilkan pengurangan

ruang mati sekaligus meningkatkan pembersihan mukosiliar dan kenyamanan pasien. NIV merupakan sistem pendukung ventilasi menawarkan pengaturan yang dapat disesuaikan untuk IPAP dan EPAP sekaligus memberikan bantuan ventilasi yang lebih kuat. HFNC merupakan pengobatan awal pilihan untuk pasien dengan gagal napas hipoksemik de novo ringan hingga sedang. NIV harus digunakan untuk pasien yang membutuhkan bantuan ventilasi tambahan dan pasien yang gagal merespons terapi HFNC (Elshazly, 2025). Penelitian lain juga mendukung dengan hasil bahwa HFNC dapat menjadi alternatif yang baik untuk oksigen standar dan NIV sebagai pengobatan untuk pasien dengan gagal napas akut hipoksemik dengan efek pada FiO_2 yang tinggi, efek PEEP, dan pembersihan ruang mati menyebabkan penurunan kerja pernapasan dan menghindari ketegangan paru-paru (Frat et al., 2017). Terapi oksigen HFNC, bentuk dukungan pernapasan lainnya, memberikan gas campuran berkecepatan tinggi pada suhu dan tingkat kelembaban yang sesuai melalui kanula hidung khusus, meningkatkan oksigenasi pada pasien. Selain itu, bukti mendukung HFNC sebagai pilihan yang layak untuk pasien hiperkapnia stabil dan rentan eksaserbasi dengan PPOK. NIV dan HFNC sama-sama memberikan hasil terapi yang menguntungkan bagi pasien dengan PPOK dan CAP (Ji et al., 2025).

Pada penelitian ini, penggunaan NIV terjadi peningkatan signifikan PaO_2 pada 2, 24, 48 dan 72 jam pasca terapi oksigen dibandingkan awal penggunaan sedangkan pada HFNC terjadi peningkatan PaO_2 dibandingkan awal penggunaan terapi oksigen namun tidak signifikan. PaO_2 pasien yang menggunakan NIV lebih tinggi daripada HFNC. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa PaO_2 tertinggi diperoleh pada pasien dengan NIV (129 ± 38 mmHg) dibandingkan dengan HFNC (101 ± 34 mmHg). Hasil ini dapat dijelaskan karena PaO_2 adalah satu-satunya parameter pertukaran gas yang secara signifikan dipengaruhi oleh jenis aplikator oksigen meskipun FiO_2 identik. PaO_2 lebih tinggi pada pasien dengan NIV karena PEEP 5 cm H_2O dapat menyebabkan rekrutmen alveolar dan pengurangan shunt intrapulmoner (Schwabbauer et al., 2014).

Pada penelitian ini, pada 2, 24, 48 dan 72 jam pasca penggunaan NIV dan HFNC, rata-rata SpO_2 berada di nilai normal dan SpO_2 meningkat signifikan mulai dari 24 jam pertama penggunaan dibandingkan awal pada HFNC maupun NIV. Hasil ini dapat dijelaskan bahwa pada pasien dengan gagal napas hipoksia akut ringan hingga sedang, HFNC dan NIV mampu meningkatkan PaO_2 rata-rata ke bagian atas horizontal kurva pengikatan oksigen, sehingga saturasi oksigen arteri rata-rata (SpO_2) normal sebesar 95% dapat dicapai. Hal tersebut sekaligus menjelaskan alasan bahwa parameter kardiorespirasi terukur lainnya (RR, PCO_2) tidak berbeda signifikan pada 2 jam pasca penggunaan kedua terapi oksigen tersebut (Schwabbauer et al., 2014).

Pada penelitian ini, ROX indeks meningkat dari waktu ke waktu pasca penggunaan HFNC dimana rata-rata nilai ROX indeks sebesar 4,56 pada 0 jam, sebesar 4,69 pada 2

jam, sebesar 4,94 pada 24 jam, sebesar 5,73 pada 48 jam dan sebesar 7,41 pada 72 jam penggunaan HFNC. Pada penelitian (Roca et al., 2018) melaporkan bahwa nilai ROX indeks $\geq 4,88$ pada 2, 6, dan 12 jam pasca penggunaan HFNC berhubungan dengan keberhasilan terapi tanpa kebutuhan intubasi, sedangkan nilai ROX indeks $< 3,85$ berhubungan dengan risiko tinggi kegagalan HFNC dan kebutuhan ventilasi invasif. Nilai antara 3,85–4,87 dianggap sebagai zona intermediate sehingga pasien memerlukan pemantauan ketat dan evaluasi berkala terhadap respons terapi. Sementara itu, pada penelitian lain melaporkan bahwa ROX indeks $< 4,58$ pada inisiasi HFNC dan $< 6,06$ pada 1 jam setelah inisiasi HFNC memprediksi kegagalan HFNC dengan spesifisitas 80% (Li et al., 2022). Pada penelitian (Lee et al., 2021) menyatakan bahwa nilai ROX indeks $> 8,7$ pada 2 jam, $> 8,7$ pada 6 jam, dan $> 10,4$ pada 12 jam setelah terapi HFNC semuanya merupakan prediktor yang bermakna untuk keberhasilan HFNC pada pasien yang telah diekstubasi. Dengan demikian, pada penelitian ini, meskipun nilai cut off dari ROX indeks belum mencapai sebagaimana laporan penelitian sebelumnya, namun adanya tren peningkatan progresif ROX indeks dari 2 jam hingga 72 jam mengindikasikan adanya perbaikan respirasi yang bermakna dan keberhasilan terapi yang tinggi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa HACOR score menurun dari waktu ke waktu pasca penggunaan NIV dimana rata-rata nilai HACOR score sebesar 4,61 pada 0 jam, sebesar 2,57 pada 2 jam, sebesar 2,15 pada 24 jam, sebesar 1,61 pada 48 jam dan sebesar 1,54 pada 72 jam penggunaan NIV. Pada penelitian (Ding et al., 2021) menyatakan bahwa HACOR indeks sebesar 7 mempunyai sensitivitas 68% dan spesifisitas 61% dalam memprediksi kegagalan NIV. Setelah 1-2 jam NIV, HACOR indeks sebesar 5 mempunyai sensitivitas 90% dan spesifisitas 85% dalam memprediksi kegagalan NIV. Setelah 12 jam NIV, HACOR indeks sebesar 4 mempunyai sensitivitas 82% dan spesifisitas 91% dan setelah 24 jam NIV, HACOR indeks sebesar 2 mempunyai sensitivitas 100% dan spesifisitas 76% untuk memprediksi kegagalan NIV. Menurut penelitian (Duan et al., 2017), penurunan HACOR score setelah 1–2 jam terapi menunjukkan respons NIV yang baik. Reduksi skor > 1 poin setelah 1–2 jam berhubungan dengan keberhasilan NIV yang lebih tinggi. Pada penelitian ini terdapat penurunan HACOR indeks sebesar 2,04 pada 2 jam pasca penggunaan NIV yang mengindikasikan bahwa HIV telah berhasil dilakukan.

7.3 Durasi lama penggunaan HFNC dan NIV dalam mengatasi gagal napas akut

Pada penelitian ini diperoleh rata-rata lama penggunaan HFNC sebesar $5,15 \pm 2,89$ hari dan NIV sebesar $5,31 \pm 2,01$ hari tanpa perbedaan bermakna secara statistik. Lamanya penggunaan HFNC dan NIV di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo dan RS Universitas Hasanuddin kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik pasien sebagai rumah sakit rujukan tersier, di mana sebagian besar pasien datang dengan gagal napas akut yang

lebih berat dan kompleks, seperti pneumonia berat hingga sepsis pulmoner. Temuan ini sejalan dengan penelitian Kumar Mondal et al. (2022) yang melaporkan durasi penggunaan HFNC selama 5,1 hari dan NIV selama 6,8 hari pada pasien COVID-19 dengan gagal napas akut, di mana inflamasi paru berat menyebabkan kebutuhan dukungan ventilasi non-invasif lebih lama. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Frat et al. (2015) yang menunjukkan bahwa pasien gagal napas hipoksemik akut, terutama akibat pneumonia dan ARDS, sering membutuhkan penggunaan HFNC selama beberapa hari untuk mempertahankan oksigenasi dan mencegah kebutuhan ventilasi mekanik invasif karena proses perbaikan inflamasi paru berlangsung secara bertahap. Selain itu, terapi non-invasif umumnya tetap dipertahankan selama pasien masih menunjukkan perbaikan klinis dan belum memenuhi indikasi ventilasi mekanik invasif. Pendekatan ini bertujuan untuk mempertahankan oksigenasi dan mengurangi kerja napas, sehingga dapat menjelaskan mengapa rerata penggunaan HFNC dan NIV pada penelitian ini mencapai sekitar lima hari (Frat et al., 2015; Rochwerg et al., 2017).

7.4 Efek penggunaan HFNC dan NIV terhadap kebutuhan penggunaan ventilasi mekanik

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan ventilasi mekanik pada pasien yang menggunakan HFNC (23,1%) lebih besar daripada pasien yang menggunakan NIV (19,2%) namun tidak signifikan. Penelitian pada pasien gagal napas hipoksemik akut terkait COVID-19 dilaporkan bahwa rata-rata angka intubasi endotrakeal dengan ventilasi mekanik invasif pada NIV sebesar 20,53% dan pada HFNC sebesar 21,81% (Kumar Mondal et al., 2022). Pada penelitian lain melaporkan bahwa selama pengobatan HFNC, sebanyak 14,7% pasien memerlukan ventilasi mekanik invasif (IMV), dan sebanyak 3,7% memerlukan ventilasi mekanik non-invasif (NIMV) (İleri et al., 2022). Penggunaan NIV dinyatakan menurunkan penggunaan ventilasi mekanik (Yeung et al., 2018). Hasil serupa pada penggunaan HFNC sebagaimana dilaporkan bahwa penggunaan HFNC pada pasien PPOK stabil telah terbukti mengurangi PCO₂ dan menurunkan ventilasi mekanik serta laju pernapasan (Sun et al., 2019).

Hasil serupa dari penelitian ini dilaporkan bahwa HFNC menunjukkan kecenderungan untuk memperbaiki hasil klinis dan sama efektifnya dengan NIV dalam hal mengurangi kebutuhan intubasi pasien dewasa dengan gagal napas akut (Mohammed). Sejalan dengan penelitian ini dilaporkan bahwa pengaruh HFNC terhadap penggunaan ventilator mekanik pada pasien COVID-19 berat hingga kritis melaporkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara penggunaan HFNC dan penggunaan ventilator mekanik pada pasien COVID-19 berat hingga kritis (Firdausintika et al., 2024). Hasil sejalan penelitian ini dilaporkan bahwa kebutuhan ventilasi mekanik tidak berbeda signifikan

antara HFNC dibandingkan dengan NIV pada gagal napas hipoksemik dan hiperkapnik akut (Ali et al., 2023b). Hasil ini berimplikasi bahwa HFNC dan NIV dapat diterapkan sebagai terapi oksigen dengan efektivitas yang serupa terkait dengan kebutuhan penggunaan ventilasi mekanik.

7.5 Keterbatasan penelitian

Penelitian ini dilakukan pada dua rumah sakit di Makassar dengan jumlah sampel yang relatif kecil sehingga generalisasi hasil penelitian terhadap populasi yang lebih luas masih terbatas. Selain itu, heterogenitas diagnosis penyebab gagal napas akut, seperti pneumonia berat maupun infeksi paru lainnya, tidak dilakukan stratifikasi lebih lanjut sehingga kemungkinan dapat memengaruhi durasi penggunaan HFNC dan NIV serta respons terapi pada masing-masing kelompok pasien. Penelitian ini juga belum mengevaluasi faktor-faktor lain yang dapat memengaruhi lama penggunaan terapi non-invasif, seperti derajat keparahan penyakit, komorbid, serta tata laksana penyakit dasar selama perawatan.

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan yaitu

1. HFNC dan NIV menunjukkan efektivitas yang sama dalam meningkatkan PF Ratio, PaO₂ dan SpO₂, serta menurunkan PCO₂ dan RR pada pasien gagal napas akut. Perbaikan PCO₂ dan RR lebih cepat pada NIV dibandingkan HFNC.
2. Durasi penggunaan HFNC dan NIV mempunyai efektivitas yang sama pada pasien gagal napas akut.
3. HFNC dan NIV keduanya mampu mengurangi kebutuhan penggunaan ventilasi mekanik pada pasien gagal napas akut.

8.2 Saran

1. HFNC dapat digunakan sebagai alternatif NIV untuk terapi oksigen pada pasien gagal napas akut. Modalitas NIV dapat menjadi pilihan pada pasien gagal napas hiperkapnia.
2. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan melibatkan penelitian dengan jumlah sampel yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aflah, B., Pradian, E., Kestriani, N.D., 2023. Therapeutic Outcome of High Flow Nasal Cannula (HFNC) for Severe COVID-19 Patients in Isolation Intensive Care Unit. *Majalah Kedokteran Bandung* 55. <https://doi.org/10.15395/mkb.v55n2.2875>
- Agency for Clinical Innovation (N.S.W.), 2023. Non-invasive ventilation for patients with acute respiratory failure : clinical practice guide.
- Agmy, G., Adam, M., Hsanen, E.H.M., Mahmoud, M.A., 2022. High-flow nasal cannula versus noninvasive ventilation in the prevention of escalation to invasive mechanical ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure. *Egypt. J. Chest Dis. Tuberc.* 71, 81–87. https://doi.org/10.4103/ecdt.ecdt_12_20
- Ali, A.A.E.R., EL-Helbawy, R.H., Kharasawi, A.A. El, Eid, H.A., 2023a. Comparative study between high flow nasal cannula, high velocity nasal insufflation and noninvasive ventilation in management of acute respiratory failure. *Int. J. Health Sci. (Qassim)*. 7, 2058–2073. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v7ns1.14457>
- Ali, A.A.E.R., EL-Helbawy, R.H., Kharasawi, A.A. El, Eid, H.A., 2023b. Comparative study between high flow nasal cannula, high velocity nasal insufflation and noninvasive ventilation in management of acute respiratory failure. *Int. J. Health Sci. (Qassim)*. 7, 2058–2073. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v7ns1.14457>
- Angkoontassaneeyarat, C., Charoenphon, P., Sanguanwit, P., Yuksen, C., Seesuklom, S., 2025. Comparison of high-flow nasal oxygen therapy and noninvasive ventilation in suspected sepsis patients with acute respiratory distress in the emergency department: a retrospective cohort study. *Int. J. Emerg. Med.* 18. <https://doi.org/10.1186/s12245-025-00842-2>
- Arofah, R.N., Sudaryanto, A., 2020. LITERATURE REVIEW PENGGUNAAN HIGH FLOW NASAL CANNULA (HFNC) PADA PASIEN GAGAL NAFAS AKUT DI UNIT GAWAT DARURAT LITERATURE REVIEW OF THE USE OF HIGH FLOW CANNULA (HFNC) ON PATIENTS OF ACUTE NAFAS PATIENTS IN EMERGENCY UNIT 1*. Seminar Nasional Keperawatan “Pemenuhan Kebutuhan Dasar dalam Perawatan Paliatif pada Era Normal Baru” Tahun 2020.
- Azoulay, E., Mokart, D., Kouatchet, A., Demoule, A., Lemiale, V., 2019. Acute respiratory failure in immunocompromised adults. *Lancet Respir. Med.* 7, 173–186. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(18\)30345-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30345-X)
- Belda, F.J., Soro, M., Ferrando, C., 2013. Pathophysiology of respiratory failure. *Trends in Anaesthesia and Critical Care* 3, 265–269. <https://doi.org/10.1016/j.tacc.2013.05.003>
- Bianquis, C., De Leo, G., Morana, G., Duarte-Silva, M., Nolasco, S., Vilde, R., Tripipitsirawat, A., Viegas, P., Purenkovs, Martins Duiverman, M., 2023. Highlights from the Respiratory Failure and Mechanical Ventilation 2022 Conference. *ERJ Open Res.* 9. <https://doi.org/10.1183/23120541.00467-2022>
- Bourke, S.C., Piraino, T., Pisani, L., Brochard, L., Elliott, M.W., 2018. Beyond the guidelines for non-invasive ventilation in acute respiratory failure: implications for practice. *Lancet Respir. Med.* 6, 935–947. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(18\)30388-6](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(18)30388-6)
- Carratalá, J.M., Diaz-Lobato, S., Brouzet, B., Más-Serrano, P., Rocamora, J.L.S., Castro, A.G., Varela, A.G., Alises, S.M., 2024. Efficacy and safety of high-flow nasal cannula therapy in elderly patients with acute respiratory failure. *Pulmonology* 30, 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.pulmoe.2023.01.004>
- Carteaux, G., Haudebourg, A.F., 2025. Noninvasive ventilation in acute hypoxemic respiratory failure: What is the future? *Journal of Intensive Medicine* 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jointm.2025.01.001>
- Castillo, R.L., 2022. Hypoxemia and Respiratory Failure: Clinical Conditions and Pathophysiological Approaches. *Open Respir. Med. J.* 15, 59–60. <https://doi.org/10.2174/1874306402115010059>
- Chawla, R., Chaudhry, D., Kansal, S., Khilnani, G.C., Mani, R.K., Nasa, P., Prayag, S., Ramakrishnan, N., Sharma, R., Sidhu, U.S., Suri, J.C., 2013. Guidelines for noninvasive

- ventilation in acute respiratory failure. *Indian Journal of Critical Care Medicine* 17, 42–70. <https://doi.org/10.5005/IJCCM-17-S1-42>
- Chawla, R., Dixit, S.B., Zirpe, K.G., Chaudhry, D., Khilnani, G.C., Mehta, Y., Khatib, K.I., Jagiasi, B.G., Chanchalani, G., Mishra, R.C., Samavedam, S., Govil, D., Gupta, S., Prayag, S., Ramasubban, S., Dobariya, J., Marwah, V., Sehgal, I., Jog, S.A., Kulkarni, A.P., 2020. ISCCM guidelines for the use of non-invasive ventilation in acute respiratory failure in adult ICUS. *Indian Journal of Critical Care Medicine* 24, 61–81. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-G23186>
- Claudett, K.H.B., Rodriguez, A.E., Briones Claudett, M.H., Tejada, M.P., del Pilar Cabrera Baños, M., Daher, J.N., Bermeo, B., Grunauer, M., 2021. Non-invasive mechanical ventilation with average volume-assured pressure support. Results according to the aetiology of acute respiratory failure. *Anaesthesiol. Intensive Ther.* 53, 403–410. <https://doi.org/10.5114/ait.2021.111527>
- Colaïanni-Alfonso, N., Toledo, A., Montiel, G., Deana, C., Vetrugno, L., Castro-Sayat, M., 2025. High-flow nasal cannula versus non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease with acute-moderate hypercapnic respiratory failure: a retrospective study. *Front. Med. (Lausanne)*. 12. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1582749>
- Ding, M., Han, X., Bai, L., Huang, S., Duan, J., 2021. Impact of HACOR Score on Noninvasive Ventilation Failure in Non-COPD Patients with Acute-on-Chronic Respiratory Failure. *Canadian Respiratory Journal* 2021.
- Du, Y., Zhang, H., Ma, Z., Liu, J., Wang, Z., Lin, M., Ni, F., Li, X., Tan, H., Tan, S., Chai, Y., Zhong, X., 2023. High-Flow Nasal Oxygen versus Noninvasive Ventilation in Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Can. Respir. J.* 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/7707010>
- Duan, J., Han, X., Bai, L., Zhou, L., Huang, S., 2017. Assessment of heart rate , acidosis , consciousness , oxygenation , and respiratory rate to predict noninvasive ventilation failure in hypoxemic patients. *Intensive Care Med* 43, 192–199. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4601-3>
- Elagamy, A.E., Taha, S.S., Elfawy, D.M., 2021. High flow nasal cannula versus non- invasive ventilation in prevention of intubation in immunocompromised patient with acute hypoxemic respiratory failure. *Egypt. J. Anaesth.* 37, 432–439. <https://doi.org/10.1080/11101849.2021.1978744>
- Elshazly, M., 2025. Navigating the haze: current controversies and emerging trends in non-invasive ventilation management. *Egyptian Journal of Bronchology*. <https://doi.org/10.1186/s43168-025-00457-4>
- Ernest, V., 2020. Respiratory failure: Classification, Epidemiology and Etiology Review. *Journal La Medihealtico* 1, 15–20. <https://doi.org/10.37899/journallamedihealtico.v1i2.96>
- Firdausintika, L.R., Syafa'ah, I., Airlangga, P.S., Kriswidyatomo, P., Setiawan, H.W., Marhana, I.A., 2024. The Effect of High Flow Nasal Cannula (HFNC) on the Use of Ventilators in Severe to Critical COVID-19 Patients. *Coronaviruses* 5.
- Frat, J.P., Coudroy, R., Marjanovic, N., Thille, A.W., 2017. High-flow nasal oxygen therapy and noninvasive ventilation in the management of acute hypoxemic respiratory failure. *Ann. Transl. Med.* <https://doi.org/10.21037/atm.2017.06.52>
- Frat, J.-P., Thille, A.W., Mercat, A., Girault, C., Ragot, S., Perbet, S., Prat, G., Boulain, T., Morawiec, E., Cottureau, A., Devaquet, J., Nseir, S., Razazi, K., Mira, J.-P., Argaud, L., Chakarian, J.-C., Ricard, J.-D., Wittebole, X., Chevalier, S., Herbland, A., Fartoukh, M., Constantin, J.-M., Tonnelier, J.-M., Pierrot, M., Mathonnet, A., Béduneau, G., Delétage-Métreau, C., Richard, J.-C.M., Brochard, L., Robert, R., 2015. High-Flow Oxygen through Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *New England Journal of Medicine* 372, 2185–2196. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1503326>
- Fujishima, S., 2023. Guideline-based management of acute respiratory failure and acute respiratory distress syndrome. *J. Intensive Care* 11, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00658-3>

- Goligher, E.C., Slutsky, A.S., 2017. Not Just Oxygen? Mechanisms of Benefit from High-Flow Nasal Cannula in Hypoxemic Respiratory Failure. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 195, 9–12.
- He, Y., Zhuang, X., Liu, H., Ma, W., 2023. Comparison of the efficacy and comfort of high-flow nasal cannula with different initial flow settings in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and network meta-analysis. *J. Intensive Care* 11, 1–23. <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00667-2>
- İleri, G., Zengin, N., Bal, A., 2022. Evaluation of efficacy and failure of high flow nasal cannula therapy in paediatric emergency service and paediatric intensive care unit. *Medical Science and Discovery* 9, 243–248. <https://doi.org/10.36472/msd.v9i4.713>
- Ji, W., Zhang, X., Ji, H., Wang, C., Xu, L., 2025. Comparative study of noninvasive positive pressure ventilation and high-flow nasal cannula oxygen therapy in the treatment of patients with COPD and community-acquired pneumonia. *Medicine (United States)* 104, e41829. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000041829>
- Johnson, S., Shenoy, A., 2012. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure: a study of clinical outcome and correlates for success, *Indian Journal of Respiratory Care*.
- Karamat, A., Akram, S., Batool, H., Ambreen, A., Mustafa, T., 2024. Factors affecting the outcome of non-invasive ventilation in acute respiratory failure with acidosis and mortality in a tertiary care hospital in Pakistan. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4301652/v1>
- Kay Choong See, 2022. Approach to acute respiratory failure for frontline clinicians. *Singapore Med J* 63, 740–745.
- Kim, E.S., Lee, H., Kim, S.J., Park, J., Lee, Y.J., Park, J.S., Yoon, H. II, Lee, J.H., Lee, C.T., Cho, Y.J., 2018. Effectiveness of high-flow nasal cannula oxygen therapy for acute respiratory failure with hypercapnia. *J. Thorac. Dis.* 10, 882–888. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.01.125>
- Kumar Mondal, M., Banik, Debabrata, Faizul Hoque, A., Hassan, M., kumar sarker, S., Yeasmeen, S., Banik, Debasish, Abdul Hannan, M., 2022. Noninvasive ventilation (NIV) Vs High-flow nasal cannula (HFNC) which one is suitable for treating COVID-19 ICU Patients in a tertiary care Hospital, Dhaka, Bangladesh. 35.
- Lagina, M., Valley, T.S., 2024. Diagnosis and Management of Acute Respiratory Failure. *Crit. Care Clin.* 40, 235–253. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2024.01.002>
- Lee, H.W., Choi, S.M., Lee, J., Park, Y.S., Lee, C.H., Yoo, C.G., Kim, Y.W., Han, S.K., Lee, S.M., 2019. Reduction of PaCO₂ by high-flow nasal cannula in acute hypercapnic respiratory failure patients receiving conventional oxygen therapy. *Acute and Critical Care* 34, 202–211. <https://doi.org/10.4266/acc.2019.00563>
- Lee, Y.S., Chang, S.W., Sim, J.K., Kim, S., 2021. An Integrated Model including the ROX Index to Predict the Success of High-Flow Nasal Cannula Use after Planned Extubation: A Retrospective Observational Cohort Study. *Journal of Clinical Medicine* 10.
- Li, A., Cove, M.E., Phua, J., Puah, S.H., Ng, V., Kansal, A., Tan, Q.L., Sahagun, J.T., 2022. Expanding the utility of the ROX index among patients with acute hypoxemic respiratory failure. *PLoS ONE* 185, 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261234>
- Mahdy, E.W., El-hamid, A.M.A., Kotb, D.K., Ibrahim, E.F., 2025. Comparison between High Flow Nasal Cannula and Non- Invasive Mechanical Ventilation in the Management of Patients with Acute Respiratory Failure : a Meta-Analysis Abstract : Materials and Methods : Benha Medical Journal 42, 22–28.
- Maimaitiniyazi, Mailidan, Yisimitila, T., Maimaitiniyazi, Muyesaier, Maisuti, M., Aihaiti, A., Chenfei, Z., Nijati, Y., Nijati, M., 2025. Meta-analysis of high-flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation after invasive mechanical ventilation. *Front. Med. (Lausanne)*. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1594145>
- Marjanovic, N., Guénégan, J., Frat, J.P., Mimoz, O., Thille, A.W., 2020. High-flow nasal cannula oxygen therapy in acute respiratory failure at Emergency Departments: A systematic review. *American Journal of Emergency Medicine* 38, 1508–1514. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.04.091>
- Mas, A., Masip, J., 2014. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure. *International Journal of COPD* 9, 837–852. <https://doi.org/10.2147/COPD.S42664>

- Mirabile, V.S., Shebl, E., Sankari, A., Bracken Burns., 2023. Respiratory Failure in Adults. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Mirenayat, M.S., Ghoghghi, A., Zahiri, R., Lotfalipour, M., Fakharian, A., 2024. Comparison of High-Flow Nasal Cannula (HFNC) Oxygen Therapy and Non-Invasive Ventilation (NIV) in Patients with COVID-19: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Iranian Medical Council* 7, 127–136. <https://doi.org/10.18502/jimc.v7i1.14220>
- Mitsuyama, Y., Nakao, S., Shimazaki, J., Ogura, H., Shimazu, T., 2022. Effectiveness of high-flow nasal cannula for tracheal intubation in the emergency department. *BMC Emerg. Med.* 22. <https://doi.org/10.1186/s12873-022-00674-w>
- Monti, G., Cabrini, L., Kotani, Y., Brusasco, C., Kadralinova, A., Giardina, G., Chalkias, A., Nakhnoukh, C., Pantazopoulos, I., Oliva, F.M., Dazzi, F., Roasio, A., Baiardo Redaelli, M., Tripodi, V.F., Cucciolini, G., Belletti, A., Vaschetto, R., Maj, G., Borghi, G., Savelli, F., Boni, S., D'Amico, F., Cavallero, S., Labanca, R., Tresoldi, M., Marmiere, M., Marzaroli, M., Moizo, E., Monaco, F., Nardelli, P., Pieri, M., Plumari, V., Scandroglio, A.M., Turi, S., Corradi, F., Konkayev, A., Landoni, G., Bellomo, R., Zangrillo, A., 2025. Early noninvasive ventilation in general wards for acute respiratory failure: an international, multicentre, open-label, randomised trial. *Br. J. Anaesth.* 134, 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2024.11.023>
- Mukherjee, D., Mukherjee, R., 2023. High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in the Management of Respiratory Failure: A Review. *Cureus* 15, 1–13. <https://doi.org/10.7759/cureus.50738>
- Oczkowski, S., Ergan, B., Bos, L., Chatwin, M., Ferrer, M., Gregoretti, C., Heunks, L., Frat, J.P., Longhini, F., Nava, S., Navalesi, P., Ugurlu, A.O., Pisani, L., Renda, T., Thille, A.W., Winck, J.C., Windisch, W., Tonia, T., Boyd, J., Sotgiu, G., Scala, R., 2022. ERS clinical practice guidelines: high-flow nasal cannula in acute respiratory failure. *European Respiratory Journal* 59. <https://doi.org/10.1183/13993003.01574-2021>
- Ozer, P.K., 2023. Acute Respiratory Failure : Understanding the Signs and Indications. *Journal of Molecular Pathophysiology* 12, 1–2.
- Panetti, B., Bucci, I., Di Ludovico, A., Pellegrino, G.M., Di Filippo, P., Di Pillo, S., Chiarelli, F., Attanasi, M., Sferrazza Papa, G.F., 2024. Acute Respiratory Failure in Children: A Clinical Update on Diagnosis. *Children* 11, 1–18. <https://doi.org/10.3390/children11101232>
- Park, S.Y., 2021. High-flow nasal cannula for respiratory failure in adult patients. *Acute and Critical Care* 36, 275–285. <https://doi.org/10.4266/acc.2021.01571>
- Peng, Y., Dai, B., Zhao, H.W., Wang, W., Kang, J., Hou, H.J., Tan, W., 2022. Comparison between high-flow nasal cannula and noninvasive ventilation in COVID-19 patients: a systematic review and meta-analysis. *Ther. Adv. Respir. Dis.* 16. <https://doi.org/10.1177/17534666221113663>
- Pérez-Terán, P., Marin-Corral, J., Dot, I., Sans, S., Muñoz-Bermúdez, R., Bosch, R., Vila, C., Masclans, J.R., 2019. Aeration changes induced by high flow nasal cannula are more homogeneous than those generated by non-invasive ventilation in healthy subjects. *J. Crit. Care* 53, 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2019.06.009>
- Pintaudi, G., Cutuli, S.L., Rosà, T., Michi, T., Cardu, A., Bongiovanni, F., Antonelli, M., Grieco, D.L., 2024a. High-Flow Nasal Oxygen in Patients with Acute Hypercapnic Respiratory Failure: A Narrative Review of the Physiological Rationale and Clinical Evidence. *J. Clin. Med.* 13. <https://doi.org/10.3390/jcm13216350>
- Pintaudi, G., Cutuli, S.L., Rosà, T., Michi, T., Cardu, A., Bongiovanni, F., Antonelli, M., Grieco, D.L., 2024b. High-Flow Nasal Oxygen in Patients with Acute Hypercapnic Respiratory Failure: A Narrative Review of the Physiological Rationale and Clinical Evidence. *J. Clin. Med.* 13. <https://doi.org/10.3390/jcm13216350>
- Prasad, S., O'Neill, S., 2021. Respiratory failure. *Surgery (United Kingdom)* 39, 654–659. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2021.08.007>
- Rittayamai, N., Chuariyakul, P., Promlee, N., Chailard, P., Chierakul, N., Brochard, L., 2021. High-flow nasal cannula for patients with acute respiratory failure treated in a general medical ward: A prospective cohort study. *Journal of the Medical Association of Thailand* 104, 1179–1186. <https://doi.org/10.35755/jmedassocthai.2021.07.12689>

- Roca, O., Caralt, B., Messika, J., Samper, M., Sztrymf, B., Hernández, G., García-de-Acila, M., Frat, J.-P., Masclans, J.R., Ricard, J.-D., 2018. An index combining respiratory rate and oxygenation to predict outcome of nasal high flow therapy. *American Thoracic Society* 1–52.
- Roca, O., Li, J., Mauri, T., 2024. High-flow nasal cannula: evolving practices and novel clinical and physiological insights. *Intensive Care Med.* 50, 758–761. <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07386-8>
- Rochwerg, B., Brochard, L., Elliott, M.W., Hess, D., Hill, N.S., Nava, S., Navalesi, P., Antonelli, M., Brozek, J., Conti, G., Ferrer, M., Garpestad, E., Girault, C., Hough, C.L., Mehta, S., Members Of The Task Force and Official ERS/ATS Clinical Practice Guidelines Committee (2017) 'Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure', *European Respiratory Journal*, 50(2), p. 1602426.
- Romero-Dapuerto, C., Budini, H., Cerpa, F., Caceres, D., Hidalgo, V., Gutiérrez, T., Keymer, J., Pérez, R., Molina, J., Giugliano-Jaramillo, C., 2015. Pathophysiological Basis of Acute Respiratory Failure on Non-Invasive Mechanical Ventilation. *Open Respir. Med. J.* 9, 97–103.
- Sadigov, A., Hacıyeva, F., Khoshbonyani, P., Mirzayeva, V., Sadigova, T., 2021. Clinical Characteristics and Outcomes of ICU Admitted Patients with COVID-19: Analysis of University Hospital Data. *Pulmonology and Respiratory Medicine* 6, 27–35.
- Scala, R., Heunks, L., 2018. Highlights in acute respiratory failure. *European Respiratory Review* 27, 8–11. <https://doi.org/10.1183/16000617.0008-2018>
- Schwabbauer, N., Berg, B., Blumenstock, G., Haap, M., Hetzel, J., Riessen, R., 2014. Nasal high-flow oxygen therapy in patients with hypoxic respiratory failure: Effect on functional and subjective respiratory parameters compared to conventional oxygen therapy and non-invasive ventilation (NIV). *BMC Anesthesiol.* 14. <https://doi.org/10.1186/1471-2253-14-66>
- Setiafadi, R.A., Nida, N.A., 2024. The Analysis Study of Comparison of High Flow Nasal Cannula versus Conventional Oxygen Therapy and Non Invasive Ventilation in Adults with Acute Hypoxemic Respiratory Failure : A Comprehensive Systematic Review. *African Journal of Biological Science* 6, 11701–11715. <https://doi.org/10.48047/AFJBS.6.14.2024.11701-11715>
- Summers, C., Todd, R.S., Vercruysse, G.A., Moore, F.A., 2020. Acute Respiratory Failure. *Journal GEEJ* 7.
- Sun, J., Li, Y., Ling, B., Zhu, Q., Hu, Y., Tan, D., Geng, P., Xu, J., 2019. High flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease with acute-moderate hypercapnic respiratory failure: An observational cohort study. *International Journal of COPD* 14, 1229–1237. <https://doi.org/10.2147/COPD.S206567>
- Tan, D., Walline, J.H., Ling, B., Xu, Y., Sun, J., Wang, B., Shan, X., Wang, Y., Cao, P., Zhu, Q., Geng, P., Xu, J., 2020. High-flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease patients after extubation: a multicenter, randomized controlled trial. *Crit. Care* 24, 489. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.07.012>
- Tan, D., Wang, B., Cao, P., Wang, Yunyun, Sun, J., Geng, P., Walline, J.H., Wang, Yachao, Wang, C., 2024. High flow nasal cannula oxygen therapy versus non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease with acute-moderate hypercapnic respiratory failure: a randomized controlled non-inferiority trial. *Crit. Care* 28. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-05040-9>
- Wang, Chen, He, H., Sun, B., Liang, L., Li, Yanming, Wang, He, Wei, L., Li, G., Guo, S., Duan, J., Li, Yuping, Zhou, Y., Chen, Y., Li, Hongru, Yang, J., Xu, X., Song, L., Chen, J., Bao, Y., Chen, F., Wang, P., Ji, L., Zhang, Y., Ding, Y., Chen, L., Wang, Y., Yang, L., Yang, T., Weng, H., Li, Hongyan, Wang, D., Tong, J., Sun, Y., Li, R., Jin, F., Li, C., He, B., Sun, L., Wang, Changzheng, Hu, M., Yang, X., Luo, Q., Zhang, J., Tan, H., Liu, B., Hong, R., Yao, X., Lu, F., Wang, Hui, Wang, L., Tian, H., Wu, Y., Huang, X., Sun, M., Liang, Z., Lin, X., Deng, W., Xu, J., Nan, Y., Shen, N., Li, M., 2019. A multicenter RCT of noninvasive ventilation in pneumonia-induced early mild acute respiratory distress syndrome. *Crit. Care* 23. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2575-6>

- Xu, R., Shao, Z., 2024. High flow nasal cannula versus non-invasive ventilation in the treatment of acute exacerbations of COPD with acute-moderate hypercapnic respiratory failure. *Crit. Care* 28, 313. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-05094-9>
- Yeung, J., Couper, K., Ryan, E.G., Gates, S., Hart, N., Perkins, G.D., 2018. Non-invasive ventilation as a strategy for weaning from invasive mechanical ventilation: a systematic review and Bayesian meta-analysis. *Intensive Care Med.* <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5434-z>
- Zhong, Z., Zhao, L., Zhao, Y., Li, R., Xia, S., 2025. Comparison of clinical outcomes between high-flow nasal cannula and non-invasive ventilation in acute exacerbation of COPD: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Pulm. Med.* 25. <https://doi.org/10.1186/s12890-025-03873-w>



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS KEDOKTERAN
KOMITE ETIK PENELITIAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
RSPTN UNIVERSITAS HASANUDDIN

RSUP Dr. WAHIDIN SUDIROHUSODO MAKASSAR

Sekretariat : Lantai 2 Gedung Laboratorium Terpadu
JL. PERINTIS KEMERDEKAAN KAMPUS TAMALANREA KM.10 MAKASSAR 90245.

Contact Person: dr. Agusallim Bukhari, MMed, PhD, SpGK TELP. 081241850858, 0411 5780103, Fax : 0411-581431



REKOMENDASI PERSETUJUAN ETIK

Nomor : 761/UN4.6.4.5.31/ PP36/ 2025

Tanggal: 3 Oktober 2025

Dengan ini Menyatakan bahwa Protokol dan Dokumen yang Berhubungan Dengan Protokol berikut ini telah mendapatkan Persetujuan Etik :

No Protokol	UH25080632		No Sponsor	
Peneliti Utama	dr. Syaiful Islam		Sponsor	
Judul Peneliti	Perbandingan Efektivitas High-Flow Nasal Cannula (HFNC) dan Non-Invasive Ventilation (NIV) pada Pasien dengan Gagal Napas Akut.			
No Versi Protokol	1	Tanggal Versi	22 Agustus 2025	
No Versi PSP	1	Tanggal Versi	22 Agustus 2025	
Tempat Penelitian	RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS Jejaring Makassar			
Jenis Review	☐ Exempted ☒ Expedited ☐ Fullboard Tanggal		Masa Berlaku 3 Oktober 2025 sampai 3 Oktober 2026	Frekuensi review lanjutan
Ketua KEP Universitas Hasanuddin	Prof. dr. Muh Nasrum Massi, PhD, SpMK, Subsp. Bakt(K)		Tanda tangan	
Sekretaris KEP Universitas Hasanuddin	Prof. dr. Firdaus Hamid, PhD, SpMK(K)		Tanda tangan	

Kewajiban Peneliti Utama:

- Menyerahkan Amandemen Protokol untuk persetujuan sebelum di implementasikan
- Menyerahkan Laporan SAE ke Komisi Etik dalam 24 jam dan dilengkapi dalam 7 hari dan Lapor SUSAR dalam 72 jam setelah Peneliti Utama menerima laporan
- Menyerahkan Laporan Kemajuan (progress report) setiap 6 bulan untuk penelitian resiko tinggi dan setiap setahun untuk penelitian resiko rendah
- Menyerahkan laporan akhir setelah Penelitian berakhir
- Melaporkan penyimpangan dari protokol yang disetujui (protocol deviation / violation)
- Mematuhi semua peraturan yang ditentukan

CURICULUM VIATE

1. DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Syaiful Islam
Tempat tanggal lahir : Ujung Pandang, 30 Agustus 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Kewarganegaraan : Warga Negara Indonesia
Agama : Islam
Alamat : Komp. Dosen Unhas EC 10 Tamalanrea, Makassar
Email : syaifulpendokunhas@gmail.com

2. RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Jenjang Pendidikan	Institusi	Tahun	Tempat
1	SD	SD Inpres Kampus Unhas	2002-2008	Makassar
2	SMP	SMPN 12 Makassar	2008-2011	Makassar
3	SMA	SMAN 2 Tinggimoncong	2011-2014	Gowa
4	S1 & PROFESI	FK Universitas Hasanuddin Makassar	2014-2019	Makassar
5	PPDS	Departemen Ilmu Anestesi, Terapi Intensif dan Manajemen Nyeri FK Universitas	2022-2026	Makassar