

## Literature Review : Perbandingan Nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> Pada Pasien Kritis Terpasang Ventilasi Mekanik

Tri Gunarti<sup>1</sup>, Tintin Sukartini<sup>2</sup>, Syafaatun Mirzanah<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Fakultas Keperawatan, Universitas Airlangga,

<sup>3</sup>RSUP Dr. Kariadi Semarang

E-mail : trigunarti1007@gmail.com

### ABSTRACT

*Monitoring carbon dioxide in patients on mechanical ventilation is crucial for critical care nurses. Monitoring the value of arterial carbon dioxide pressure involves invasive arterial blood gas analysis. Monitoring end-tidal carbon dioxide pressure using capnography is a non-invasive method. This study aims to compare end-tidal carbon dioxide values with arterial carbon dioxide pressure in mechanically ventilated patients. The research design is a literature review. Searches were conducted through Scopus, ScienceDirect, ProQuest, and PubMed from 2018 to 2023. The Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses flowchart method was used to select articles. The Critical Appraisal Skills Programme was used to assess article quality. Out of 79 articles, nine articles met the criteria. The procedures for collecting end-tidal carbon dioxide pressure and arterial carbon dioxide pressure data varied in terms of instrument types used and the subjects studied. There was no significant difference in carbon dioxide values between the end-tidal carbon dioxide and arterial carbon dioxide pressure methods. The agreement in comparing carbon dioxide values was acceptable. Measuring end-tidal carbon dioxide pressure has the potential to monitor mechanically ventilated patients, reducing the need for invasive monitoring, high costs, and repetitive arterial blood gas analysis.*

*Keywords : arterial pressure of carbon dioxide, end-tidal carbon dioxide, mechanical ventilation.*

### ABSTRAK

Pemantauan karbon dioksida pada pasien dengan ventilasi mekanik penting dilakukan oleh perawat kritis. Pemantauan nilai tekanan arteri karbon dioksida menggunakan analisis gas darah arteri dilakukan secara invasif. Pemantauan *end tidal* karbon dioksida menggunakan kapnografi dilakukan secara non invasif. Studi ini bertujuan untuk membandingkan nilai tekanan *end tidal* karbon dioksida dan tekanan arteri karbon dioksida pada pasien terpasang ventilasi mekanik. Desain penelitian adalah tinjauan literatur. Pencarian dilakukan melalui database Scopus, Sciencedirect, Proquest dan PubMed dari 2018 hingga 2023. Metode diagram alur *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* digunakan untuk memilih artikel. *Critical Appraisal Skills Programme* digunakan untuk penilaian kualitas artikel. Dari 79 artikel, sembilan artikel sesuai kriteria. Prosedur pengumpulan data tekanan *end tidal* karbon dioksida dan tekanan arteri karbon dioksida diperoleh dengan metode yang bervariasi jenis instrumen yang digunakan dan responden yang diteliti. Nilai karbon dioksida antara metode tekanan *end tidal* karbon dioksida dan tekanan arteri karbon dioksida tidak ada perbedaan yang signifikan. Kesepakatan perbandingan nilai karbon dioksida dapat diterima. Pengukuran tekanan *end tidal* karbon dioksida berpotensi untuk memantau pasien dengan ventilasi mekanis sehingga mengurangi kebutuhan akan pemantauan invasif, biaya tinggi, dan analisis gas darah arteri berulang.

Kata kunci : *arterial pressure of carbon dioxide, end-tidal carbon dioxide, ventilasi mekanik*

## PENDAHULUAN

Pemantauan analisa gas darah (AGD) pasien merupakan bagian penting dari rutinitas merawat pasien dengan ventilasi mekanik untuk menentukan keseimbangan asam-basa dan tingkat oksigenasi. Nilai yang diobservasi adalah PH, tekanan arterial karbon dioksida ( $\text{PaCO}_2$ ), asam bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ), tekanan arterial oksigen ( $\text{PaO}_2$ ). Salah satu komplikasi pemakaian ventilasi mekanik adalah ketidakseimbangan asam-basa, hiperkapnia atau hipokapnia. Monitor hasil AGD adalah cara mengatasi komplikasi tersebut (Guide, 2014). Parameter karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) memberikan informasi penting tentang hemodinamik makro dan mikro selama fase awal shock, bahkan ketika variabel oksigen telah dikoreksi. Perubahan  $\text{CO}_2$  terjadi lebih cepat daripada perubahan kadar laktat, sehingga parameter  $\text{CO}_2$  dijadikan sebagai alat pemantauan selama tahap awal resusitasi (Cecconi, Backer and Pinsky, 2019). Pemantauan kadar karbon dioksida akan membantu menurunkan morbiditas dan mortalitas pada pasien bedah berisiko tinggi yang mengalami komplikasi paru pasca operasi (Huff and Shelton, 2019). Masalah ventilasi yang terkait dengan ventilasi tekanan positif dapat menyebabkan hipoventilasi dan hiperventilasi. Hiperventilasi yang diinduksi pasien sering dikaitkan dengan hipoksemia, sindrom nyeri dan kecemasan, kegagalan sirkulasi, dan peradangan saluran napas. Hipoventilasi akan menghasilkan peningkatan

$\text{PaCO}_2$ . Evaluasi tanda dan gejala klinis, dan analisis AGD, diperlukan untuk mengatasi masalah (Cairo, 2020). Pengukuran  $\text{PaCO}_2$  merupakan hasil analisa gas darah yang didapatkan dari pengambilan sampel darah arteri secara invasif. Gas darah arteri sangat penting untuk penilaian pasien dengan kondisi kritis (Ekström *et al.*, 2019).

Pengambilan sampel darah arteri bisa dilakukan secara langsung dengan melakukan penusukan pada pembuluh darah arteri atau menggunakan kateter arteri. Pada pasien yang tidak terpasang kateter arteri akan dilakukan penusukan pembuluh darah arteri berulang kali yang menyebabkan nyeri, dan perdarahan (Dev, S.P., Hillmer, M.D., Ferri, 2011). Pemeriksaan AGD meningkatkan kualitas pengobatan yang diberikan kepada pasien akut penyakit kritis (Zwisler *et al.*, 2019). Pemantauan  $\text{PetCO}_2$  sebagai pengukuran karbon dioksida arteri ( $\text{PaCO}_2$ ) noninvasif adalah alat yang baik untuk penilaian dan pengelolaan pasien dengan ventilasi mekanis. Pengukuran  $\text{PetCO}_2$  memberikan estimasi  $\text{PaCO}_2$  yang akurat dalam ventilasi dan penyapihan yang dapat mengurangi kebutuhan invasif, biaya tinggi dan analisis gas darah arteri berulang (Zoair, Ewis and Ezzat, 2019). Penggunaan kapnografi untuk memantau  $\text{etCO}_2$  secara signifikan meningkatkan keselamatan pasien dan kualitas perawatan. Pedoman Inggris dan Eropa merekomendasikan bahwa semua pasien

Intensive Care Unit (ICU) yang bergantung pada jalan napas buatan harus menggunakan kapnografi terus menerus, dan penggunaannya di Inggris menjadi lebih sering (Kerslake and Kelly, 2017).

Beberapa studi menunjukkan keunggulan pemantauan PetCO<sub>2</sub> sebagai monitor CO<sub>2</sub> secara noninvasif. Peran perawat kritis diantaranya mempunyai kompetensi memonitor hemodinamik pasien terpasang ventilasi mekanik yaitu oksigenasi dan ventilasi. Tujuan dari literatur review ini adalah membandingkan nilai CO<sub>2</sub> dari hasil PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> pada pasien terpasang ventilasi mekanik sehingga bisa dijadikan landasan intervensi keperawatan dalam memonitor hemodinamik non invasif khususnya tren PetCO<sub>2</sub> pada pasien terpasang ventilasi mekanik.

## METODE PENELITIAN

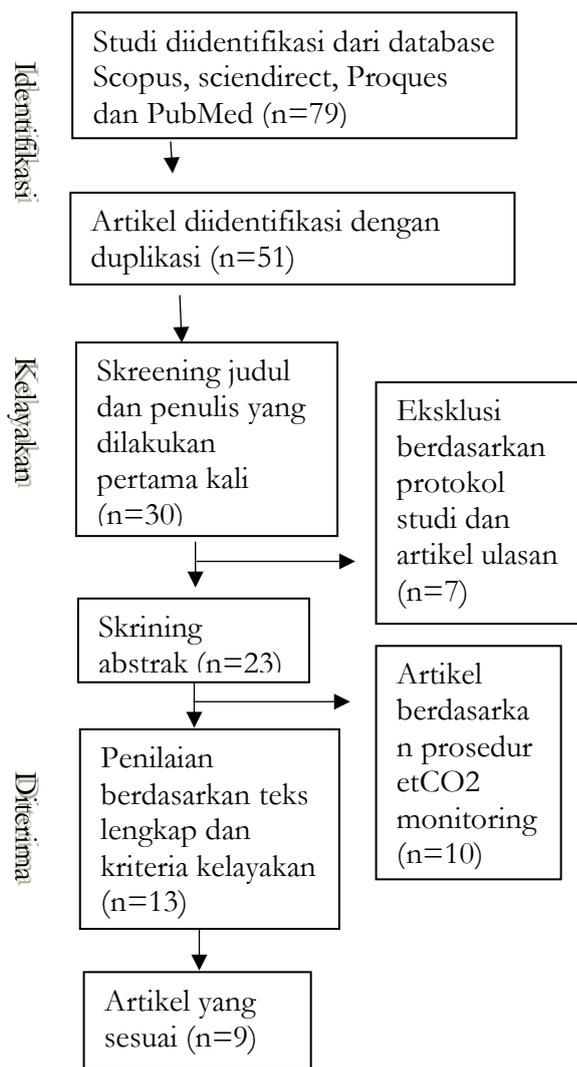
Desain penelitian yang digunakan adalah literatur review. Pencarian dilakukan melalui Scopus, sciendirect, Proques dan PubMed dari 2018 hingga 2023 untuk artikel penelitian teks lengkap berbasis bahasa Inggris sementara kata kunci menggunakan etCO<sub>2</sub>, PetCO<sub>2</sub>, kapnometer, mainstream, sidestream, kapnografi, transkutan, PaCO<sub>2</sub>, ventilasi mekanis. Metode diagram alur PRISMA digunakan untuk memilih artikel (Pati and Lorusso, 2018). Penulis menentukan kriteria inklusi didasarkan pada kerangka kerja PICO

(*Population*: pasien dengan gangguan ventilasi, *Intervention*: pemantauan nilai PetCO<sub>2</sub>, *Comparison*: nilai PaCO<sub>2</sub>, *Outcome*: Tidak ada perbedaan yang signifikan antara nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub>, penelitian RCT ditemukan minimal bias dibandingkan cohort). Sedangkan kriteria eksklusi adalah penelitian yang berupa protokol studi dan artikel ulasan. Instrumen yang digunakan untuk penilaian kualitas adalah Critical Appraisal Skills Programe Tools (CASP, 2018).

## HASIL

Data yang ditemukan dari hasil telusur: 18 Scopus, 17 sciendirect, 25 Proquest dan 19 PubMed. Ada 51 artikel yang teridentifikasi dengan duplikasi, 30 judul dan penyaringan penulis, 23 penyaringan abstrak, 13 di antaranya dikeluarkan dan 9 artikel dimasukkan (Lihat Gambar 1). Dari kesembilan artikel tersebut, instrumen yang digunakan untuk memonitor PetCO<sub>2</sub> berbeda-beda. Rangkuman kajian atau ekstraksi data ada pada gambar 1.

Total partisipan dalam tinjauan ini adalah 1193 pasien. Studi dilakukan di Cina (16.7%), Mesir (4.2%), Jepang (5.1%), Argentina (23.2%), Turki (14.6%), Perancis (6.8%), Inggris (12.6%) dan Iran (16.7%). Penelitian dilakukan di ICU, *Neonatus Intensive Care Unit* (NICU), ruang operasi, *Pediatrik Intensive Care Unit* (PICU), *Post Anaesthesia Care Unit* (PACU).

Gambar 1. PRISMA *flow chart*

Ada kesamaan dan perbedaan prosedur pemantauan PetCO<sub>2</sub> di antara semua penelitian. Kemiripan tersebut dibandingkan PetCO<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dari AGD. Semua penelitian memiliki perbedaan cara memantau PetCO<sub>2</sub> pada pasien. Pasien dalam kelompok eksperimen menerima pemantauan standar dan PetCO<sub>2</sub> selama operasi pengangkatan tumor atau kanker payudara (lumpektomi) dengan sedasi berbasis propofol dan berbasis sufentanil (Li *et al.*, 2018). Kapnografi digunakan selama pasien dengan ventilasi mekanis invasif dengan gagal napas akut atau kronis (Zoair, Ewis and Ezzat, 2019). Studi membandingkan dua metode pemantauan PetCO<sub>2</sub> (metode lama dan metode baru) pada pasien selama dipasang NIV. Metode lama menggunakan kapnografi *sidestream* dengan *nasal prong and oral scoop* sedangkan metode baru menggunakan kapnografi *mainstream NPPV cap ONE mask*. Nilai etCO<sub>2</sub> dibandingkan dengan PaCO<sub>2</sub> dari AGD (Sakuraya *et al.*, 2022)

Tabel 1 Ringkasan Penelitian

Peneliti	Desain penelitian	Responden	N	Intervensi	Kelompok kontrol	Janis kapnografi	Hasil
(Li <i>et al.</i> , 2018)	Randomised controlled study	Pasien yang menjalani operasi lumpektomi payudara (188)	200	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Pemantauan sesuai standar RS tanpa kapnografi	Kombinasi nasal kanul dan kapnografi	Pengukuran nilai PetCO <sub>2</sub> dan PaCO <sub>2</sub> lebih dari 0.27 to 0.67 kPa (2-5 mmHg)

(Zoair, Ewis and Ezzat, 2019)	Randomised controlled study	Pasien gagal nafas akut dan kronik dengan ventilasi mekanik (50)	50	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Tidak ada kelompok kontrol	Kapnografi <i>side stream</i>	Pengukuran PaCO <sub>2</sub> bervariasi sekitar 2-7 mmHg di atas nilai etCO <sub>2</sub>
(Sakuraya <i>et al.</i> , 2022)	Randomized open-label, crossover trial	Pasien yang menerima ventilasi mekanis, yang dianggap berisiko tinggi mengalami kegagalan napas pasca ekstubasi dan direncanakan untuk NIV setelah ekstubasi, diskriming (60)	60	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Tidak ada kelompok kontrol	Kapnografi <i>sidestream</i> dan kapnografi <i>mainstream</i> dan	Selisih nilai pada metode dengan <i>Sidestream</i> kapnografi 5.22–7.23 mmg sedangkan pada metode <i>Mainstream</i> kapnografi 2.7-7 mmHg
(Sosa <i>et al.</i> , 2022)	Cross-sectional study	Pasien dengan ventilasi mekanik (83)	277	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Tidak ada kelompok kontrol	Kapnografi <i>mainstream</i>	Selisih nilai PetCO <sub>2</sub> dan PaCO <sub>2</sub> lebih dari 0.1-5 mmHg. Ada beberapa pasien dengan perbedaan >5mmHg disebabkan gangguan paru.
(Potvin <i>et al.</i> , 2021)	Randomized controlled study	Pasien terintubasi dengan laringoskop atau Laryngeal mask airway (LMA) (48)	48	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Pemantauan sesuai standar RS tanpa kapnografi	Kapnografi	Hasil utama adalah deteksi dini hiperkapni dengan nilai PetCO <sub>2</sub> > 45 mm Hg di PACU. Nilai normal PetCO <sub>2</sub> 35-45 mmHg.

(Duyu <i>et al.</i> , 2020)	Prospective cohort, single-center comparative study	Anak-anak berusia antara 1 bulan sampai 17 tahun yang telah diintubasi dengan cuffed ETT dengan ventilasi mekanik (174)	174	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Tidak ada kelompok kontrol	Kapnomet er <i>mainstream</i> dan <i>microstream</i>	Selisih nilai PetCO <sub>2</sub> dan PaCO <sub>2</sub> $2.9 \pm 8.4$ mm Hg, sedangkan selisih nilai >9mmHg pada pasien dengan penyakit paru berat.
(Williams <i>et al.</i> , 2022)	Prospective study (cohort)	Bayi baru lahir yang membutuhkan ventilasi mekanis dalam 28 hari pertama setelah kelahiran (138)	150	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Tidak ada kelompok kontrol	Kapnografi <i>microstream</i> <i>sidestream</i> <i>filterlineHset</i>	Signifikan antara kadar PaCO <sub>2</sub> darah dan end-tidalCO <sub>2</sub> sebesar 4,8 mmHg.
(Bilehji <i>et al.</i> , 2018)	Prospective cohort, single-center cross-sectional study	Anak-anak (usia <12 tahun) untuk operasi jantung korektif atau paliatif (200)	200	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Tidak ada kelompok kontrol	Kapnografi <i>mainstream</i>	Pada pasien dengan fungsi kardiopulmoner normal, selisih nilai PetCO <sub>2</sub> dan PaCO <sub>2</sub> 1-5. Tetapi pada kondisi jantung paru yang abnormal selisih nilai bisa mencapai 11.84
(Salomé <i>et al.</i> , 2021)	Prospective cohort	Pasien COVID-19 (7) dan pasien operasi kanker dengan anestesi (27)	34	Penambahan monitor EtCO <sub>2</sub>	Tidak ada kelompok kontrol	Kapnografi <i>sidestream</i>	Selisih nilai PetCO <sub>2</sub> dan PaCO <sub>2</sub> $+5.7 \pm 3.4$ mm Hg pada pasien covid $6.0 \pm 3.8$ mmHg dan $4.5 \pm 3.8$ mmHg pada pasien operasi kanker dalam pengaruh anestesi PetCO <sub>2</sub> normo 35 - 45 mm Hg (30-35 masih dikatakan normocapnia



6	Duyu, Muhterem Bektas, et al. 2020	√	√	√	√		√	√	√	√
7	Williams, Emma Bednarczuk, et al. 2022	√	√	√	√	√	√	√	√	√
8	Bilehjani, Eissa Fakhari, et al. 2018	√	√	√		√	√	√	√	√
9	Salomé <i>et al.</i> , 2021	√	√	√	√	√	√	√	√	√

## PEMBAHASAN

Analisis CASP dari artikel-artikel yang diambil menyatakan bahwa artikel tersebut valid untuk dijadikan referensi terkait pemantauan PetCO<sub>2</sub>. Metode pengambilan data dari artikel-artikel tersebut relative bervariasi jenis instrumen yang digunakan dan responden yang diteliti. Pasien kritis yang terpasang ventilasi mekanik sangat penting dilakukan monitor oksigenasi dan ventilasi yang biasa didapatkan dari hasil analisa gas darah. Pemantauan hemodinamik pada pasien di ruang ICU dilakukan secara kontinu oleh perawat kritis. Nilai oksigenasi bisa dilihat dari saturasi oksigen sedangkan nilai ventilasi bisa dimonitor dari nilai *end tidal* karbon dioksida. Pemantauan PetCO<sub>2</sub> juga dikenal sebagai kapnografi, mengacu pada pengukuran non-invasif dari tekanan parsial karbon dioksida (PaCO<sub>2</sub>) selama siklus pernapasan (Long, Koyfman and Vivirito, 2017). Kapnografi

memberikan informasi tentang tren dan efisiensi ventilasi dan perfusi, tetapi penggunaannya dalam menentukan nilai absolut untuk PaCO<sub>2</sub> terbatas (Kerslake and Kelly, 2017).

### Instrumen dan Prosedur Pemantauan CO<sub>2</sub>

Kapnografi terutama digunakan di ruang operasi, gawat darurat, dan pengaturan perawatan kritis (Long, Koyfman and Vivirito, 2017). Pemantauan PetCO<sub>2</sub> dilakukan pada pasien lumpektomi dengan sedasi berbasis propofol dan berbasis sufentanil. Pemantauan PetCO<sub>2</sub> dilakukan dengan menggunakan kanula hidung gabungan, satu sisi digunakan untuk mengambil sampel CO<sub>2</sub> untuk pengukuran PetCO<sub>2</sub>, sedangkan sisi lainnya mengalirkan oksigen aliran rendah. Kanula ini dirancang untuk mengambil sampel napas ekspirasi dari cabang hidung untuk pengukuran

CO<sub>2</sub> secara terus menerus selama pengiriman oksigen. Perangkat ini dapat memantau tingkat CO<sub>2</sub> yang dihembuskan secara real time selama operasi dan menghasilkan nilai EtCO<sub>2</sub> yang konsisten dan dapat diandalkan (Li *et al.*, 2018). Kapnografi adalah perangkat pemantauan penting untuk pasien pasca operasi di unit perawatan intensif yang menerima sedasi/analgesia, pasien dengan riwayat penyakit pernapasan, dan lain-lain (Huff and Shelton, 2019). Penelitian telah menunjukkan bahwa kapnografi volume dapat memberikan informasi prognostik penting pada pasien dengan ARDS dan bahwa PetCO<sub>2</sub> tidak boleh digunakan sebagai pengganti PaCO<sub>2</sub> pada pasien dengan ventilasi mekanis (Articles, 2019). Pemantauan PetCO<sub>2</sub> dilakukan dengan TECME Graph Net neo neonatal ventilator dengan sensor CO<sub>2</sub> end-tidal panjang gelombang ganda arus utama yang terintegrasi. Yang mana alat ini hanya digunakan pada pasien neonates. PetCO<sub>2</sub> dicatat dan dibandingkan dengan nilai yang diperoleh di laboratorium (PCO<sub>2</sub> arteri, vena, atau kapiler) untuk menghitung gradien PetCO<sub>2</sub>-PaCO<sub>2</sub> (Sosa *et al.*, 2022). Perbandingan dua metode pemantauan PetCO<sub>2</sub> yaitu metode pemantauan sidestream dan metode pemantauan mainstream pada pasien selama dipasang NIV. Nilai PetCO<sub>2</sub> tertinggi dalam satu menit pengumpulan sampel gas darah dicatat. Kesepakatan adalah hasil antara pengukuran PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> yang dilakukan oleh kedua metode tersebut

(Sakuraya *et al.*, 2022). CO<sub>2</sub> di udara pasien yang dihembuskan dipantau secara bersamaan dengan kapnometer mainstream (Mainstream EtCO<sub>2</sub>; Philips Capnostat M25O1A, Jerman) dan microstream (Microstream EtCO<sub>2</sub>; Medtronic Capnostream35, USA). Analisis AGD, nilai mainPetCO<sub>2</sub> dan microPetCO<sub>2</sub> dan parameter mekanik ventilator dicatat secara bersamaan. Adaptor kapnometer diganti dengan yang baru jika terjadi penyumbatan apa pun. Metode kapnometer dianalisis menggunakan bentuk gelombang CO<sub>2</sub> ekspirasi yang stabil dan terus menerus melalui siklus ventilator, untuk memastikan keakuratan pembacaan kedua (Duyu *et al.*, 2020). Di *Post Anaesthesia Care Unit* (PACU), pasien dipantau hemodinamik non invasif salah satunya dengan kapnografi (Microcap dengan Microstream CO<sub>2</sub>, Oridion Medical Inc, Needham, MA). Pengukuran PetCO<sub>2</sub> dikumpulkan untuk setiap siklus pernapasan dan nilai rata-rata dihitung selama satu menit sebelum ekstubasi atau penghentian Laryngeal Mask Airway (LMA). Hasil utamanya adalah proporsi pasien dengan PetCO<sub>2</sub> > 45 mm Hg di PACU selama satu menit sebelum pipa endotrakeal atau penarikan LMA (Potvin *et al.*, 2021). Pemantauan kapnografi end-tidal dilakukan dengan menggunakan Microstream sidestream FilterlineHset capnograph (Phillips Medical Systems, Oridion Medical Ltd) yang ditempatkan di antara tabung endotrakeal dan pipa ventilator dan memberikan nilai kontinyu real-time dari tingkat karbon dioksida end-tidal

yang ditampilkan pada layar ventilasi. Perawat secara manual mencatat PetCO<sub>2</sub> sebagai per jam lalu didokumentasikan dalam grafik (Williams *et al.*, 2022). Kapnografi mainstream (Monitor Novamatrix CO<sub>2</sub> SMO Model 7100 ETCO<sub>2</sub> SpO<sub>2</sub>) dilakukan intra dan pasca operasi, dilanjutkan dengan ekstubasi trakea. Hanya pemantauan parameter AGD dan PetCO<sub>2</sub> dari tiga hari perawatan ICU pertama hingga period preextubation yang digunakan pasca operasi (Bilehjani *et al.*, 2018). Pemantauan PetCO<sub>2</sub> dilakukan dengan alat *sidestream* CO<sub>2</sub> sensor (*sidestream* kapnografi). Pengukuran gas darah arteri dikumpulkan sebelum setiap pengukuran *maneuver recruitment*, untuk menghitung gradien PaCO<sub>2</sub>-PetCO<sub>2</sub> dan variabel yang lain. Semua pasien terpasang kateter arteri. Karena status pernafasan dan hemodinamik pasien bervariasi dari waktu ke waktu, sehingga ada beberapa pasien yang dilakukan pengukuran pada waktu yang berbeda meskipun pasiennya sama (Salomé *et al.*, 2021)

### **Perbandingan Nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub>**

Telah diamati bahwa gradien PaCO<sub>2</sub>-PetCO<sub>2</sub> adalah lebih dari 2-5 mmHg (Li *et al.*, 2018); (Williams *et al.*, 2022); (Bilehjani *et al.*, 2018); (Salomé *et al.*, 2021). Penelitian yang lain menunjukkan bahwa selisih nilai PaCO<sub>2</sub> dan PetCO<sub>2</sub> antara 2-7 mmHg (Zoair, Ewis and Ezzat, 2019). Hasil perbandingan nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> menunjukkan rata-rata bias dan presisi  $2.9 \pm 8.4$  mm Hg, sedangkan selisih nilai >9 mmHg pada pasien dengan penyakit paru

berat (Duyu *et al.*, 2020). Perbedaan gradien nilai PaCO<sub>2</sub> dan PetCO<sub>2</sub> bervariasi tetapi tidak terlalu jauh selisih nilainya. Perbandingan nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> antar artikel bervariasi bisa disebabkan karena responden yang tidak homogen. Pada pasien bayi dan pediatrik nilai gradien hamper sama yaitu antara 2-5. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyatakan bahwa PetCO<sub>2</sub> dapat memprediksi PaCO<sub>2</sub> pada pasien pediatrik non-sianotik tetapi tidak dapat digunakan pada pasien sianosis karena gangguan kardiopulmonari (Movahedi asl *et al.*, 2023). Pada pasien dewasa gradien nilai bisa mencapai 7. Hal ini masih bisa diterima karena tidak terlalu jauh dari nilai normalnya. Diagnosa medis yang bervariasi juga menjadi penyebab gradien nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> bervariasi. Pada pasien gangguan kardiorespirasi gradien nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> terlalu tinggi (Movahedi asl *et al.*, 2023). Pada pasien pediatrik dengan operasi laparoskopi gradien nilai bisa mencapai lebih dari 11 mmHg (Abdel-Ghaffar *et al.*, 2022). Pasien COPD dipantau PetCO<sub>2</sub> karena bisa memprediksi PaCO<sub>2</sub> (Tyagi *et al.*, 2021). Pasien tanpa penyerta gangguan kardiorespirasi yang berat akan menunjukkan hasil gradien yang signifikan sesuai dengan hasil penelitian. Pengukuran nilai PetCO<sub>2</sub> ini dihasilkan dari pemasangan alat kapnografi. Sedangkan pengukuran nilai PaCO<sub>2</sub> dihasilkan dari AGD. Penelitian menyatakan kapnografi dapat meningkatkan keamanan penggunaan ventilasi mekanis dan sedasi prosedural di ruang ICU (Nassar and Schmidt, 2016). Pada pasien

dengan fungsi kardiopulmoner normal, selisih nilai PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub> 1-5. Tetapi pada kondisi jantung paru yang abnormal selisih nilai bisa mencapai 11,84. Sehingga penggunaan kapnografi tetap dikombinasikan dengan pengecekan AGD (Bilehjani *et al.*, 2018). Pada pasien bayi dengan bronkiolitis pengukuran PetCO<sub>2</sub> juga dikombinasikan dengan pemantauan AGD sehingga bisa memprediksi dekomposisi pernafasan (Vo *et al.*, 2021). Pengukuran PetCO<sub>2</sub> secara tidak langsung menurunkan frekuensi pengambilan sampel darah untuk mengecek AGD. Nilai normal PetCO<sub>2</sub> normo 35 - 45 mm Hg (30-35 juga masih dikatakan normocapnia (Salomé *et al.*, 2021). Penelitian lain menyebutkan nilai normal PetCO<sub>2</sub> 35-45 mmHg (Potvin *et al.*, 2021). Pada tujuh artikel yang lain tidak disebutkan nilai normal PetCO<sub>2</sub>. Tujuan utama pada Sembilan artikel bahwa pengukuran PetCO<sub>2</sub> adalah untuk deteksi dini hipokapni atau hiperkapni.

## KESIMPULAN

Tidak ada perbedaan nilai CO<sub>2</sub> yang signifikan antara PetCO<sub>2</sub> dan PaCO<sub>2</sub>. Selisih nilai PetCO<sub>2</sub> bervariasi karena perangkat yang digunakan untuk memonitor etco<sub>2</sub> berbeda. Kesepakatan antara perbandingan nilai CO<sub>2</sub> dapat diterima sesuai dengan hasil analisis dari studi literature yang dilakukan. Pengukuran PetCO<sub>2</sub> berpotensi untuk pemantauan pasien dengan ventilasi mekanis yang dapat mengurangi kebutuhan pemantauan invasif, biaya tinggi, dan analisis gas darah arteri

berulang. Pengukuran non invasif PetCO<sub>2</sub> terus menerus berguna untuk deteksi awal kegagalan pernapasan dan untuk menghindari reintubasi pada pasien yang berisiko tinggi mengalami kegagalan pernapasan pasca ekstubasi. Pemantauan PetCO<sub>2</sub> dapat dijadikan acuan referensi memonitor hemodinamik non invasif pada pasien kritis terpasang ventilasi mekanik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Tintin Sukartini, S.Kp., M.Kes dan Ns. Syafa'atun Mirzanah, M.Kep., Sp.Kep.M.B selaku pembimbing atas kontribusi pada desain, metodologi, analisi pembahasan. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah tinjauan literatur ini.

## REFERENSI

- Abdel-Ghaffar, H. S. *et al.* (2022) 'End-tidal carbon dioxide measurements as a surrogate to arterial carbon dioxide during pediatric laparoscopic surgeries: a prospective observational cohort study', *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*. doi: 10.1016/j.bjane.2021.07.036.
- Articles, A. (2019) 'Volume Capnography in the Intensive Care Unit: Potential Clinical Applications', C, pp. 1-43.
- Bilehjani, E. *et al.* (2018) 'Effect of corrective or palliative procedures on arterial to end-tidal carbon dioxide pressure difference

- in pediatric cardiac surgery', *African Journal of Paediatric Surgery*, 15(2), pp. 73–79. doi: 10.4103/ajps.AJPS\_97\_16.
- Cairo, J. M. (2020) 'Pilbeam ' s Mechanical Ventilation Physiological and Clinical Applications'.
- CASP (2018) 'Critical Appraisal Skills Program- Systematic Review', (2018).
- Cecconi, M., Backer, D. De and Pinsky, M. R. (2019) *Hemodynamic Monitoring*. Switzerland: Springer.
- Dev, S.P., Hillmer, M.D., Ferri, M. (2011) 'Arterial Puncture for Blood Gas Analysis', *N Engl J Med*, 364: e7.
- Duyu, M. *et al.* (2020) 'Comparing the novel microstream and the traditional mainstream method of end-tidal CO2 monitoring with respect to PaCO2 as gold standard in intubated critically ill children', *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1–9. doi: 10.1038/s41598-020-79054-y.
- Ekström, M. *et al.* (2019) 'Calculated arterial blood gas values from a venous sample and pulse oximetry: Clinical validation', *PLoS ONE*, 14(4), pp. 1–11. doi: 10.1371/journal.pone.0215413.
- Guide, C. C. (2014) *Mechanical Ventilation*. New York: Springer Publishing Company.
- Huff, M. E. and Shelton, K. T. (2019) 'End Tidal Carbon Dioxide Monitoring ( Capnography ) in the Cardiac Intensive Care Unit'.
- Kerslake, I. and Kelly, F. (2017) 'Uses of capnography in the critical care unit', *BJA Education*, 17(5), pp. 178–183. doi: 10.1093/bjaed/mkw062.
- Li, M. *et al.* (2018) 'End-tidal carbon dioxide monitoring improves patient safety during propofol-based sedation for breast lumpectomy: A randomised controlled trial', *European Journal of Anaesthesiology*, 35(11), pp. 848–855. doi: 10.1097/EJA.0000000000000859.
- Long, B., Koyfman, A. and Vivirito, M. A. (2017) 'Capnography in the Emergency Department: A Review of Uses, Waveforms, and Limitations', *Journal of Emergency Medicine*, 53(6), pp. 829–842. doi: 10.1016/j.jemermed.2017.08.026.
- Movahedi asl, M. *et al.* (2023) 'Arterial versus end-tidal carbon dioxide levels in children with congenital heart disease: a prospective cohort study in patients undergoing pulmonary catheterization', *Annals of Medicine & Surgery*, Publish Ah, pp. 3273–3278. doi: 10.1097/ms9.0000000000000815.
- Nassar, B. S. and Schmidt, G. A. (2016) 'Capnography during critical illness', *Chest*, 149(2), pp. 576–585. doi: 10.1378/chest.15-1369.
- Pati, D. and Lorusso, L. N. (2018) 'How to Write a Systematic Review of the Literature', *Health Environments Research and Design Journal*, 11(1), pp. 15–30. doi: 10.1177/1937586717747384.
- Potvin, J. *et al.* (2021) 'Effects of capnometry monitoring during recovery in the post-

- anaesthesia care unit: a randomized controlled trial in adults (CAPNOSSPI)', *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. doi: 10.1007/s10877-021-00661-9.
- Sakuraya, M. *et al.* (2022) 'Accuracy evaluation of mainstream and sidestream end-tidal carbon dioxide monitoring during noninvasive ventilation: a randomized crossover trial (MASCAT-NIV trial)', *Journal of Intensive Care*, 10(1), pp. 1–9. doi: 10.1186/s40560-022-00603-w.
- Salomé, A. *et al.* (2021) 'End-tidal carbon dioxide pressure measurement after prolonged inspiratory time gives a good estimation of the arterial carbon dioxide pressure in mechanically ventilated patients', *Diagnostics*, 11(12). doi: 10.3390/diagnostics11122219.
- Sosa, I. *et al.* (2022) 'Capnography in newborns under mechanical ventilation and its relationship with the measurement of CO<sub>2</sub> in blood samples', *Anales de Pediatría (English Edition)*, 97(4), pp. 255–261. doi: 10.1016/j.anpede.2022.08.003.
- Tyagi, D. *et al.* (2021) 'Correlation of PaCO<sub>2</sub> and ETCO<sub>2</sub> in COPD patients with exacerbation on mechanical ventilation', *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 25(3), pp. 305–309. doi: 10.5005/jp-journals-10071-23762.
- Vo, A. T. *et al.* (2021) 'Capillary blood gas in infants with bronchiolitis: Can end-tidal capnography replace it?', *American Journal of Emergency Medicine*, 45, pp. 144–148. doi: 10.1016/j.ajem.2021.04.056.
- Williams, E. *et al.* (2022) 'Factors affecting the arterial to end-tidal carbon dioxide gradient in ventilated neonates Factors affecting the arterial to end-tidal carbon dioxide gradient in ventilated neonates', *Physiol. Meas.* doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ac57ca>.
- Zoair, H., Ewis, A. and Ezzat, I. (2019) 'Correlation of End-Tidal Carbon Dioxide Tension with Arterial Carbon Dioxide Tension in Patients with Respiratory Failure on Mechanical Ventilation', 74(January), pp. 1902–1906.
- Zwisler, S. T. *et al.* (2019) 'Diagnostic value of prehospital arterial blood gas measurements - A randomised controlled trial', *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 27(1), pp. 1–9. doi: 10.1186/s13049-019-0612-8.