

## Efek Perbedaan Ventilasi Mekanik *Positive End Expiratory Pressure* (PEEP) *Low* dan *Moderate* terhadap Rasio $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ Pascabedah pada Kraniotomi Elektif

Muhammad Rizki, M. Sofyan Harahap, Satrio Adi Wicaksono

Departemen Anestesiologi & Terapi Intensif Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro–RSUP Dr. Kariadi Semarang

### Abstrak

**Latar Belakang dan Tujuan:** Kraniotomi elektif memiliki kejadian komplikasi paru pascaoperasi (25%) dan mortalitas (10%) yang tinggi. Penelitian ini berusaha mengetahui efek *Positive End Expiratory Pressure* (PEEP) 5  $\text{cmH}_2\text{O}$  and 8  $\text{cmH}_2\text{O}$  terhadap rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  pascaoperasi pada kraniotomi elektif

**Subjek dan Metode:** Uji klinis acak ini dilakukan di satu rumah sakit pendidikan di Indonesia. Lima puluh dua pasien kraniotomi elektif (usia 17-55 tahun, lama bedah >4 jam, paru normal) dirandomisasi ke dalam 2 kelompok intervensi: ventilasi mekanik perioperatif dengan *low Positive End Expiratory Pressure* (PEEP) (5  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) atau *moderate* PEEP (8  $\text{cmH}_2\text{O}$ ). Hipotesis penelitian ini adalah rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  kelompok *moderate* PEEP lebih tinggi dibandingkan *low* PEEP. Analisis gas darah dilakukan pada 24 jam pasca induksi

**Hasil:** Penelitian ini tidak menunjukkan perubahan yang signifikan rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  antara kelompok *low* PEEP dan *moderate* PEEP. Rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  kelompok *low* PEEP dan *moderate* PEEP secara berurutan adalah: pada 24 jam pasca induksi,  $429,34 \pm 72,25$  mmHg dan  $458,59 \pm 71,11$  mmHg ( $p = 0,147$ ).

**Simpulan:** Perbandingan *low* PEEP dan *moderate* PEEP pada ventilasi mekanik perioperatif tidak menghasilkan perbedaan nilai rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  yang signifikan pada 24 jam pasca induksi.

**Kata kunci:** *Positive End Expiratory Pressure* (PEEP), rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ , proteksi paru, kraniotomi elektif, komplikasi paru pascaoperasi.

JNI 2020, 9 (3): 141–47

## The Differential Effect of Low and Moderate Positive End Expiratory Pressure (PEEP) Mechanical Ventilation to Postoperative $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ Ratio in Elective Craniotomy

### Abstract

**Background and Objective:** Elective craniotomy is associated with high incidence of postoperative pulmonary complications (PPC, 25%) and mortality (10%). We determined to study the effect of Positive End Expiratory Pressure (PEEP) 5  $\text{cmH}_2\text{O}$  and 8  $\text{cmH}_2\text{O}$  to postoperative  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  ratio (PF ratio) in elective craniotomy.

**Subject and Methods:** This randomized clinical trial was at a university hospital in Indonesia. Fifty two elective craniotomy patients (ages 17–55 years, surgical duration > 4 hours, normal lung) were randomized into 2 intervention groups: perioperative mechanical ventilation with low PEEP (5  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) or moderate PEEP (8  $\text{cmH}_2\text{O}$ ). The hypothesis of this study is that the ratio of  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  in the moderate PEEP group is higher than low PEEP. Blood gas analysis was performed 24 hours post induction.

**Results:** This study did not show a significant difference in the  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  ratio between the low PEEP and moderate PEEP groups. The  $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$  ratios of the low PEEP and moderate PEEP groups were respectively: at 24 hours post induction,  $429.34 \pm 72.25$  mmHg and  $458.59 \pm 71.11$  mmHg ( $p = 0.147$ ).

**Conclusions:** Comparison of low PEEP and moderate PEEP in perioperative mechanical ventilation did not result in a significant difference in the value of the  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  ratio at 24 hours post induction

**Key words:** Positive End Expiratory Pressure (PEEP),  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  ratio, lung protective, elective craniotomy complication postoperative

JNI 2020, 9 (3): 141–47

## I. Pendahuluan

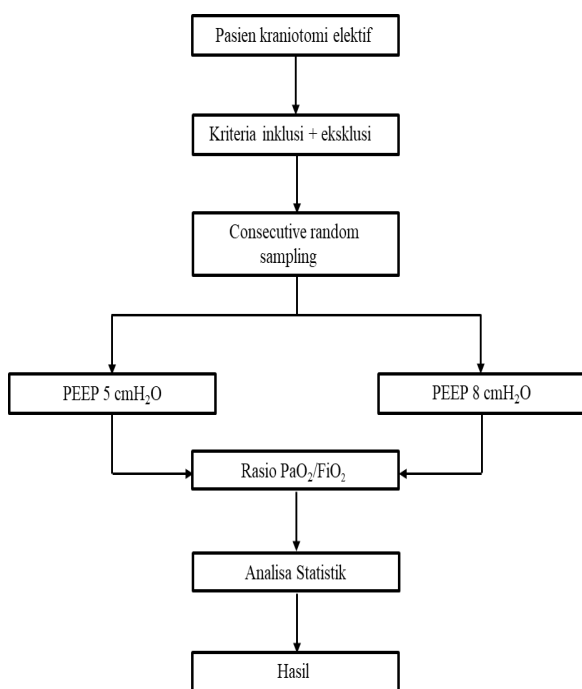
Komplikasi paru pascaoperasi (KPP) merupakan masalah pascaoperasi yang cukup sering ditemukan dengan angka kejadian 2–40%. Hal ini tergantung pada tipe operasi yang dijalani dan berkaitan dengan peningkatan morbiditas, mortalitas, lama perawatan, dan biaya perawatan.<sup>1</sup> Banyak faktor berperan dalam terjadinya komplikasi paru pascaoperasi, seperti kondisi pasien sebelum bedah, tipe pembedahan, teknik anestesia dan teknik ventilasi mekanik perioperatif yang digunakan. Komponen dalam ventilasi mekanik yang berpengaruh adalah besarnya volume tidal, pemakaian *Positive End-Expiratory Pressure* (PEEP) dan *recruitment maneuver*.<sup>2</sup> Penelitian mengenai efek positif teknik proteksi paru dilakukan dengan melakukan ketiga manuver (volume tidal kecil, *moderate* PEEP, dan *recruitment maneuver*), beberapa studi menunjukkan kecenderungan dokter anestesiologi untuk memakai volume tidal yang lebih kecil pada hampir seluruh jenis operasi dan dengan pemakaian PEEP rendah.<sup>3,4</sup>

Pada penelitian yang menggunakan volume tidal 6 ml/kg tidak menghasilkan rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  pascaoperasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan volume tidal 10 ml/kg. Komplikasi paru / ekstra paru pascaoperasi dan mortalitas ditemukan tidak berbeda diantara kedua kelompok.<sup>5</sup> Sementara kombinasi *moderate* PEEP dan volume tidal kecil diketahui dapat meningkatkan oksigenasi dan mencegah atelektasis, pemakaian volume tidal kecil pada PEEP rendah atau tanpa PEEP dapat menyebabkan atelektasis progresif dan hipoksemia. Di sisi lain, penggunaan volume tidal yang besar (10–12 mL/kg) dapat menyebabkan hiperinflasi alveolus atau volume trauma, berkaitan dengan pelepasan mediator inflamasi sistemik dan cedera paru.<sup>6,7</sup> Kraniotomi merupakan faktor risiko komplikasi paru pascaoperasi. Angka kejadian komplikasi paru pascaoperasi pasien kraniotomi lebih tinggi dibandingkan operasi lain secara umum (25% vs. 7%). Hal ini disebabkan karena kraniotomi merupakan operasi dengan lama operasi dan ventilasi mekanik yang panjang. Lama ventilasi mekanik yang lama berkaitan dengan

komplikasi paru pascaoperasi yang lebih tinggi. Pada kraniotomi, terdapat manajemen khusus ventilasi mekanik dengan tujuan menjaga perfusi otak dan tekanan intrakranial dengan mencegah hipoksemia. Selain itu, kraniotomi menyebabkan kerusakan jaringan dan menyebabkan pelepasan mediator proinflamasi seperti interleukin-6 (IL-6). Pelepasan IL-6 ini menyebabkan peningkatan permeabilitas vaskular paru dan berperan pada patogenesis komplikasi paru pascaoperasi. Kadar IL-6 mencapai puncaknya pada hari pertama dan kembali ke kadar normal setelah 7 hari pascaoperasi.<sup>8-10</sup> Rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  adalah parameter oksigenasi paru yang sering digunakan secara klinis karena mudah dan cepat dilakukan. Nilai rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  menggambarkan derajat keparahan gangguan pertukaran gas pada paru secara umum. Nilai yang rendah menunjukkan gangguan yang lebih berat dan berkaitan dengan mortalitas yang lebih tinggi.<sup>15</sup> Penelitian tentang penggunaan PEEP pada kraniotomi belum banyak dilakukan, Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efek perbedaan ventilasi mekanik perioperatif *low* PEEP (5  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) dan *moderate* PEEP (8  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) terhadap rasio  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  pascaoperasi pada pasien yang menjalani kraniotomi elektif.

## II. Subjek dan Metode

Penelitian ini merupakan suatu uji klinis acak tersamar tunggal yang dilakukan di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) dr. Kariadi pada Juni 2019 – Agustus 2019 setelah mendapat persetujuan dari komite etik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Alur rekrutment subjek ditampilkan pada Gambar 1. Kriteria inklusi penelitian ini adalah pasien kraniotomi elektif dengan usia 17–55 tahun, lama pembedahan diperkirakan >4 jam, tidak hamil, bersedia diikutsertakan dalam penelitian. Kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah memiliki penyakit paru sebelumnya (pneumonia, pneumotoraks, ARDS) atau foto rontgen thorax abnormal misalnya terdapat gambaran infeksi paru, efusi paru atau gambaran tumor paru, kehamilan, indeks massa tubuh (IMT)  $\geq 35 \text{ kg/m}^2$ , penyakit neuromuskular progresif, sepsis atau syok sepsis, riwayat ventilasi mekanik



**Gambar 1. Diagram Alur Penelitian**

dalam 2 minggu sebelum operasi, gagal jantung kongestif. Pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan tidak dieksklusi diikutsertakan dalam penelitian ini dengan menggunakan *consecutive random sampling* dan dialokasikan secara acak ke dalam 2 kelompok perlakuan: PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O (*Low PEEP*) dan PEEP 8 cmH<sub>2</sub>O (*Moderate PEEP*).

Pasien yang akan menjalani operasi kraniotomi elektif sehari sebelumnya diberikan penjelasan *informed consent* mengenai tindakan dan prosedur penelitian yang akan dilakukan, menandatangani formulir yang sudah dipersiapkan, dipuaskan 6 jam sebelum operasi, dipasang infus sejak puasa. Premedikasi midazolam (0,07–0,1 mg/lg) intravena sebelum induksi anestesi. Induksi anestesi menggunakan propofol (2–2,5 mg/kgBB), pelumpuh otot rocuronium (0,7–0,8 mg/kgBB) dan analgetik fentanil (2 µg/kgBB). Setelah tertidur, dilakukan intubasi endotrakeal dengan ETT ukuran 7 atau 7.5. Posisi ETT dikonfirmasi dengan auskultasi paru. Pemeliharaan anestesi menggunakan oksigen dan *air* dengan perbandingan 50:50 dan sevofluran dengan 1 MAC. Perawat bedah akan melakukan pemasangan kateter urine untuk mengukur

produksi urine intraoperatif. Pasien dilakukan pemasangan *arterial line* pada arteri radialis, kemudian disambungkan dengan transduser digunakan untuk pemantauan tekanan darah secara kontinu. Ventilator menggunakan merk Drager optimus (PT. Draeger Medical Indonesia, Jerman) dengan *volume-control* (VC) volume tidal 8mL/kg, PEEP sesuai dengan kelompok perlakuan (5 cmH<sub>2</sub>O atau 8 cmH<sub>2</sub>O), rasio waktu inspirasi:ekspirasi (rasio I:E) 1:2, fraksi O<sub>2</sub> 50% dengan campuran O<sub>2</sub> dan *compressed air*. *Peak inspiratory pressure* (PIP) dibatasi maksimal 30 cmH<sub>2</sub>O. Apabila PIP didapatkan >30 cmH<sub>2</sub>O, pasien akan dikeluarkan dari protokol penelitian. Jika diperlukan, subyek akan dilakukan pemasangan kateter vena sentral (*central vein catheter/CVC*) pada vena subklavia kanan atau kiri Apabila terjadi komplikasi pneumotoraks atau hematopneumotoraks karena pemasangan CVC, pasien akan dikeluarkan dari penelitian dan dikonsultasikan ke dokter bedah toraks untuk pemasangan *water-sealed drainage* (WSD).

Pemeliharaan anestesi dilakukan dengan sevoflurane 1 MAC, propofol 2–3mg/kg/jam i.v, fentanyl 1-3 mcg/kg/jam intra vena, dan rocuronium 0,06-0,08 mg/kg/jam intra vena Setelah operasi selesai kemudian diputuskan apakah pasien akan diekstubasi di kamar operasi atau di ICU. Jika ekstubasi dilakukan di ruang operasi, selanjutnya pasien akan dipantau sementara diruang pemulihan sampai pasien sadar penuh sebelum dipindahkan ke ruangan. Bila dilakukan ekstubasi di *Intensive Care Unit* (ICU), pasien akan diekstubasi setelah pasien sadar penuh dan dapat mengikuti perintah verbal. Dilakukan pemeriksaan analisa gas darah (AGD) dari kateter arteri pada 1 jam dan 24 jam pasca induksi.

### III. Hasil

Tabel 3.1 menunjukkan data dasar subjek penelitian. Dari hasil uji normalitas dari kedua kelompok penelitian baik variabel jenis kelamin, usia, serta BMI berdistribusi normal dan bersifat homogen karena secara statistik tidak ada perbedaan bermakna dari variabel kedua

**Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian**

Variable	PEEP		P
	Low	Moderate	
Jenis kelamin			
Laki-laki	11 (42,3%)	6 (23,1%)	0,139
Perempuan	15 (57,7%)	20 (76,9%)	
Umur (tahun)			
17-25	1 (3,8%)	2 (7,7%)	0,909
26-35	5 (19,2%)	4 (15,4%)	
36-45	9 (34,6%)	8 (30,8%)	
46-55	11 (42,3%)	12 (46,2%)	
BMI	23,75=2,53	22,68=2,34	0,119
Lama oprasi (menit)	416,92 = 60,32	413,85 = 62,21	0,857
Post op			
ICU	3 (11,5%)	6 (23,1%)	0,395
HCU	4 (15,4%)	1 (3,8%)	
HCU RIA	3 (11,5%)	4 (15,4%)	
Ruangan	16 (61,5%)	15 (57,7%)	
Otak bengkok			
Ya	2 (7,7%)	1 (3,8%)	1,000
Tidak	24 (92,3%)		

Keterangan: PEEP *Positive End Expiratory Pressure*; BMI *Body Mass Index*; ICU *Intensive Care Unit*; HCU; *High Care Unit*

**Tabel 2. Perbedaan pH 1 jam, 24 jam Pasca Induksi**

pH	PEEP		P
	Low (5cmH <sub>2</sub> O)	Moderate (8cmH <sub>2</sub> O)	
1 jam	7,42 = 0,06	7,43 = 0,06	0,447
24 jam	7,43 = 0,05	7,44 = 0,05	0,194
P	0,514	0,559	

Keterangan: PEEP *Positive End Expiratory Pressure*; pH *Power of Hydrogen*

**Tabel 3. Perbedaan PaO<sub>2</sub> 1 jam, 24 jam Pasca Induksi**

PaO <sub>2</sub>	PEEP		P
	Low	Moderate	
1 jam	196,78 = 22,00	219,49 = 26,84	0,002
24 jam	126,47 = 30,33	152,40 = 35,14	0,007
P	<0,001	<0,001	

Keterangan: PEEP *Positive End Expiratory Pressure*; PaO<sub>2</sub> *Partial Pressure of Oxygen*

**Tabel 4. Perbedaan PaCO<sub>2</sub> 1 jam, 24 jam pasca induksi**

PaCO <sub>2</sub>	PEEP		P
	Low	Moderate	
1 jam	37,67 = 7,49	31,04 = 4,94	<0,001
24 jam	33,95 = 3,04	34,67 = 7,80	0,660
P	0,047	0,066	

Keterangan: PEEP *Positive End Expiratory Pressure*; PaCO<sub>2</sub> *Partial Pressure of Carbon Dioxide*

**Tabel 5. Perbedaan Rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 1 jam, 24 jam Pasca Induksi**

Rasio PaO <sub>2</sub> / FiO <sub>2</sub>	PEEP		P
	Low	Moderate	
1 jam	393,57 = 440,1	438,98 = 53,68	0,002
24 jam	429,34 = 72,25	458,59 = 71,11	0,147
P	0,023	0,186	

Keterangan: PEEP *Positive End Expiratory Pressure*; PaCO<sub>2</sub> *Partial Pressure of Carbon Dioxide* FiO<sub>2</sub> *Fraction of Inspired Oxygen*

kelompok. Pada tabel 2 menunjukkan perbedaan pH pada 24 jam pasca induksi, pada kelompok *low* PEEP dan *moderate* PEEP tidak terjadi perubahan yang signifikan, yaitu  $7,43 \pm 0,05$  pada kelompok *low* PEEP dan  $7,44 \pm 0,05$  pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P 0,194. Pada tabel 3 menunjukkan perbedaan PaO<sub>2</sub> pada 24 jam pasca induksi, pada kelompok *low* PEEP dan *moderate* PEEP terjadi perubahan yang signifikan, yaitu  $126,47 \pm 30,33$  pada kelompok *low* PEEP dan  $152,40 \pm 35,14$  pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P 0,007. Pada tabel 4 menunjukkan perbedaan PaCO<sub>2</sub> pada 24 jam pasca induksi, pada kelompok *low* PEEP dan *moderate* PEEP tidak terjadi perubahan yang signifikan, yaitu  $33,95 \pm 3,04$  pada kelompok *low* PEEP dan  $34,67 \pm 7,80$  pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P 0,660. Pada tabel 5 menunjukkan perbedaan PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> pada 24 jam pasca induksi, pada kelompok *low* PEEP dan *moderate* tidak terjadi perubahan yang signifikan, yaitu  $429,34 \pm 72,25$  pada kelompok *low* PEEP dan  $458,59 \pm 71,11$  pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P = 0,147.

#### IV. Pembahasan

Keluaran primer penelitian ini adalah rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> yang diukur pada 24 jam pasca induksi. Protokol ventilasi mekanik dalam penelitian ini mengharuskan subyek penelitian mendapatkan *low* PEEP (5 cmH<sub>2</sub>O) dan *moderate* PEEP (8 cmH<sub>2</sub>O) pada pasien yang menjalani kraniotomi elektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penggunaan *low* PEEP (5 cmH<sub>2</sub>O) terhadap rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> pascaoperasi dan komplikasi paru pascaoperasi, dibandingkan dengan *moderate* PEEP (8 cmH<sub>2</sub>O). Hasil Uji klinis acak pada penelitian ini menemukan bahwa penggunaan *low* PEEP dan *moderate* PEEP secara terpisah tidak menghasilkan perbedaan yang bermakna pada 24 jam pasca induksi pada pasien yang menjalani kraniotomi elektif. Selain itu, penelitian ini juga tidak menemukan perbedaan bermakna angka kejadian komplikasi paru pascaoperasi di antara kedua kelompok. Nilai rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> kelompok *low* PEEP (5 cmH<sub>2</sub>O) tidak lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok *moderate* PEEP (8 cmH<sub>2</sub>O).

Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan *low* PEEP dan *moderate* PEEP pada 24 jam pasca induksi, secara terpisah tidak menghasilkan perbedaan yang bermakna, yaitu  $429,34 \pm 72,25$  pada kelompok *low* PEEP dan  $458,59 \pm 71,11$  pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P = 0,147.

Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan *low* PEEP dan *moderate* PEEP pada 24 jam pasca induksi, secara terpisah tidak menghasilkan perbedaan yang bermakna, yaitu  $429,34 \pm 72,25$  pada kelompok *low* PEEP dan  $458,59 \pm 71,11$  pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P = 0,147. Penggunaan PEEP dapat mencegah kolapsnya alveolus/atelektasis pada akhir ekspirasi dan mengurangi jumlah alveolus yang mengalami siklus rekrutmen-derekrutmen. Kadar rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> dapat dipengaruhi oleh PEEP dan volume tidal yang digunakan. Rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dapat ditemukan pada penggunaan volume tidal kecil bila digunakan PEEP yang tinggi. Sebaliknya, rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ditemukan lebih rendah bila digunakan pada PEEP rendah atau tanpa PEEP. Selain itu, pada pasien kraniotomi penggunaan PEEP >10 cmH<sub>2</sub>O dapat menyebabkan peningkatan tekanan intrakranial, menurunkan perfusi serebral dan harus disertai pemantauan tekanan intrakranial.<sup>7,12</sup>

Pada penelitian ini tidak ditemukan pasien yang mengalami desaturasi/hipoksemia selama pembedahan dan terdapat perbedaan PaO<sub>2</sub> yang bermakna antara kelompok yang menggunakan *low* PEEP dan *moderate* PEEP. Pada penelitian ini, didapatkan hasil 24 jam pasca induksi, kelompok *low* PEEP dan *moderate* PEEP terjadi perbedaan yang signifikan, yaitu  $126,47 \pm 30,33$  pada kelompok *low* PEEP dan  $152,40 \pm 35,14$  pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P=0,007. Hipoksemia dapat menyebabkan peningkatan tekanan intrakranial dan harus dihindari pada operasi kraniotomi. Peningkatan tekanan intrakranial (TIK) adalah kegawatan neurologis akibat proses keganasan di otak, cedera kepala tertutup, gangguan aliran cairan serebrospinal. Secara tradisional, penggunaan volume tidal kecil dapat menyebabkan hipoksemia intraoperatif karena adanya atelektasis progresif.

Namun demikian, hal ini dapat dicegah dalam penelitian ini dengan penggunaan PEEP.<sup>14-16</sup> Pada penelitian ini perbedaan kadar PaCO<sub>2</sub> 24 jam pasca induksi, kelompok low PEEP dan moderate PEEP tidak terjadi perbedaan yang signifikan, yaitu 33,95±3,04 pada kelompok *low* PEEP dan 34,67±7,80 pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P=0,660.

Peningkatan tekanan intrakranial pada penelitian ini terdapat 2 keluhan pada kelompok *low* PEEP (7,7%) dan pada kelompok *moderate* PEEP hanya terdapat 1 pasien yang mengalami peningkatan tekanan intrakranial saat operasi. Setelah dilakukan pemeriksaan, apakah terjadi bendungan di vena jugularis, (posisi kepala), apakah terjadi peningkatan tekanan jalan nafas, apakah terjadi peningkatan kadar PaCO<sub>2</sub>. Apabila semua hal diatas dapat disingkirkan terjadinya peningkatan tekanan intrakranial penyebabnya tidak berkaitan teknik anestesi yang dilakukan, hal ini terjadi kemungkinan dari massa intrakranial yang mendesak, atau terdapat perdarahan yang tidak terlihat yang perlu dieksplorasi oleh sejawat bedah. Komplikasi paru pascaoperasi lain seperti atelektasis, gagal napas, dan ARDS, tidak ditemukan dalam penelitian ini. Hal ini disebabkan karena populasi yang dipakai dalam penelitian ini adalah pasien yang memiliki paru sehat sebelum operasi. Pasien dengan paru sehat, seperti dalam penelitian ini, memiliki ambang batas lebih besar sebelum terjadi cedera pada paru, yang mungkin menjelaskan tidak adanya perbedaan rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> pascaoperasi di antara kedua kelompok dalam penelitian ini. Pada pasien dengan ALI atau ARDS terjadi proses inflamasi jaringan paru-paru. Hal ini disebabkan berbagai macam faktor yang akan menyebabkan paru-paru kehilangan fungsinya. Alveoli kehilangan kemampuannya dalam pertukaran oksigen dan karbondioksida.<sup>17</sup> Pada penelitian ini, hasil dari serum pH 24 jam pasca induksi, kelompok *low* PEEP dan *moderate* PEEP juga tidak terjadi perubahan yang signifikan, yaitu 7,43±0,05 pada kelompok *low* PEEP dan 7,44±0,05 pada kelompok *moderate* PEEP, dengan nilai P=0,194. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, pertama, penelitian ini dirancang untuk menilai perbedaan rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> sebesar 75 mmHg

sehingga perbedaan lebih kecil yang mungkin ada tidak dapat disingkirkan. Kedua, rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> pada penelitian ini hanya diobservasi sampai hari pertama pasca operasi sehingga perbedaan yang mungkin muncul setelah hari pertama pascaoperasi tidak dapat diketahui. Ketiga, tidak dilakukan pemeriksaan untuk menilai fungsi paru sebelum pembedahan dilakukan. Keempat, rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> pada pasien yang dirawat di ICU pascaoperasi dengan kondisi yang memerlukan support ventilator, tidak lagi diatur sesuai protokol. Pengeturan ventilator disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan pasien pascaoperasi.

#### IV. Simpulan

Perbandingan *low* PEEP dan *moderate* PEEP pada ventilasi mekanik perioperatif tidak menghasilkan perbedaan nilai rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> yang signifikan pada 24 jam pasca induksi, pada pasien kraniotomi elektif.

#### IV. Saran

Baik *low* PEEP (5 cmH<sub>2</sub>O) dan *moderate* PEEP (8 cmH<sub>2</sub>O) dapat digunakan dengan aman pada pasien kraniotomi elektif. Serta masih diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai efek dari *recruitment maneuver* terhadap komplikasi paru pascaoperasi pada populasi pasien pembedahan saraf.

#### Daftar Pustaka

1. Shander A, Fleisher LA, Barie PS, Bigatello LM, Sladen RN, Watson CB. Clinical and economic burden of postoperative pulmonary complications: patient safety summit on definition, risk-reducing interventions, and preventive strategies. *Crit Care Med.* 2011;39(9):2163–72.
2. Smetana GW, Lawrence VA, Cornell JE, American College of Physicians. Preoperative pulmonary risk stratification for noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 2006;144(8):581–95.

3. Fernandez-Bustamante A, Wood CL, Tran ZV, Moine P. Intraoperative ventilation: incidence and risk factors for receiving large tidal volumes during general anesthesia. *BMC Anesthesiol.* 2011;11:22.
4. Treschan TA, Schaefer MS, Subasi L, Kaisers W, Schultz MJ, Beiderlinden M. Evolution of ventilator settings during general anaesthesia for neurosurgery: An observational study in a German centre over 15 years. *Eur J Anaesthesiol.* 2015; 32(12):894–6
5. Aditiansih A, Sedono R, Baktiar W. Efek perbedaan volume tidal ventilasi mekanik selama operasi terhadap rasio PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> pasca kraniotomi elektif. *Jurnal Neuroanestesi Indonesia* 2016; 5(3), 163–72.
6. Visick WD, Fairley HB, Hickey RF. The effects of tidal volume and end-expiratory pressure on pulmonary gas exchange during anesthesia. *Anesthesiology.* 1973;39(3):285–90.
7. Levin MA, McCormick PJ, Lin HM, Hosseinian L, Fischer GW. Low intraoperative tidal volume ventilation with minimal PEEP is associated with increased mortality. *Br J Anaesth.* 2014;113(1):97–108.
8. Smith PR, Baig MA, Brito V, Bader F, Bergman MI, Alfonso A. Postoperative pulmonary complications after laparotomy. *Respiration.* 2010;80(4):269–74.
9. Ikeda K, Ohshiro S, Kimura H, Fukushima T, Tomonaga M. The influence of craniotomy on cytokines and immunological function. *No To Shinkei.* 2004;56(3):225–9.
10. Osuka K, Suzuki Y, Saito K, Takayasu M, Shibuya M. Changes in serum cytokine concentrations after neurosurgical procedures. *Acta Neurochir (Wien).* 1996;138(8):970–6.
11. Broccard AF. Making sense of the pressure of arterial oxygen to fractional inspired oxygen concentration ratio in patients with acute respiratory distress syndrome. *OA Critical Care.* 2013;1(1):9.
12. Pilbeam SP. History of resuscitation, intubation and early mechanical ventilation. In: Pilbeam SP, ed. *Mechanical Ventilation; Physiological and Clinical Applications.* 3rd ed. St. Louis Missouri: Mosby Inc.; 2004, 4–17.
13. Kisara A, Satoto H, Arifin J. Ventilasi Satu Paru. *JAI (Jurnal Anesthesiology Indonesia)* 2010; 2(3)
14. Canet J, Gallart L, Gomar C, Paluzie G, Valles J, Castillo J, et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology.* 2010;113(6):1338–50.
15. Weingarten TN, Whalen FX, Warner DO, Gajic O, Schears GJ, Snyder MR, et al. Comparison of two ventilatory strategies in elderly patients undergoing major abdominal surgery. *Br J Anaesth.* 2010;104(1):16–22.
16. Thamrin MH, & Airlangga PS. Pengukuran optical nerve sheath diameter (ONSD) untuk monitoring tekanan intrakranial (TIK) di Intensive Care Unit (ICU). *JAI (Jurnal Anestesiologi Indonesia)* 2019; 11(1), 28
17. Kisara A, Harahap M, Budiono U. Heparin intravena terhadap rasio PF pada pasien acute lung injury (ALI) dan acute respiratory distress syndrome (ARDS). *JAI (Jurnal Anesthesiology Indonesia)* 2012; 4(3), 135–44