

*KARYA AKHIR.*

**BIAYA ANESTESI INHALASI  
PERBANDINGAN TEKNIK *MEDIUM FLOW* DENGAN *HIGH FLOW*  
*SEMICLOSED SYSTEM***



OLEH:

JATI LISTIYANTO PUJO

BAGIAN ANESTESIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG

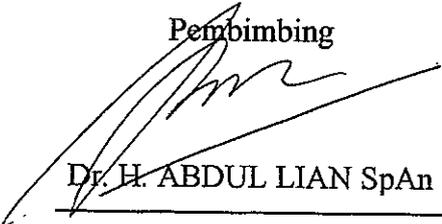
2001

LEMBAR PENGESAHAN

BILAYA ANESTESI INHALASI  
PERBANDINGAN TEKNIK *MEDIUM FLOW* DENGAN *HIGH FLOW*  
*SEMICLOSED SYSTEM*

Telah diperiksa dan disetujui untuk:  
Diajukan sebagai salah satu syarat dalam menjalani  
Program Pendidikan Dokter Spesialis Anestesiologi  
Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang

Pembimbing



Dr. H. ABDUL LIAN SpAn

NIP : 140 073 471

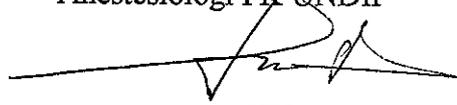
Ketua Bagian  
Anestesiologi FK. UNDIP



Dr. H. MARWOTO, SpAn KIC

NIP: 130 516 880

Ketua Program Studi  
Anestesiologi FK-UNDIP



Dr. SOENARJO, SpAn. KIC

NIP: 130 352 558

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah subhanahu wata'alaah atas segala rahkmat dan karunia Nya kami dapat menyelesaikan penelitian ini .

Penelitian ini kami lakukan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan dalam menempuh Program Pendidikan Dokter Spesialis I Bidang Anestesiologi di Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro / Rumah sakit Dokter Kariadi Semarang.

Atas kesempatan , bantuan, dorongan dan bimbingan yang diberikan kepada kami selama melakukan penelitian dan menyelesaikan karya akhir ini diucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada yang terhormat,

1. Dr. M. Anggoro DB Sakro, SpA(K), DTM&H  
Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. H. Gatot Suharto, Mkes MMR,  
Direktur RSUP Dr.Kariadi Semarang.
3. Dr Soenarjo, SpAn KIC  
Ketua Program Studi Anestesiologi FK UNDIP Semarang
4. Dr.H Marwoto ,SpAn KIC.  
Ketua Bagian SMF Anestesiologi FK UNDIP/ RSUP Dr Kariadi Semarang
5. Dr.H.Abdul Lian SpAn  
Pembimbing dalam penelitian ini
6. Cahya Tri Purnami,SKM  
Pembimbing statistik dalam penelitian ini
7. Seluruh staf pengajar dan karyawan Bagian Anestesiologi FK UNDIP/ RSDK Semarang
8. Seluruh penderita yang dengan sukarela bersedia ikut serta dalam penelitian ini
9. Seluruh teman sejawat yang tidak mungkin kami sebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Kami menyadari bahwa karya akhir ini masih jauh dari sempurna dan iuntuk itu sangat diharapkan kritik dan saran demi perbaikan sehingga bisa bermanfaat bagi perkembangan di bidang anestesi.

Pada kesempatan ini pula dengan segala rasa cinta kami sampaikan terima kasih pada istri dan anak kami yang dengan sabar dan tabah selalu memberi dorongan semangat untuk menyelesaikan karya akhir ini.

Akhirnya atas segala kesalahan dan kekhilafan yang kami lakukan selama menjalani pendidikan kami mohon maaf yang sebesar-besarnya.

Hormat kami

Jati Listiyanto P

## ABSTRAK

**Latar belakang :** Biaya anestesi inhalasi merupakan beban yang harus ditanggung baik oleh pasien maupun Rumah Sakit khususnya dalam pelayanan dikamar operasi yang dari waktu ke waktu semakin mahal karena sebagian besar merupakan produk import yang harus dibayar dengan dolar maka perlu dilakukan efisiensi biaya tanpa menurunkan kualitas anestesi.

**Tujuan :** Untuk menentukan besarnya perbedaan biaya dalam pemakaian halotan, N<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub> antara teknik *medium flow semiclosed system* dengan *high flow semiclosed system*.

**Metode :** 68 orang penderita laki-laki dan perempuan umur antara 16-60 tahun dengan indeks masa tubuh kurang dari 30 dan status fisik ASA I-II yang memerlukan anestesi umum inhalasi untuk pembedahan elektif di IBS RS Dr Kariadi Semarang Dengan disain eksperimental terbuka secara acak dan *cost minimization analysis*. Semua penderita dilakukan anestesi umum dengan obat dan cara yang sama, tetapi dibedakan dalam teknik anestesi. Penderita diberikan premedikasi: midazolam 0,1 mg/kg BB dan petidin 1 mg/kg IM 15 menit sebelum operasi, preload cairan kristaloid 10 ml/kg, induksi dengan pentotal 5 mg/kg dan intubasi dengan atracium 0,5 mg/kg, penderita dikelompokkan secara random menjadi 2 kelompok (n= 34). Kelompok I dilakukan teknik *medium flow semiclosed system* (FGF 2 L/mnt) dan kelompok II dilakukan dengan teknik *high flow semiclosed system*. Dilakukan pengukuran jumlah pemakaian halotan, N<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub> perjam selama anestesi dan dilakukan perhitungan biaya selain itu pasien juga diperiksa tekanan darah, laju jantung, saturasi O<sub>2</sub>, ET CO<sub>2</sub>, dan Vol % (konsentrasi) gas inspirasi. Data disajikan dalam rerata ± SD dan kisaran, uji statistik dengan t test, p < 0.05 maka berbeda bermakna.

**Hasil :** Kelompok *medium flow* mengkonsumsi halotan 7.48 ml ± 2.26 perjam sedangkan kelompok *high flow* 13.84 ml ± 2.63 per jam atau terjadi penghematan 45.95 % pada *medium flow*. Biaya pemakaian halotan, N<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub> pada teknik *medium flow* sebesar Rp 31 559,- perjam, sedangkan pada *high flow* sebesar 64 256,- perjam.

**Kesimpulan :** Secara statistik terdapat perbedaan bermakna ( p = 0,000) dan secara ekonomi terjadi penghematan Rp 32 697 ,- perjam atau 50,86 % dengan kualitas anestesi setara bila menggunakan teknik *medium flow semiclosed system*

## ABSTRACT

**Background :** Because recently cost of inhalation anaesthetic increasing has problem for patients or hospitals services , so the efficiency is keyword to get a succesfull.

**Objective :** To determine the cost minimization of halothane, nitrous oxide and oxygen when used in the medium flow semiclosed system compared with the high flow semiclosed system

**Method :** 68 adult male and female patients underwent elective surgery at COT Dr Kariadi General Hospital Semarang, age between 16-60 years with body mass index less than 30 and physical status ASA I-II, with Randomized open - trial and cost minimization analysis , all patients were anesthetized in same way , but differ in the anesthesia technique in one group for medium flow semiclosed system (FGF 2 L/ mnt) while the other group for high flow semiclosed system (FGF 6 L/mnt) each group n= 34 ,were randomly. Premedication : midazolam 0.1 mg/kg and meperidine 1 mg/kg and preload kristaloid 10 ml/kg 15 minute pre operation, . Induction : Thiopentone 5 mg/kg and atracrium 0.5 mg/kg for intubation.

**Main outcome measures :** The amount of halothane, nitrous oxide and oxygen used perhour and than calculated, while arterial blood pressure, heart rate, O<sub>2</sub> saturation, ET CO<sub>2</sub>, gas inspired concentration (Vol%), duration of anaesthesia were evaluated.

**Result :** The medium flow semiclosed system group consumed 7.48 ml  $\pm$  2.26 halothane perhour , while the high flow semiclosed system 13.84 ml  $\pm$  2.63 . The defference of halothane consumed is statistically significant (p =0.000) and 45.95% reduced in medium flow semiclosed system. The cost of halothane, nitrous oxide and oxygen in medium flow semiclosed system is Rp 31 559 ,- perhour while the high flow is Rp 64 256,- perhour, 50.89% reduced in medium flow .

**Conclusion :** There is statistically reduction ( p =0.000) , economically reduction (50.89%) and cost minimization analysis ( Rp 32 679 ,- perhour ) when the medium flow(FGF 2 L/mnt) semiclosed system compared to the high flow(FGF 6 L/ mnt) semiclosed system

---

**Keywords :** Halothane, nitrous oxide, oxygen, medium flow, high flow semiclosed system and cost minimization analysis.

## DAFTAR ISI

BAB	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL DAN GAMBAR	vii
Bab I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang masalah	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Manfaat penelitian	4
Bab II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Teknik <i>high flow semiclosed system</i>	5
2.2. Teknik <i>medium flow semiclosed system</i>	6
Mesin anestesi	8
Alat penguap.	8
Sirkuit pernafasan	9
<i>Carbon Dioxide Absorbent</i>	11
Pemantauan	11

2.3. Halotan.	12
2.4. Nitrous Oxide	16
<b>Bab III KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, HUBUNGAN ANTAR VARIABEL, HIPOTESIS DAN DEFINISI OPERASIONAL</b>	
3.1. Kerangka teori.	20
3.2. Kerangka konsep.	21
3.3. Hubungan antar variabel	22
3.4. Definisi operasional	23
3.5. Hipotesis	25
<b>Bab IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	
4.1 Rancangan penelitian.	26
4.2 Ruang lingkup penelitian	27
4.3 Kerangka kerja penelitian	28
4.4 Populasi dan besar sampel	29
4.5 Cara kerja penelitian	30
4.6 Mesin anestesi, Alat pengukur , bahan dan obat-obatan	32
4.7 Data dan analisa data	34
4.8 Perhitungan Harga	34
<b>BAB V HASIL PENELITIAN</b>	35
<b>BAB VI PEMBAHASAN</b>	40
<b>BAB VII KESIMPULAN</b>	44
<b>BAB VIII SARAN</b>	45
KEPUSTAKAAN	46
LAMPIRAN	48

## DAFTAR TABEL DAN GAMBAR

### TABEL

	Hal
1. Data demografi pasien kedua kelompok	35
2. Data klinis penderita sebelum induksi	36
3. Data klinis rerata penderita selama pengamatan	36
4. Konsentrasi gas inspirasi	38
5. Jumlah pemakaian agent dan gas perjam	38
6. Jumlah biaya perjam	39

### GAMBAR

1. Grafik tekanan darah kedua kelompok selama operasi.	37
2. Grafik laju jantung SaO <sub>2</sub> ETCO <sub>2</sub> kedua kelompok selama operasi.	37

# B A B I PENDAHULUAN.

## 1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Salah satu beban yang harus dihadapi dalam pelayanan di rumah sakit khususnya pelayanan di kamar operasi adalah biaya anestesi inhalasi yang semakin hari semakin mahal apalagi dengan kondisi ekonomi di Indonesia yang terpuruk akhir-akhir ini.

Biaya anestesi inhalasi adalah hasil kombinasi yang berkaitan dengan 4 faktor : 1. Harga per cc cairan anestetik inhalasi. 2. Volume gas yang dihasilkan dari 1 cc cairan anestetik inhalasi. 3. Potensi efektif dari anestetik inhalasi ( konsentrasi yang diberikan dari vaporizer untuk mencapai kedalaman anestesi yang dibutuhkan ( Vol.% ) . 4. Aliran gas segar (FGF) yang digunakan untuk pembawa *volatil agent* <sup>1</sup> .

Aliran gas segar (FGF) dalam sirkuit anestesi dikelompokkan sebagai berikut :  
metabolik flow :  $\leq 250$  ml/mnt; minimal flow 250 – 500 ml/mnt; low-flow 500-1000 ml/mnt ; medium flow 1-2 l/mnt; high flow 2-4 l/mnt; very high flow  $> 4$  l/mnt <sup>2,3</sup>.

Sebagian besar operasi yang dilakukan di rumah sakit Dokter Kariadi dengan anestesi umum menggunakan anestesi inhalasi ( 69,49%), lainnya menggunakan anestesi lokal (30,51%) <sup>4</sup> .

Metode anestesi umum dengan menggunakan obat anestesi inhalasi yang saat ini banyak dilakukan adalah teknik *high flow* bahkan *very high flow semiclosed* dengan nafas spontan atau kendali secara manual atau mekanik dimana aliran gas segar O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O yang diberikan pada penderita cukup tinggi (FGF lebih dari 4 l/menit). Teknik anestesi ini telah digunakan secara luas dalam praktek anestesi termasuk di rumah sakit Dokter Kariadi (dengan aliran gas segar 6 liter/menit) dengan hasil yang memuaskan dan telah dipercaya aman bagi penderita dalam berbagai tindakan anestesi umum untuk memenuhi kebutuhan pembedahan <sup>3,4</sup>. Teknik ini mempunyai beberapa hal yang kurang menguntungkan yaitu polusi gas anestesi dalam kamar operasi lebih tinggi, konsumsi gas dan obat anestesi inhalasi yang lebih banyak sehingga biaya anestesi lebih meningkat, di samping efek rumah kaca ( N<sub>2</sub>O ) <sup>3,4-13</sup> .

Beberapa penelitian menyebutkan dengan mengurangi aliran gas segar (FGF) akan mengurangi pemakaian anestetik inhalasi di samping mengurangi polusi lingkungan, efek rumah kaca sekaligus mengurangi biaya anestesi inhalasi<sup>14</sup>.

Metoda anestesi umum inhalasi dengan teknik *low flow closed system* yang saat ini banyak dikembangkan mempunyai keuntungan-keuntungan dibanding teknik *high flow semi closed system* antara lain mengurangi konsumsi gas anestesi sehingga polusi di kamar bedah dan panas yang hilang lebih sedikit serta *humudifikasi traktus respiratorius* dan yang tak kalah penting adalah biaya obat anestesi bisa dikurangi<sup>15</sup>.

Beberapa penelitian dengan menggunakan teknik *low flow closed system* dengan nafas kendali secara mekanik telah dapat menghemat pemakaian obat anestetik inhalasi isofluran sebanyak 33%<sup>11</sup>. Pada penelitian yang lain telah dapat menghemat pemakaian isoflurane sebanyak 54,7% dan enflurane sebanyak 55,6%<sup>12</sup>. Di Indonesia penelitian dengan menggunakan teknik *low flow closed system* dapat menghemat pemakaian halotan 52,562 %<sup>16</sup>.

Pada teknik ini memerlukan mesin anestesi yang modern : minimal mempunyai 2 sumber gas ( O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O ) flow meter dengan ukuran mililiter dan liter. *Link 25* untuk *safety* pemberian N<sub>2</sub>O selalu akan diikuti 25% oksigen. *Canister sodalime* untuk CO<sub>2</sub> *absorber*, punya fasilitas ventilator (*closed system*) dan APL (Adjustable Pressure Limited ) untuk kontrol, *assisted* maupun *manual*<sup>15</sup>.

Sedangkan bila memakai mesin yang lama bisa terjadi komplikasi : hipoksia, hiperkarbia, under / over dosis gas anestesi, akumulasi degradasi produk<sup>15</sup>.

Teknik *low flow* minimal harus dimonitor : O<sub>2</sub> saturasi, end tidal CO<sub>2</sub>, dan untuk menghindari komplikasi tersebut sebaiknya memakai mesin anestesi modern dan obat dengan kelarutan yang rendah (isoflurane, sevoflurane, desflurane).

Di negara berkembang khususnya Indonesia apalagi dengan kondisi ekonomi yang masih terpuruk dengan dana yang serba terbatas penyediaan anestetik inhalasi tersebut di atas sangat membebani anggaran rumah sakit, di satu sisi juga mengingat daya beli masyarakat yang sangat rendah. Pada sisi lain penggunaan gas seperti halotan yang lebih murah juga harus lebih dihemat untuk mengurangi biaya.

Antara teknik *high flow semiclosed* dan *low flow closed system* juga bisa menggunakan teknik aliran sedang (*Medium Flow*) dengan menggunakan aliran gas segar (FGF) 1 – 2 l/menit *semiclosed* yang bisa menghemat anestetik inhalasi di samping monitoring yang diperlukan tidak seketat teknik *low flow closed system*.

Didapatkan penghematan biaya anestesi inhalasi 52,5% dengan menggunakan gas segar 2 l/mnt dibandingkan dengan aliran gas segar 6 l/mnt<sup>17</sup>. Di Indonesia, khususnya di RS Dokter Kariadi belum ada yang meneliti penggunaan teknik *medium flow*.

## 1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan permasalahan di atas timbul pertanyaan bagi peneliti apakah penggunaan teknik *medium flow semiclosed system* bisa menghemat biaya anestesi inhalasi dibandingkan dengan teknik *high flow semiclosed system* dengan menggunakan agent anestesi inhalasi halotan, N<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub> tanpa mengurangi kualitas anestesi dan efek samping yang merugikan pada penderita.

## 1.3. TUJUAN PENELITIAN

### 1.3.1 TUJUAN UMUM

Mencari bukti obyektif apakah penggunaan teknik *medium flow semiclosed system* dapat menghemat biaya anestesi inhalasi dibandingkan dengan teknik *high flow semiclosed system* menggunakan halotan O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, tanpa mengurangi kualitas anestesi dan efek samping yang merugikan pada penderita.

### 1.3.2 TUJUAN KHUSUS

- Mengetahui kebutuhan agent anestesi inhalasi ; O<sub>2</sub>,N<sub>2</sub>O, dan halotan kemudian menghitung biaya anestesi pada teknik *high flow semiclosed system* (kelompok kontrol) dan teknik *medium flow semiclosed system* (kelompok perlakuan).
- Mengetahui perbandingan biaya anestesi inhalasi pada kedua kelompok tersebut.

- Melakukan pengukuran berat badan, tinggi badan, tekanan darah, laju nadi, saturasi oksigen, end tidal CO<sub>2</sub>, Vol % (dial vaporizer) dan mencatat efek samping pada saat tindakan anestesi pada masing-masing kelompok.
- Membandingkan hasil pengukuran berat badan, tinggi badan, tekanan darah, laju nadi, saturasi oksigen, end tidal CO<sub>2</sub>, Vol % (dial vaporizer) dan mencatat efek samping pada saat tindakan anestesi antara kedua kelompok

#### **1.4. MANFAAT PENELITIAN**

Bila penggunaan teknik *medium flow semiclosed system* memberikan penghematan yang bermakna, serta kualitas anestesi optimal, aman, maka bisa membantu biaya rumah sakit bila digunakan sebagai standart pelayanan anestesi inhalasi khususnya pada orang dewasa.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 TEKNIK *HIGH FLOW SEMICLOSED SYSTEM*.

Teknik anestesi umum inhalasi yang menggunakan sirkuit pernafasan, dimana katup pembuangan kelebihan gas dibuka sebagian dan aliran gas segar yang diberikan relatif tinggi dinamakan teknik *high-flow semiclosed system*<sup>5,6</sup>. Pada sirkuit pernafasan selain adanya katup searah untuk inspirasi maupun ekspirasi juga dilengkapi alat penyerap CO<sub>2</sub> untuk mencegah atau mengurangi terhirup kembali udara ekspirasi (*rebreathing*). Keuntungan sistem sirkuit ini adalah konsentrasi gas inspirasi relatif konstan, konservasi panas dan kelembaban udara pernafasan dan polusi kamar operasi relatif berkurang.

Teknik anestesi *high flow semiclosed system* merupakan teknik anestesi umum yang telah banyak digunakan dalam praktek anestesi baik di negara maju maupun di negara berkembang dan telah dipercaya aman untuk penderita serta dapat memenuhi kebutuhan pembedahan. Keuntungan dari teknik ini adalah derajat penghirupan kembali udara ekspirasi minimal, konsentrasi gas inspirasi konstan, konsentrasi gas anestesi inhalasi yang dilepaskan alat penguap (*vaporizer*) akurat dengan laju aliran gas segar yang tinggi (2 – 5 l/menit)<sup>2,5,6,18</sup>.

Teknik ini mempunyai beberapa kelemahan antara lain :

- Pemakaian dan konsumsi gas O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O serta anestesi volatil oleh penderita lebih banyak. Dengan laju aliran gas segar yang tinggi yaitu 2 – 5 liter /menit yang akan melalui alat penguap (*vaporizer*) maka uap zat anestesi yang dikeluarkan di dalam sirkuit pernafasan ke penderita akan lebih banyak<sup>4,8</sup> akibatnya kemungkinan terjadi efek toksik obat anestesi inhalasi semakin besar karena efek toksik tersebut sangat ditentukan oleh metabolit obat anestesi inhalasi yang terbentuk<sup>7,8</sup>.
- Tingkat polusi gas anestesi yang dilepaskan ke dalam kamar operasi lebih tinggi, terutama pada kamar operasi yang tidak mempunyai sistem pembuangan gas yang baik<sup>2,5,6</sup> sehingga kemungkinan terjadi toksisitas kronis pada petugas kamar

operasi relatif tinggi bila konsentrasi zat tersebut melebihi nilai ambang batas yang diperkenankan <sup>7,8</sup>. Untuk mengurangi kelebihan gas buang yang mencemari kamar operasi digunakan cara yang dikenal sebagai *scavenging system* <sup>5</sup>, tetapi cara ini memerlukan peralatan tersendiri dan kebanyakan kamar operasi tidak dilengkapi alat ini.

Biaya operasional pelayanan anestesi akibat banyaknya oksigen dan obat-obat anestesi inhalasi yang digunakan menjadi lebih besar <sup>2,5,11-13</sup>.

## **2.2. TEKNIK MEDIUM FLOW SEMICLOSED SYSTEM.**

Teknik anestesi umum inhalasi dengan aliran gas segar yang melalui alat penguap relatif rendah ( 1- 2 l/menit), kemudian masuk ke dalam sirkuit pernafasan pada katup pembuangan kelebihan gas ditutup hampir sempurna <sup>2,5,9,19</sup>.

Teknik anestesi umum inhalasi dengan menggunakan aliran gas segar ke dalam sirkuit pernafasan secara tertutup pertama kali diperkenalkan oleh Ralph Water tahun 1926 yang menemukan sistem penyerap CO<sub>2</sub> berupa kanister dan sodalime. Dengan ditemukannya kanister dan sodalime, maka derajat penghirupan kembali udara ekspirasi khususnya CO<sub>2</sub> (*rebreathing*) dapat dikurangi pada pemakaian alat pernafasan sistem sirkuit (lingkar). Teknik ini kemudian dikembangkan dengan menggunakan aliran gas segar yang rendah atau minimal ke dalam sirkuit pernafasan seiring dengan ditemukannya obat anestesi inhalasi yang baru. Publikasi teknik anestesi aliran gas rendah dalam sirkuit tertutup pertama kali tahun 1979<sup>2</sup>, yang kemudian populer pada tahun 1981 setelah ditemukannya siklopropan dan halotan <sup>2,18</sup>. Penggunaan teknik ini semakin luas, khususnya di negara-negara maju sejak ditemukannya obat-obat anestesi inhalasi baru yang lebih baik dan relatif mahal, meningkatnya pemahaman fisiologi dan farmakologi obat anestesi, berkembangnya teknologi mesin anestesi, alat penguap yang akurat serta adanya alat pemantau gas pernafasan <sup>2</sup>.

Beberapa keuntungan dari teknik anestesi low flow closed system, antara lain :

- Pemakaian dan konsumsi O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O serta obat anestesi inhalasi lainnya menjadi rendah, efek toksik menjadi kecil sehingga dosis total lebih kecil dan metabolit yang terbentuk juga semakin kecil. <sup>2,5,7,8,9,18,20,21</sup>
- Tingkat polusi gas anestesi dalam kamar operasi rendah. Rendahnya polusi gas anestesi dalam kamar operasi akan memperkecil kemungkinan efek toksik kronik bagi petugas kamar operasi, khususnya kamar operasi yang tidak dilengkapi alat pembuangan gas yang baik <sup>5,7,18</sup>.
- Sistem sirkuit pernafasan tertutup maka kelembaban dan panas udara pernafasan dapat dipertahankan dengan baik, sehingga aktifitas *silia mukosa* saluran pernafasan tidak mengalami gangguan.
- Biaya operasional pelayanan anestesi dengan teknik *low flow closed system* menjadi lebih rendah akibat rendahnya pemakaian oksigen dan obat anestesi inhalasi. Hal ini penting terutama pada pemakaian obat anestesi baru yang relatif mahal <sup>2,8,12,22</sup>.  
Teknik *low flow closed system* dan pernafasan kendali secara mekanik dapat menghemat dalam pemakaian obat anestesi inhalasi isoflurane sebesar 33%<sup>11</sup>, sedangkan penelitian yang lain telah dapat menghemat pemakaian obat anestesi inhalasi isofluran sebesar 54,7% dan enflurane sebesar 55,9 %<sup>12</sup>.

Prinsip utama anestesi teknik *low flow closed system* adalah memenuhi kebutuhan oksigen basal tubuh dan penyerapan CO<sub>2</sub> dalam sirkuit pernafasan secara maksimal. Salah satu kelemahan teknik ini dimana katup pembuangan kelebihan udara ekspirasi tidak berfungsi karena ditutup, maka derajat penghirupan kembali udara ekspirasi (rebreating) meningkat. Guna mengatasi hal tersebut aliran gas segar ( oksigen) harus dapat mencukupi kebutuhan oksigen basal, tidak ada kebocoran pada sirkuit pernafasan, dan alat penyerap CO<sub>2</sub> harus berfungsi baik agar konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam udara inspirasi tidak melebihi nilai ambang yang diperkenankan yaitu 0,2 % <sup>2,5,6,9</sup>.

## MESIN ANESTESI

Pada dasarnya peralatan berupa mesin anestesi yang digunakan untuk teknik *low flow closed system* juga dapat digunakan untuk teknik *high flow semiclosed system*<sup>5,6,9</sup>. Hal yang membedakan dari kedua teknik tersebut adalah pada tingginya aliran gas segar yang dilepaskan dari *flow meter*. *Flow meter* memegang peranan yang penting dalam menentukan besarnya aliran gas segar yang diinginkan, sehingga perlu dilakukan kalibrasi secara berkala dan mencegah adanya kebocoran agar aliran gas segar yang diinginkan dapat dilepaskan secara akurat.

Pada teknik *low flow* aliran gas segar yang diberikan relatif rendah, maka aliran gas dalam tabung *glass flow meter* dengan skala milimeter bersifat turbulen, sehingga *viskositas* gas berperan penting, sedangkan pada teknik *high flow* aliran gas yang diberikan relatif besar dan aliran bersifat laminar, maka yang berperan adalah densitas dari gas<sup>12</sup>.

### ALAT PENGUAP ( VAPORIZER)

Alat penguap (*vaporizer*) pada teknik anestesi *semiclosed* atau *closed system* penempatan dapat dilakukan di luar sirkuit pernafasan yang dikenal sebagai *vaporizer out of circuit (VOC)* yang banyak digunakan sebagai standar pada mesin anestesi, tetapi dapat juga ditempatkan di dalam sirkuit pernafasan yang dikenal sebagai *vaporizer in circuit (VIC)*<sup>5,9</sup>. Prinsip dasar dari alat penguap dengan variabel pintas adalah total aliran gas segar yang masuk akan terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama sekitar 20% dari total aliran akan masuk ke ruang penguapan yang kaya atau jenuh dengan uap obat anestesi (fase uap). Sedangkan bagian kedua sekitar 80 % dari total aliran akan langsung masuk ke ruang pintas dan akhirnya kedua bagian aliran ini akan bergabung pada *outlet* dari alat penguap<sup>5</sup>.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keluaran (*output*) dari alat penguap antara lain: laju aliran gas segar yang diberikan, temperatur, tekanan balik yang berulang-ulang, dan komposisi dari gas segar sebagai pembawa. Pada penggunaan alat penguap VIC, Volume dan konsentrasi uap anestesi yang dilepaskan dari alat penguap selalu lebih tinggi dari pada yang di set pada alat penguap, sehingga hal ini mungkin dapat membahayakan penderita dan jarang digunakan. Sedangkan penggunaan VOC pada teknik *high flow*, aliran gas

segar yang masuk ke alat penguap relatif tinggi maka volume dan konsentrasi uap obat anestesi inhalasi yang dilepaskan relatif sesuai dengan set konsentrasi yang diinginkan kecuali bila aliran gas segar ekstrim tinggi, sehingga konsentrasi uap tidak banyak mengalami perubahan karena telah terjadi dilusi. Tetapi bila aliran gas segar yang masuk ke alat penguap tersebut rendah, seperti pada *minimal flow* atau *low flow* aliran gas segar kurang atau sama dengan 1 liter/menit, maka konsentrasi uap yang dilepaskan sedikit lebih rendah dari yang diset pada alat penguap<sup>9,18</sup>.

Jenis alat penguap yang saat ini banyak digunakan baik untuk teknik *low flow* maupun teknik *high flow* adalah bersifat spesifik terhadap obat anestesi inhalasi tertentu, mempunyai variabel ruang pintas dan pengatur suhu ruang penguapan secara otomatis serta mampu menguapkan zat anestesi sesuai yang diinginkan pada aliran gas segar yang rendah, misalnya 250 –500 ml/menit. Jenis alat penguap demikian umumnya terdapat pada generasi Tec 3 –Tec 5<sup>5,9,13,23</sup>.

### **SIRKUIT PERNAFASAN**

Sirkuit pernafasan yang digunakan untuk teknik anestesi *low flow* ataupun *high flow* pada orang dewasa atau anak besar (berat-badan > 20 kg) berbentuk sirkular yang pada prinsipnya terdiri dari 7 komponen :

- Sumber masuk aliran gas segar
- Katup searah untuk inspirasi dan ekspirasi
- Pipa *corrugated* untuk inspirasi dan ekspirasi
- Konektor berbentuk Y
- Katup pembuangan kelebihan aliran (pop-of valve)
- Kantung *reservoir* untuk bantuan ventilasi manual
- Kanister yang berisi penyerap CO<sub>2</sub><sup>5,6</sup>.

Sedangkan pada anak-anak (BB < 20 kg), penggunaan sirkuit pernafasan sistem sirkular memerlukan suatu disain tersendiri mengingat sistem sirkular mempunyai resistensi yang tinggi dan terjadi penghirupan kembali udara ekspirasi (rebreathing). Penggunaan teknik anestesi *low flow closed system* pada anak-anak memerlukan sirkuit pernafasan yang dikenal dengan nama Revell Circulator<sup>9</sup>.

Prinsip dasar dari teknik *low flow closed system* adalah mencukupi kebutuhan oksigen basal tubuh dan penyerapan CO<sub>2</sub> udara pernafasan yang dihasilkan oleh tubuh<sup>2,3,18</sup>

Kebutuhan oksigen basal bervariasi antara 200-400 ml/menit. Dalam penggunaan sirkuit *rebreathing*, (2) menganjurkan pemakaian standar terminologi terbaik yaitu :

- Metabolik flow : ~ 250 ml/ menit
- Minimal flow : 250 – 500 ml/ menit
- Low-flow : 500 - 1000 ml/ menit
- Medium Flow : 1 –2 L/ menit
- High-Flow : 2 –5 L/ menit
- Very High-Flow : > 5 Liter/menit

Pada teknik *low flow closed system*, aliran gas segar yang diberikan sekitar 500-1000 ml/ menit dan katup pembuangan kelebihan gas ekspirasi tidak berfungsi maka oksigen yang diberikan harus dapat memenuhi kebutuhan basal tubuh, sehingga kebocoran sepanjang sirkuit pernafasan ataupun pada koneksi antar komponen sirkuit dan kanister penyerap CO<sub>2</sub> harus dicegah serta sisa kandungan nitrogen yang ada dalam sirkuit dan udara pernafasan harus dikeluarkan terlebih dahulu dengan cara menggunakan teknik *high flow* untuk beberapa menit pertama<sup>2,18</sup>.

Salah satu cara sederhana yang dapat digunakan untuk tes kebocoran sirkuit yaitu dengan memberikan tekanan pada sirkuit sebesar 0,4 kPa pada laju aliran 0,5 liter/menit<sup>9,18</sup>. Selain itu pada teknik ini derajat penghirupan kembali udara ekspirasi meningkat, sehingga alat penyerap CO<sub>2</sub> harus berfungsi dengan baik. Konsentrasi CO<sub>2</sub> tertinggi dalam udara inspirasi yang masih diperkenankan adalah tidak lebih dari 0,2 %<sup>2,6,9,18</sup>.

### ***CARBON DIOXIDE ABSORBENT***

Adanya *rebreating* akan menghemat panas dan kelembaban, walaupun di sisi lain CO<sub>2</sub> harus dieliminir untuk mencegah adanya hiperkapnia. *Carbon dioksida absorbent* (sodalime atau baralime) berisi *hidroksida salts* yang mempunyai kemampuan untuk menetralkan *carbonic acid*. Akhir dari reaksi akan menghasilkan panas, air dan kalsium

karbonat. Sodalime lebih banyak dipakai dari pada baralime. Kapasitas absorpsi sodalime adalah 23 liter CO<sub>2</sub> / per 100 g absorben, perubahan warna yang terjadi karena penambahan pH indikator menandakan adanya peningkatan ion hidrogen yang merupakan tanda bahwa absorben telah jenuh. Absorben harus diganti bila telah terjadi perubahan 50- 70 % pada warna indikator<sup>24</sup>.

Dikatakan bahwa kebutuhan (cost ) akan sodalime akan meningkat bila menggunakan FGF yang rendah ( closed system ) tapi peningkatan akan sodalime lebih kecil dibandingkan dengan penghematan agent anestesi inhalasi<sup>25</sup>.

## PEMANTAUAN

Untuk keamanan pada setiap tindakan anestesi harus dilakukan pemantauan terhadap tekanan darah , nadi, respirasi dan saturasi O<sub>2</sub> serta EKG bila ada indikasi. Dalam anestesi modern seiring dengan perkembangan teknologi alat pemantau , tindakan anestesi umum khususnya pada teknik *low flow closed system*, O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O digunakan sebagai aliran gas segar maka keamanan dan keselamatan penderita akan lebih terjamin bila disertai dengan penggunaan alat pemantau gas - gas pernafasan, sehingga akan dapat diketahui konsentrasi O<sub>2</sub> inspirasi dan ekspirasi<sup>2-5,18-26</sup>.

## 2.3. HALOTAN

Merupakan obat anestesi inhalasi *halogenated hydrocarbon* yang poten. Obat ini pertama kali disintesa oleh Suckling tahun 1951 berupa 2-bromo-2-chloro-1,1,1-Trifluoroethane (CF<sub>3</sub>CHBrCl) . Senyawa ini kemudian dikenal sebagai halotan dan secara farmakologis telah diteliti oleh Raventos tahun 1956, pertama kali diujicobakan pada binatang percobaan dan sampai saat ini masih banyak digunakan dalam praktek anestesi<sup>23,26</sup>

### Sifat Fisik.

Halotan berupa cairan yang mudah menguap, tidak berwarna, berbau manis dan tidak menyebabkan iritasi saluran nafas serta stabil dalam suhu kamar dan tidak mudah terbakar. Halotan mempunyai berat molekul 197,4 ; berat jenis dalam bentuk cairan per ml: 1,86 pada temperatur 20°C ; titik didih 50,2° C ; titik beku - 118,3°C ; tekanan uap jenuh 243,3 mmHg. Pada 20°C dan 290 mmHg. Pada 25°C ; kelarutan dalam air 0,345 g% ; kelarutan dalam darah 1,160 g%. Halotan mempunyai koefisien partisi air/gas 0,63 ; darah/gas 2,3 ; otak darah 2,9; minyak/gas 224. Konsentrasi minimum alveolar dari halotan berkisar antara 0,75 – 0,87% dengan N<sub>2</sub>O. Halotan relatif aman digunakan dengan sodalime dengan koefisien partisi antara gas-darah 2,3 maka halotan tergolong mempunyai kecepatan sedang dalam proses *wash-in* dan *wash-out* dari tubuh <sup>23,26,27</sup>.

### Farmakokinetik.

Halotan diabsorpsi atau dieliminasi dari paru relatif cepat, tetapi lebih lambat bila dibandingkan dengan N<sub>2</sub>O , isofluran, sevofluran atau desfluran. Dengan koefisien kelarutan antara gas- darah 2,3 maka konsentrasi alveolar ( $F_A$ ) dan konsentrasi inspirasi ( $F_I$ ) halotan akan cepat tercapai. Rasio konsentrasi alveoler dan konsentrasi inspirasi ( $F_A/F_I$ ) menentukan kecepatan obat anestesi inhalasi masuk ke paru atau keluar dari paru. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan penetrasi halotan dari alveolus ke dalam darah berdasarkan *prinsip Fick's* yaitu *konstanta difusi*, luas membran kapiler alveolus, ketebalan membran difusi, curah jantung, koefisien kelarutan halotan, konsentrasi halotan inspirasi dan konsentrasi halotan dalam darah vena campuran <sup>21-27</sup>.

Setelah diabsorpsi dari paru, halotan akan segera menuju ke organ yang kaya pembuluh darah, sehingga tekanan parsial halotan dalam darah kembali menurun dan terjadi lagi proses absorpsi dari alveolus sampai terjadi keseimbangan tekanan parsial halotan antara alveolus, darah dan otak. Bagian akhir dari proses ambilan ini terjadi pada jaringan otot dan jaringan lemak <sup>26,27</sup>. Proses ambilan dari paru sangat tergantung pada

konsentrasi inspirasi dari obat anestesi inhalasi. Begitu juga proses eliminasi dari tubuh . Pada orang dewasa kecepatan ambilan uap halotan 1% adalah sebesar 15 ml/menit dan pada konsentrasi 1,5% kecepatan ambilan menjadi 22,5 ml/ menit. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya keseimbangan tekanan parsial halotan antara darah – otak pada orang dewasa ( dengan asumsi berat otak 2100 gram dan koefisien darah otak 2,9 dimana aliran darah otak sekitar 1 liter/menit adalah 6,09 menit <sup>21,26</sup>.

Halotan mengalami metabolisme secara oksidasi dan reduksi di retikulum endoplasma hepar sebesar 18 – 25 % dari total dosis yang diberikan. Metabolisme secara oksidasi terutama terjadi pada tekanan oksigen normal, sedangkan pada keadaan tekanan oksigen berkurang metabolisme halotan terjadi secara reduksi <sup>7,8</sup>. Bio transformasi halotan secara oksidasi menghasilkan asam trifluoroasetat (TFA), ion klorida dan ion bromida. Sedangkan biotransformasi secara reduksi akan menghasilkan sejumlah kecil senyawa metabolit bromoklorotrifluoroetilin (BCF), klorodifluoroetilin(CDF) dan klorotrifluoroetan. Metabolit oksidasi berperan penting dalam terjadinya hepatitis-halotan <sup>7,8</sup>. Pada pemakaian halotan 1% selama 1 jam dengan teknik *semiclosed system* akan terbentuk metabolit BCF sebanyak 0,35 ppm dan CDF sebanyak 0,14 ppm. Sedangkan pada pemakain halotan 1% selama 1 jam dengan teknik *closed system* metabolit yang terbentuk adalah bromoklorodifluoroetilin (BCDF) sebanyak 4-5 ppm. Metabolit yang terbentuk ini sebagian adalah sebagai akibat adanya reaksi antara halotan dengan soda lime pada pemakaian sirkuit pernafasan <sup>7,8,23</sup>.

Eliminasi dari halotan sebagian besar melalui paru seperti halnya proses absorpsi dan sebagian kecil melalui urin. Pada eliminasi melalui paru selain halotan yang tidak mengalami biotransformasi juga metabolit volatil yang terbentuk dari biotransformasi reduksi serta sebagian kecil ion bromida dan klorida. Sedangkan senyawa metabolit TFA dan sebagian besar (95%) ion bromida dan klorida akan diekskresikan melalui urin <sup>7,8,23</sup>.

### **Farmakodinamik**

#### **Susunan Saraf Pusat**

- Halotan akan mendepresi susunan saraf pusat pada konsentrasi 0,5 – 3% yang terlihat dari perubahan pola gambaran EEG.

- Merupakan vasodilator serebral, meningkatkan aliran darah-otak dan volume darah-otak secara bermakna sehingga akan meningkatkan tekanan intrakranial bila terdapat adanya gangguan intrakranial. Pada 1 MAC tekanan kranial akan meningkat sebesar 3 kali dari keadaan awal dan pada 1,6 MAC akan meningkat 3,5 kali <sup>(23)</sup>.

#### **Sistem Kardiovaskuler**

- Secara umum halotan tidak menimbulkan perubahan pada laju denyut jantung, tetapi kadang-kadang terjadi bradikardia akibat berkurangnya *tonus simpatis* dan adanya dominasi vagal.
- Halotan dapat mendepresi nodus SA, sehingga akan mengurangi laju depolarisasi fase 4 dan akan meningkatkan ambang pembentukan potensial aksi. Dengan meningkatnya kedalaman anestesi, waktu konduksi serabut His – Purkinje, periode refrakter dari atrium serta periode refrakter fungsional dan waktu konduksi dari nodus AV akan memanjang. Halotan juga meningkatkan kepekaan miokard terhadap katekolamin endogen dan eksogen.
- Halotan menekan kontraktilitas miokard dan menurunkan isi sekuncup ventrikel kiri sehingga curah jantung akan menurun. Efek ini berhubungan dengan dosis yang diberikan.
- Penurunan tahanan vaskuler sistemik akibat halotan lebih kecil dibandingkan akibat isofluran, desfluran ataupun sevofluran.
- Tekanan vena sentral tidak mengalami perubahan pada konsentrasi kurang dari 1% dan akan meningkat pada konsentrasi halotan lebih dari 1,5% <sup>23,27,28</sup>.

#### **Metabolisme tubuh**

- Pada manusia, pemakaian halotan 1 MAC akan menurunkan konsumsi oksigen tubuh sekitar 30 % dan pada 2 MAC sebesar 40%.
- Kontribusi dalam penurunan konsumsi oksigen tubuh tergantung pada aktifitas organ terkait. Konsumsi oksigen miokard akan menurun sebanyak 47%, otot skeletal 23% , splanknikus 9% dan ginjal sebesar 5%.

## **Sistem Respirasi**

- Halotan akan mendepresi pusat pernafasan dimana volume tidal akan menurun dan laju nafas akan meningkat, sehingga ventilasi semenit akan menurun.
- Sekresi bronkhus dan tonus bronkhomotor akan menurun.
- Aktifitas otot-otot interkostal akan tertekan relatif sebanding dengan penurunan fungsi diafragma.
- Respon ventilasi terhadap CO<sub>2</sub> akan menurun akibat inhibisi langsung halotan pada batang otak. Efek depresi halotan ini paling kecil dibandingkan isofluran dan enfluran.
- Khemoreseptor perifer sangat sensitif terhadap halotan sehingga respon ventilasi terhadap hipoksemia akan menurun<sup>23</sup>.

## **Ginjal**

- Halotan 1-2 % akan menurunkan aliran darah ginjal dan laju filtrasi glomerulus secara reversibel, tetapi fungsi autoregulasi masih tetap baik sehingga produksi urin akan mengalami sedikit penurunan selama anestesi dengan halotan.
- Efek terhadap transport tubulus ginjal tidak ada atau relatif kecil<sup>23</sup>.

## **Hepar**

- Halotan 1,5 % akan menurunkan aliran darah splanknik sekitar 25 – 30% akibat penurunan curah jantung tetapi tahanan vaskuler splanknik relatif tidak berubah kecuali pada usia lanjut dimana tahanan vaskuler splanknik menurun sekitar 20%.
- Retensi bromosulfalin akan meningkat setelah anestesi dengan halotan tetapi peningkatan kadar transaminase serum jarang terjadi (4:1000)
- Berdasarkan penelitian dari United States Halothane Study, halotan merupakan obat anestesi inhalasi yang aman. Insiden terjadinya hepatitis halotan sangat kecil, 1: 36.400<sup>8,23</sup>

## **Otot Skeletal**

- Pada anestesi halotan yang ringan, terjadi relaksasi otot moderat.
- Relaksasi yang adekuat untuk pembedahan abdomen atas masih tetap membutuhkan tambahan pelumpuh otot<sup>23</sup>.

## **Dosis**

Untuk induksi anestesi, konsentrasi halotan dapat berkisar antara 2 –4 % sedangkan untuk pemeliharaan konsentrasi inspirasi dari halotan berkisar antara 0,5 – 1% dengan N<sub>2</sub>O<sup>23</sup>.

## **2.4. NITROUS OXIDE**

### **Sifat Fisika- Kimia.**

N<sub>2</sub>O merupakan gas inert yang tidak berwarna, mempunyai bau dan rasa agak manis, densitas dalam bentuk gas 1,5 kali dari udara dan berat molekulnya 44,01. Penyimpanannya dalam bentuk cairan dan gas dalam silinder bertekanan dengan suhu kritis 36,5°C, tekanan kritis 71,7 atm, tidak mudah terbakar dan meledak serta titik didihnya - 88,44 ° C. N<sub>2</sub>O mempunyai koefisien kelarutan antara minyak/gas 1,4; darah/gas 0,47; air/gas 0,44; jantung/darah 1; otak/darah 1,1 dan otot/darah 1,2. Stabil dan tidak bereaksi dengan soda lime. Merupakan obat anestesi yang kurang poten dengan konsentrasi alveoler minimal 104<sup>23</sup>.

### **Farmakokinetik**

Absorpsi dan eliminasi N<sub>2</sub>O melalui paru karena kelarutannya yang rendah maka tekanan parsial yang diinginkan dalam alveolus, darah dan otak akan cepat tercapai sehingga proses pemasukan ke tubuh dan pengeluaran dari tubuh lebih cepat dibandingkan dengan obat anestesi inhalasi yang lain. Menurut Severinghaus (1954), ambilan N<sub>2</sub>O dari saat diberikan sampai akhir menit pertama mencapai 1000 ml/ menit, dan selanjutnya berbanding terbalik dengan akar waktu sehingga pada menit kelima menjadi 600 ml/menit, menit ke 10 menjadi 350 ml/ menit dan sampai menit ke 50 ambilan masih sekitar 100 ml/ menit. Proses ambilan ini tentunya telah memperhitungkan adanya pengisian pada kapasitas residu paru dan volume sirkuit pernafasan. Selama 30 menit pertama anestesi dengan N<sub>2</sub>O gas yang diabsorpsi tubuh sekitar 10-12 liter dan selama 2 jam total absorpsi sekitar 30 liter<sup>21,23,26</sup>.

N<sub>2</sub>O didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Konsentrasi pada jaringan tergantung pada fungsi perfusi per unit volume jaringan. Selama 10 menit pertama porsi terbesar ambilan N<sub>2</sub>O akan menuju ke organ kaya pembuluh darah, sehingga kejenuhan akan tercapai. Pada saat yang sama sebagian kecil ambilan akan menuju jaringan otot selama 30 menit pertama ambilan sekitar 200 – 300 ml/menit, pada menit ke 45 ambilan menurun sampai 45 ml/menit dan setelah 90 menit menjadi 25 ml/menit. Sedangkan ambilan jaringan lemak lebih lambat, sekitar 50 – 100 ml/menit selama 100 menit pertama<sup>23</sup>.

Eliminasi dari N<sub>2</sub>O sebagian besar melalui paru dan sebagian kecil melalui kulit, keringat, urin, dan gas dalam saluran usus. Pola eliminasi melalui paru merupakan kebalikan dari kurve ambilan alveolus, tetapi kecepatan ambilan lebih lambat dari proses eliminasi. Eliminasi yang cepat melalui paru setelah penghentian anestesi dapat menimbulkan *hipoksia difusi*. Selama 5- 10 menit, 500 – 800 ml/menit N<sub>2</sub>O akan masuk ke alveolus dari sirkulasi kapiler yang menyebabkan dilusi dan mendesak oksigen alveolar. Untuk mencegah *hipoksia difusi* setelah pemakaian N<sub>2</sub>O harus diberikan Oksigen 100% selama 5-10 menit masa pemulihan<sup>23,26</sup>.

## **Farmakodinamik**

### **Susunan Saraf Pusat**

- Pada konsentrasi 25 % menyebabkan sedasi ringan. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi , semua modalitas sensasi akan dipengaruhi. Efek analgetik mulai terjadi pada konsentrasi minimal 27% . Pada konsentrasi 50% efek analgetik N<sub>2</sub>O sebanding dengan 10 mg morfin.
- Pada konsentrasi 70 % laju metabolisme serebral (CMRO<sub>2</sub>) sedikit dipengaruhi. Pada konsentrasi 50% aliran darah otak akan meningkat sampai 2 kali lipat.
- Perubahan pola gambaran EEG minimal, berupa peningkatan amplitudo dan penurunan frekuensi<sup>23</sup>.

## **Sistim Kardiovaskular**

- Mempunyai efek minimal terhadap denyut jantung dan curah jantung. Peningkatan curah jantung ringan sebagai refleksi dari aktifitas simpatis.
- *Depresi miokard* adalah ringan dan dapat dikompensasi oleh peningkatan aktifitas simpatis. Pada penderita dengan penyakit koroner kebutuhan oksigen miokard sedikit menurun.
- Pada keadaan tidak ada *hipoksia* dan *hiperkarbia*, N<sub>2</sub>O mempunyai efek yang ringan terhadap tekanan darah, tekanan vena dan tahanan vaskular<sup>23</sup>.

## **Sistem Respirasi**

- Tidak menyebabkan iritasi saluran nafas, tidak merangsang sekresi kelenjar dan tonus bronkomotor tidak berubah, kompliens dinding dada sedikit menurun.
- Sensitifitas laring dan trachea menurun sehingga kemungkinan terjadinya spasme laring berkurang.
- Respon ventilasi terhadap CO<sub>2</sub> tidak berubah tetapi respon terhadap hipoksia dihambat.
- Pada konsentrasi 70% terjadi sedikit pergeseran kurve disosiasi oksihemoglobin ke kanan<sup>23</sup>.

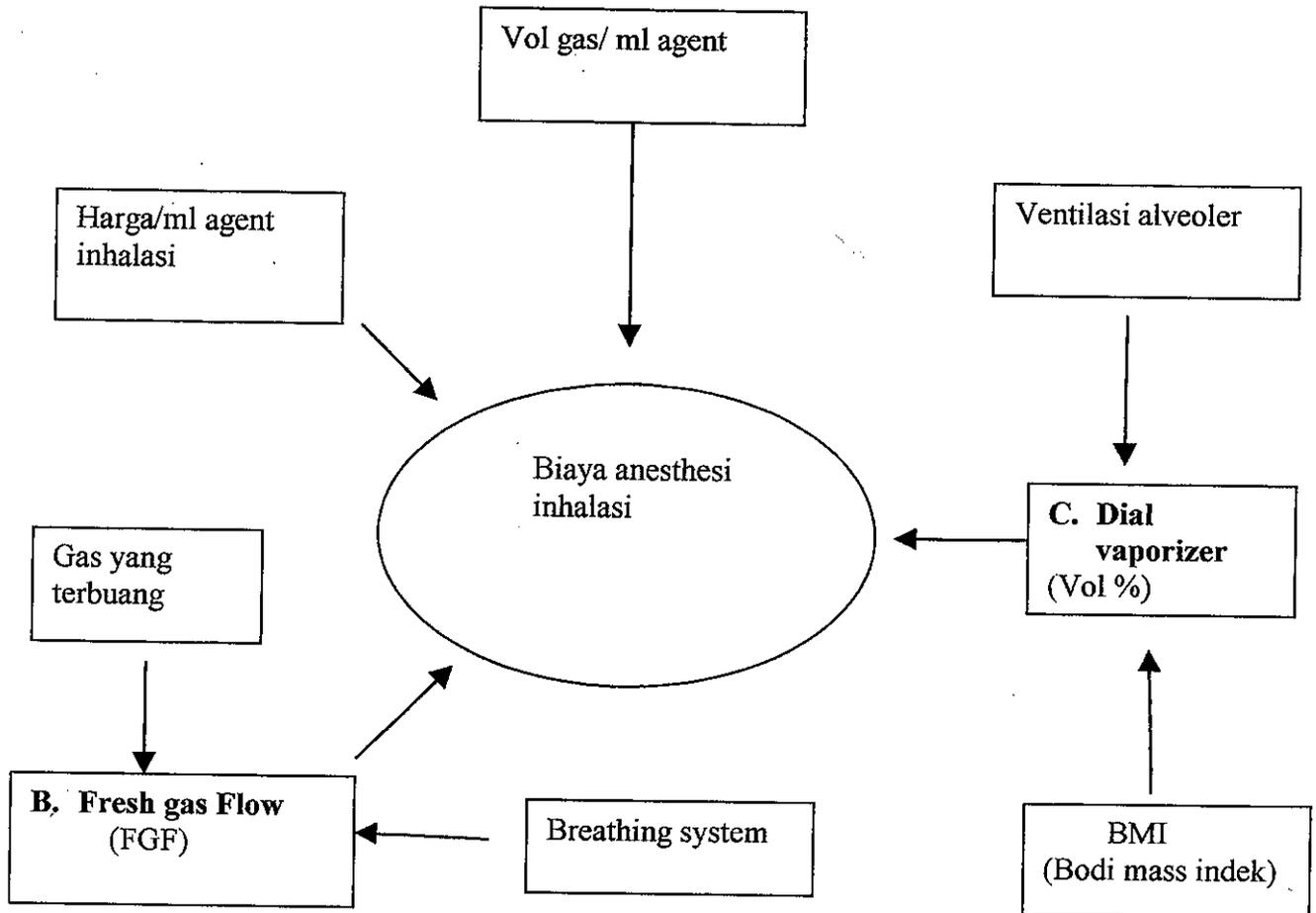
## **Prinsip Pemberian**

N<sub>2</sub>O merupakan obat anestesi inhalasi yang kurang poten tetapi mempunyai efek analgesia yang kuat dengan MAC 104. Pemberian yang melebihi konsentrasi 80% akan menimbulkan hipoksia kecuali dalam keadaan hiperbarik. Pemberian dalam praktek klinik biasanya dengan konsentrasi sub anestetik. Melalui konsentrasi subanestetik ini memberikan keuntungan, di samping mencegah terjadinya hipoksia, efek anestesi dari N<sub>2</sub>O dan obat anestesi volatil lain bersifat *additif*. Pada konsentrasi 70% N<sub>2</sub>O akan

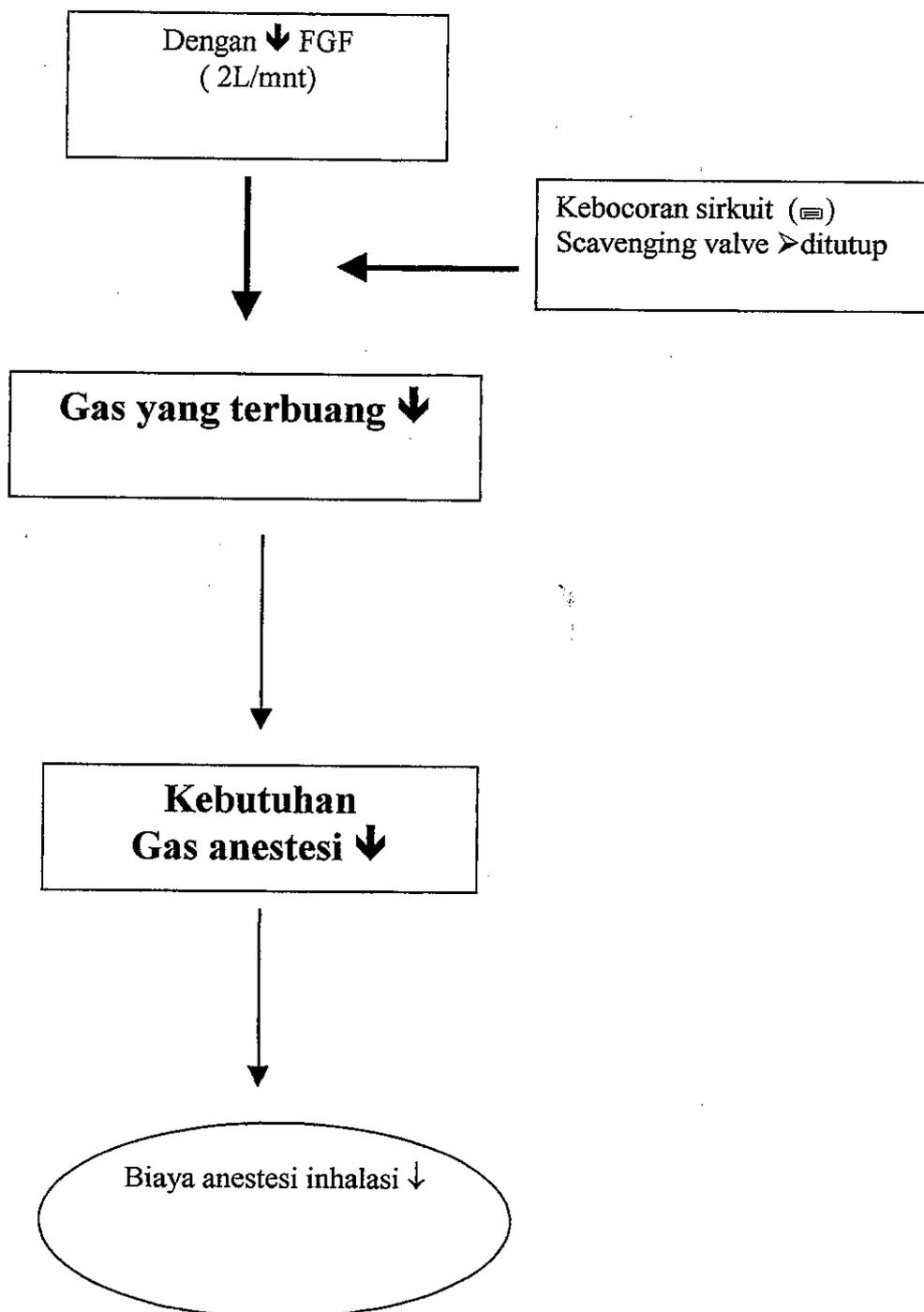
mengurangi konsentrasi halotan yang diperlukan untuk mencapai 1 MAC sekitar 0,25%. Dengan adanya *second gas effect* dan sifat *additif* maka konsentrasi alveoler akan tinggi dan kedalaman anestesi cepat tercapai <sup>21,23,26</sup>.

**BAB III**  
**KERANGKA TEORI, KONSEP, HUBUNGAN VARIABEL**  
**DAN HIPOTESIS**

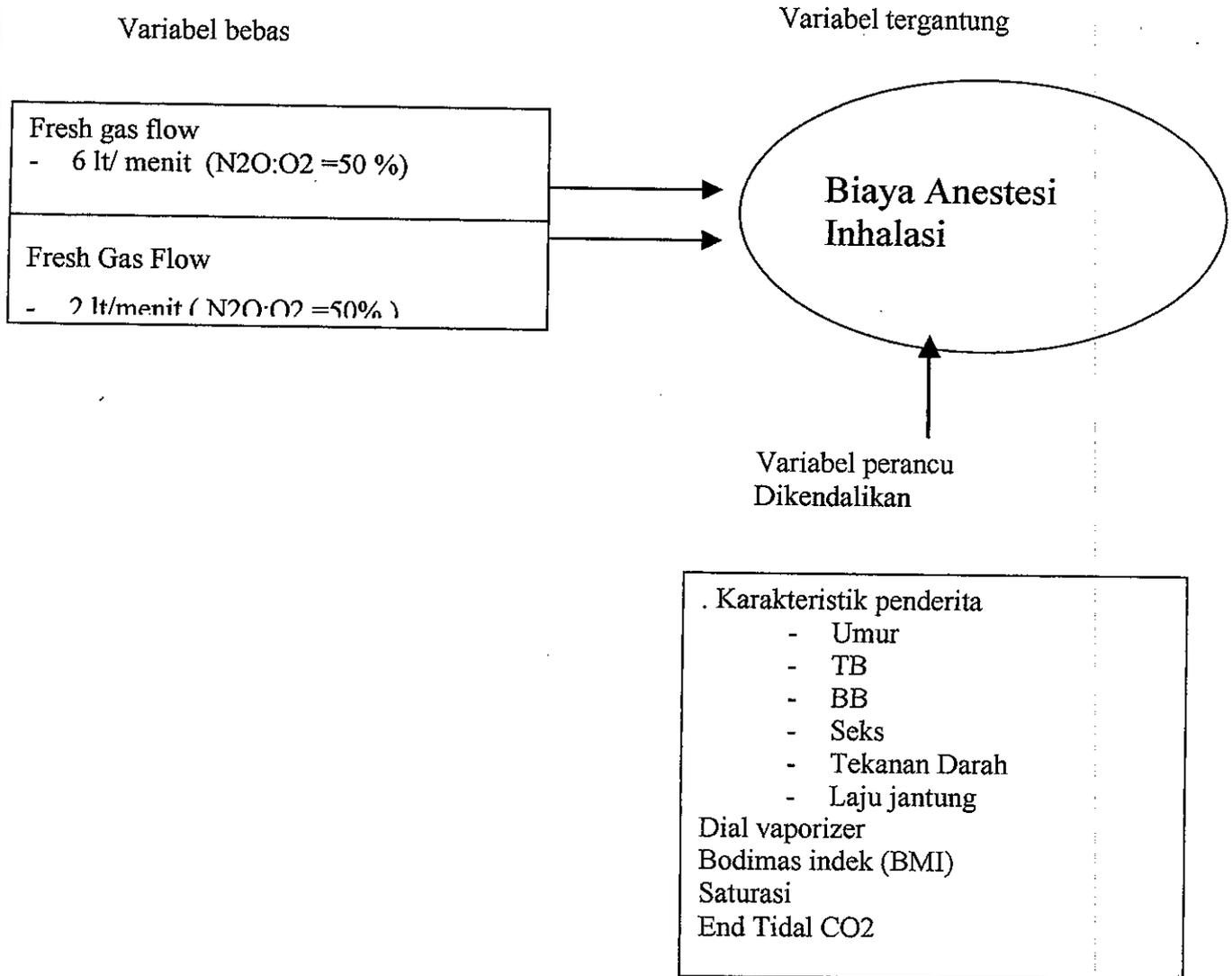
**III. 1. KERANGKA TEORI**



### III. 2. KERANGKA KONSEP



### III. 3. HUBUNGAN ANTAR VARIABEL



## VARIABEL

### Macam-macam variabel

a. Variabel tergantung

Biaya anestesi inhalasi per jam pembiusan.

b. Variabel bebas

Teknik anestesi inhalasi *medium flow semiclosed system* atau *high flow semiclosed system*.

b. Variabel perancu

- Umur
- Tinggi Badan
- Berat Badan
- Seks
- Tekanan darah
- Laju jantung
- Dial Vaporizer
- Bodimas indek (BMI)
- Saturasi Oksigen (Sa O<sub>2</sub>)
- End Tidal CO<sub>2</sub>

## III.4. DEFINISI OPERASIONAL

Umur : Usia kronologis pasien dalam tahun

Tinggi Badan : pengukuran tinggi pasien dalam meter sebelum operasi

Berat Badan : penimbangan berat pasien dengan memakai alat timbang badan se  
belum operasi

Seks : Jenis kelamin pasien terdiri atas : laki-laki dan wanita.

Tekanan darah : pengukuran tekanan darah pasien dengan menggunakan alat tensimeter ' Criticon Dinamap – 845 XT' sebelum dan selama operasi.

Laju jantung : Pengukuran laju jantung per menit dengan alat Ohmeda Biox 3700 e Pulse Oksimetri

Biaya anestesi Inhalasi :

: Jumlah kebutuhan anestesi inhalasi habis pakai yang terdiri dari ( O<sub>2</sub>,N<sub>2</sub>O, Halotan ) yang diperlukan selama pembiusan satu jam dikalikan harga per satuan agent yang berlaku di rumah sakit Dr Kariadi Semarang .

Penghitungan kebutuhan Halotan yang terpakai : berdasarkan selisih antara jumlah halotan yang diisikan ke vaporizer ( alat penguap ) sebelum anestesi ( operasi) dengan jumlah halotan yang tersisa di alat penguap setelah anestesi (operasi) dengan bantuan gelas ukur 100 ml.

Penghitungan kebutuhan N<sub>2</sub>O yang terpakai : berdasarkan dial Flowmeter terpasang ( high flow = 3 l/mnt, medium flow= 1 l/mnt) dikalikan lama(anestesi) operasi.

Penghitungan kebutuhan O<sub>2</sub> yang dipakai : berdasarkan dial Flowmeter terpasang ( high flow = 3 l/mnt, medium flow= 1 l/mnt) dikalikan lama(anestesi) operasi.

*Fresh Gas flow* : adalah jumlah aliran gas segar ( N<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub> ) yang terpasang di Flowmeter yang dialirkan ke vaporizer dan sirkuit pernafasan.

*High flow* : adalah teknik anestesi inhalasi dengan menggunakan FGF 6 l/mnt.

*Medium flow* : adalah teknik anestesi inhalasi dengan menggunakan FGF 6 l/mnt.

*Semiclosed system* : adalah teknik anestesi inhalasi menggunakan sirkuit pernafasan lingkaran dengan CO<sub>2</sub> absorben dimana pasien mengalami rebreathing parsial.

*Closed system* ; adalah teknik anestesi inhalasi menggunakan sirkuit pernafasan lingkaran dengan CO<sub>2</sub> absorben dimana pasien mengalami rebreathing total .

Dial Vaporizer : Volume % terpasang pada alat penguap pada saat anestesi (operasi) sesuai dengan kebutuhan kedalaman anestesi.

BMI : Indeks masa tubuh dihitung dengan rumus sbb: Berat badan (Kg) dibagi tinggi badan kwadrat (meter).

Lama anestesi : waktu yang dihitung dalam jam , dimulai saat N<sub>2</sub>O dan halotan diberikan sampai dengan N<sub>2</sub>O dan halotan dihentikan.

Breathing system : sistem pernafasan yang menghubungkan antara pasien dan mesin anestesi.

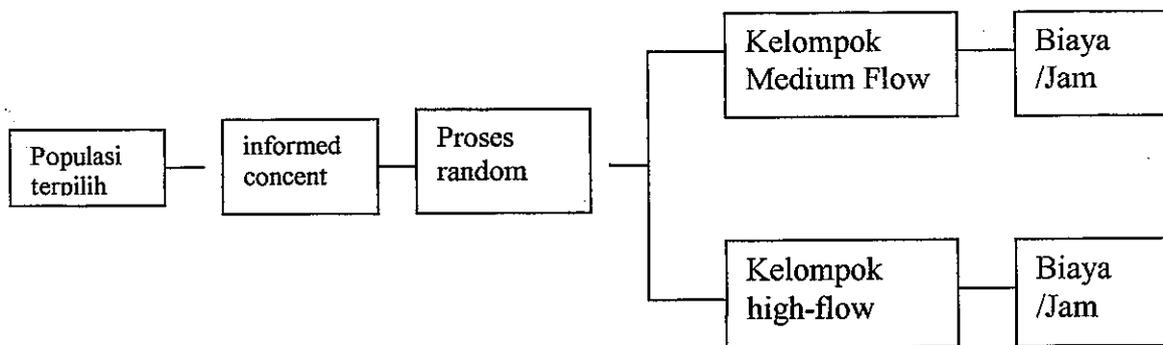
### III. 5. HIPOTESIS

Penggunaan teknik *medium flow semiclosed system* lebih menghemat biaya anestesi inhalasi dibanding dengan teknik *high flow semiclosed sistem* dengan kualitas anestesi setara dan aman.

## BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

### IV.1 RANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini bersifat eksperimental terbuka dan *cost minimization analysis*, dengan membandingkan biaya operasional dari suatu prosedur alternatif teknik anestesi yang ekuivalen terhadap biaya operasional teknik anestesi yang selama ini biasa digunakan di rumah sakit Dokter Kariadi. Dengan bentuk rancangan *post-test control group design*<sup>29,30</sup> sebagai berikut :



Randomisasi dilakukan untuk menetapkan subyek penelitian dalam dua kelompok. Kelompok pertama dilakukan anestesi umum inhalasi dengan teknik *medium flow semiclosed system* menggunakan N<sub>2</sub>O 50 % dalam oksigen dengan laju aliran gas segar (FGF ) 2 liter/ menit dan halotan. Kelompok kedua dilakukan anestesi umum inhalasi dengan teknik *high-flow semiclosed system* menggunakan N<sub>2</sub>O 50% dalam O<sub>2</sub> dengan laju aliran gas segar 6 liter/ menit dan halotan.

## **4.2. RUANG LINGKUP PENELITIAN**

### **4.2.1. SUBYEK PENELITIAN**

Penderita yang memerlukan anestesi umum untuk tindakan pembedahan elektif, meliputi bedah digestif, bedah ortopedik dan bedah ginekologik mayor yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.

#### **1. Kriteria inklusi**

- a. Umur penderita 18 – 60 tahun.
- b. Indeks Massa Tubuh (BMI) kurang dari 30.
- c. Status fisik ASA I-II.
- d. Penderita tidak mempunyai indikasi kontra atau hipersensitif terhadap halotan.
- e. Penderita tidak menolak.

#### **2. Kriteria dropout:**

Penderita akan dikeluarkan dari penelitian ini bila terjadi :

- a. Perdarahan yang melebihi 20 % dari estimasi volume darah.
- b. Perubahan hemodinamik melebihi 20% dari keadaan awal.
- c. Alergi obat.

### **4.2.2. TEMPAT PENELITIAN**

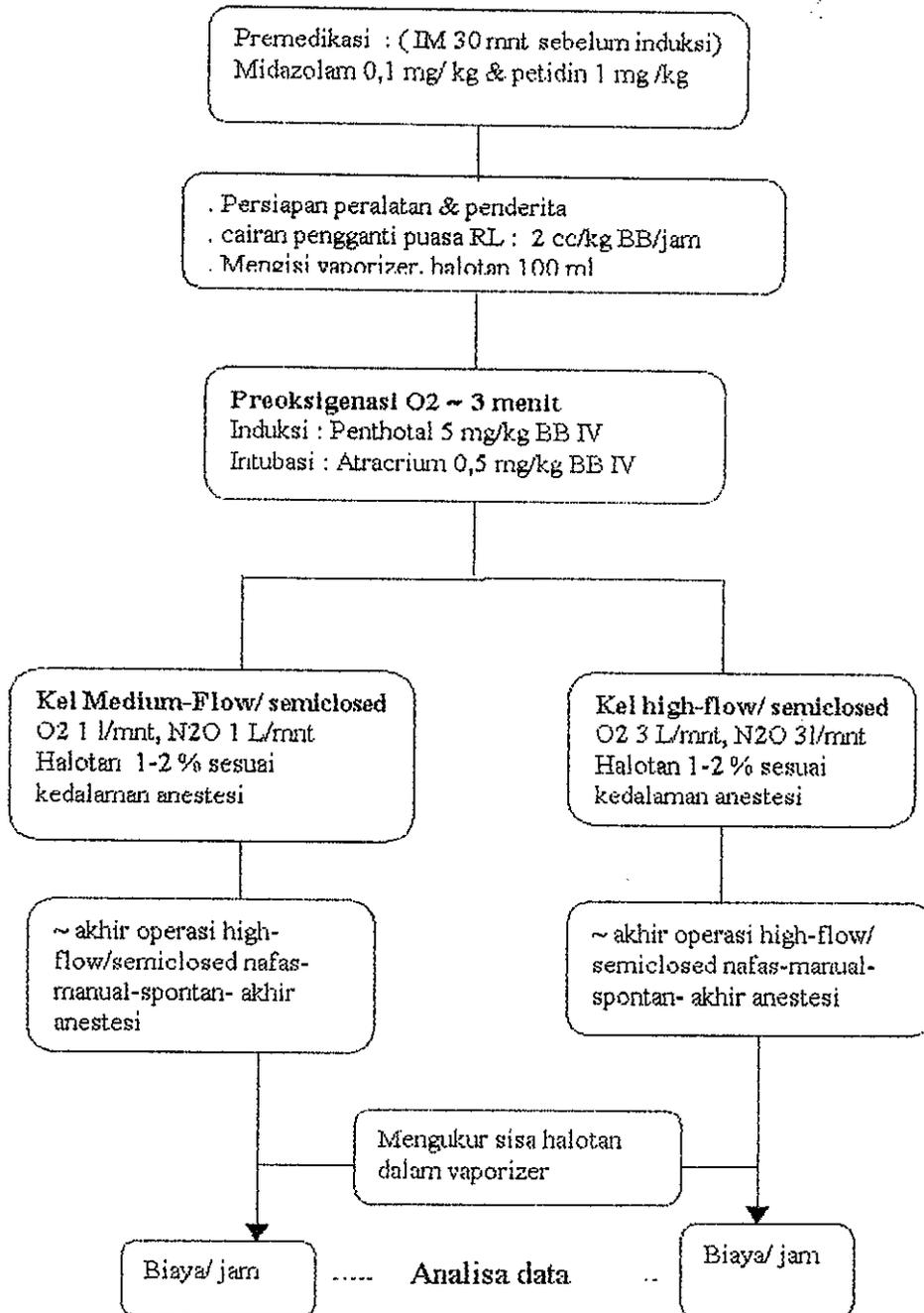
Instalasi Bedah Sentral Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang.

### **4.2.3. WAKTU PENELITIAN**

Dimulai bulan juni –agustus 2001 kurang lebih 3 bulan.

### 4.3 KERANGKA KERJA PENELITIAN

Penelitian dilakukan di rumah sakit Dr Kariadi Semarang terhadap penderita yang terpilih, dan telah dilakukan *informed consent*, serta randomisasi



#### IV.4. POPULASI DAN BESAR SAMPEL

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh penderita yang menjalani operasi elektif di Instalasi Bedah Sentral (IBS) Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang menggunakan teknik anestesi umum inhalasi, namun mengingat keterbatasan dana dan waktu yang tersedia, cara pengambilan sampelnya menggunakan sistem *consecutive sampling*. Beberapa hal yang dapat mengganggu hasil penelitian (variabel perancu), perlu randomisasi dan pengendalian variabel-variabel tersebut menggunakan seleksi penderita dengan kriteria seperti tersebut di atas<sup>(31,32)</sup>

Secara statistik jumlah sampel minimal (minimally sample size) yang diperlukan dalam penelitian ini agar sifatnya representatif atau bisa digeneralisasikan dengan menggunakan rumus sbb:(33)

$$N_1 = N_2 = 2 \left[ \frac{(z_\alpha + z_\beta) s}{(x_1 - x_2)} \right]^2$$

Pada penelitian ini diasumsikan distribusi data adalah normal. Perkiraan besar sampel dihitung berdasarkan  $\alpha$  dan  $\beta$  yang ditentukan secara apriori (dimana  $\alpha = 0,05$   $Z_\alpha = 1,64$  dan  $\beta = 0,10$   $Z_\beta = 1,28$ )

$Z_\alpha / \beta$  = deviat Z yang berhubungan dengan tingkat kesalahan  $\alpha / \beta$  (Pada penelitian ini ditetapkan tk kesalahan tipe I ( $\alpha$ ) = 0,05 berarti tingkat kemaknaannya 95% ( $p < 0,05$ ) sedangkan tingkat kesalahan tipe II ( $\beta$ ) = 0,10 berarti tingkat ketajamannya (power) 90%

Dimana :

N = jumlah sample tiap kelompok

$\alpha = 0,05$

$Z_\alpha = 1,64$

$\beta = 0,10$

$Z_\beta = 1,28$

X1 = rata-rata biaya untuk high flow / jam = 0,8 (dari pustaka 17)

X2 = rata-rata biaya untuk medium flow/jam = 0,38 (dari pustaka 17)

S = simpang baku untuk kedua kelompok = 0,6 (dari pustaka 14)

Maka akan didapatkan angka : 34

Pengelompokan penderita / cara alokasi sampel penelitian dilakukan dengan teknik randomisasi blok dan dijadikan 2 kelompok, masing-masing 34 penderita untuk kelompok kontrol ( group A) serta 34 penderita yang lain untuk kelompok perlakuan (group B).

Sebelumnya seluruh penderita ini harus telah mendapatkan penjelasan lisan tentang prosedur yang akan dijalani serta menyatakan kesediaannya secara tertulis untuk mengikuti penelitian ini dalam suatu lembar *informed consent*.

#### **4.5. CARA KERJA PENELITIAN**

Semua tindakan yang berhubungan dengan anestesi pada penderita dilakukan oleh residen anesthesiologi yang sedang bertugas di kamar operasi IBS rumah rakit Dr. Kariadi Semarang.

Pada penelitian ini dilakukan tata kerja sebagai berikut:

1. Semua penderita yang terpilih dalam penelitian ini diberikan penjelasan mengenai teknik anestesi yang akan dilakukan dan menyetujui serta menanda tangani *informed concent*
2. Dilakukan anamnesa, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan data laboratorium, rontgen foto thorak dan EKG sesuai indikasi
3. Mempersiapkan dan memeriksa peralatan yang akan digunakan. Alat penguap (vaporizer) halotan dikosongkan , lalu diisi kembali dengan halotan sebanyak 100 ml.
4. Dilakukan premedikasi : midazolam 0,1 mg/kg BB dan petidin 1 mg/ kg secara IM 30 menit sebelum operasi.
5. Dilakukan pemasangan jalur infus dan penggantian cairan RL 10 ml/ kg BB.
6. Dilakukan pemasangan alat monitor dimeja operasi , hasil pengukuran dicatat sebagai data awal (0)

7. Sirkuit pernafasan di *flushing*, lalu diberikan preoksigenasi selama 3 menit, induksi dengan pentotal 5 mg/kg BB, dan intubasi dengan bantuan Atracrium 0,5 mg/kgBB, secara intravena. dilakukan bantuan ventilasi selama 5 menit dengan FGF sesuai kelompok *secara semiclosed system* dan halotan 1-2 % pada dial setting
8. Segera setelah intubasi dilakukan pemasangan probe sensor gas antara konektor ET dan sirkuit pernafasan.
9. Pernafasan dikendalikan secara mekanik dengan volume tidal 10 ml/kgBB dan laju nafas 12 kali/menit. Obat pelumpuh otot yang digunakan Atracurium 0.5 mg/kg BB secara intravena dan bila diperlukan tambahan diberikan separuh dosis awal.

**Kelompok Medium-flow semiclosed system** : FGF 2 Liter/menit, N<sub>2</sub>O 50% : O<sub>2</sub> 50% dan katup ekspirasi ditutup hampir penuh . Konsentrasi inspirasi (Dial Vaporizer) halotan 0,7-0,8 % sesuai kebutuhan kedalaman anestesi. Keadaan ini dipertahankan selama operasi sampai operator menjahit kulit . Kemudian FGF dinaikan menjadi 6 liter/menit dan pernafasan diambil alih secara manual untuk selanjutnya spontan.

**Kelompok high-flow semiclosed system** : FGF 6 liter/menit N<sub>2</sub>O 50% : O<sub>2</sub> 50% dengan katup ekspirasi ditutup separuh. Konsentrasi inspirasi halotan 0,7-0,8 %. Keadaan ini dipertahankan sampai operator menjahit kulit dan pernafasan diambil alih secara manual untuk selanjutnya spontan.

10. Selama anestesi dan operasi berlangsung dilakukan pengambilan data-data denyut nadi, tekanan sistolik dan diastolik, saturasi O<sub>2</sub>, konsentrasi inspirasi serta end tidal CO<sub>2</sub>.
11. Setelah operasi selesai anestesi diakiri dengan menghentikan N<sub>2</sub>O dan halotan. Penderita diberikan O<sub>2</sub> 100% selama 5-10 menit dan selanjutnya dilakukan ekstubasi.

12. Saat mulai memberikan N<sub>2</sub>O dan halotan dicatat sebagai waktu awal anestesi dan saat menghentikan dicatat sebagai akhir anestesi.
13. Dilakukan pengosongan vaporizer, halotan yang keluar ditampung kedalam gelas ukur dan dicatat jumlahnya.

#### **IV.6. MESIN ANESTESI ALAT. PENGUKUR, BAHAN OBAT-OBATAN**

Mesin anestesi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Ohmeda Exell 110 dengan alat penguap Halotan Ohmeda Fluotec V, Ventilator ohmeda 7000

Pengukuran tekanan darah dan laju nadi dilakukan dengan menggunakan tensimeter ' Criticon Dinamap -845 XT'

Pemantauan irama jantung dan konfirmasi laju nadi dilakukan dengan alat monitor EKG Ivy-701 dan stetoskop reister

Pengukuran Saturasi oksigen dan laju nadi dilakukan dengan Ohmeda Biox 3700 e Pulse Oksimetri.

Pengukuran End Tidal CO<sub>2</sub> dilakukan dengan Capnograd Novametrix 1260.

Penghitungan halotan yang terpakai berdasarkan selisih antara jumlah halotan yang diisi ke alat penguap sebelum operasi dengan jumlah halotan yang tersisa dari alat penguap setelah operasi dengan bantuan gelas ukur 100 ml.

**Bahan dan obat-obatan lain yang dibutuhkan :**

**a. Alat-alat :**

1. Gelas ukur 100 ml
2. Semprit disposibel 5 cc
3. Semprit disposibel 1 cc
4. Kateter IV G.18
5. Set Infus
6. Stop Watch

**b. Bahan-bahan :**

1. Halothan
2. Dormicum 5 mg
3. Petidin inj 100 mg
4. RL 500 ml
5. Pentothal
6. Atracrium besylat

#### **IV.7. DATA DAN ANALISA DATA**

Data dicatat dalam suatu lembar penelitian yang telah dirancang secara khusus, satu lembar untuk setiap satu penderita. Setelah data-data yang cukup memenuhi kriteria dalam penelitian ini terkumpul, kemudian dipisahkan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan, sesuai nomor kode lembar penelitian masing-masing.

Data diolah dengan menggunakan program SPSS untuk mengetahui rata-rata SD (standar deviasi), range dari masing-masing variabel penelitian, selain itu secara diskriptif untuk mengetahui efek samping saat tindakan anestesi pada kedua kelompok.

Uji statistik dilakukan untuk membuktikan hipotesa dengan t-test, sebelumnya dilakukan uji normalitas data (*Kolmogorof-Smirnov*).

Bila Nilai  $p < 0,05$  maka signifikan.

Penyampaian data direncanakan dalam bentuk tabel dan grafik. Mengingat secara teoritis maupun dari hasil penelitian sebelumnya hampir dipastikan terjadi penghematan biaya (kebutuhan agent anestesi), maka uji yang dilakukan cukup dengan menggunakan harga P 1 ekor (*one-tail significance*).

#### **IV.8 PERHITUNGAN HARGA.**

Harga satuan halotan /ml, O<sub>2</sub> / liter dan N<sub>2</sub>O / liter berdasarkan harga patokan yang dikeluarkan oleh instalasi Farmasi RSUP Dr Kariadi Semarang yaitu halotan = Rp 3 540,- / ml, N<sub>2</sub>O = Rp 69,5,- / Liter. O<sub>2</sub> = Rp 15,13,- / Liter.

Perhitungan pemakaian O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O adalah besar aliran gas yang diberikan dikalikan lama anestesi (dalam menit) dan harga satuan per liter.

Perhitungan untuk pemakaian halotan adalah selisih antara halotan sebelum dan sesudah anestesi dikali harga satuan halotan / ml.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN

#### A. HASIL

Selama periode juni-Agustus 2001 telah dilakukan penelitian terhadap 64 orang penderita yang memerlukan anestesi umum untuk pembedahan ginekologi, digesti, onkologi dan ortopedi elektif. Semua penderita dengan status fisik ASA-I-II dan tidak ada yang dropout dari penelitian ini. 68 kasus tersebut dibagi dua kelompok, kelompok *medium flow* dan kelompok *high flow*.

Tabel 1. Data demografi pasien kedua kelompok.

VARIABEL	MEDIUM FLOW RERATA ± SD	HIGH FLOW RERATA ± SD	Uji - t	p
UMUR	35.62 ± 10.05	34.79 ± 12.49	0.299	0.766
BERAT BADAN	54.47 ± 8.29	54.24 ± 9.94	0.106	0.916
TINGGI BADAN	156.32 ± 8.06	154.44 ± 44	0.952	0.345
BMI	22.13 ± 1.57	22.49 ± 2.27	0.752	0.455
LELAKI	18	16		
WANITA	16	18		

**Keterangan :** Umur dalam tahun, BMI = Body mass Index = BB. Kg / (TB) 2 meter, SD = Standar Deviasi. Uji statistik dengan independent t test, tidak ada perbedaan bermakna antara kelompok *medium flow* dan *high flow* ( $p > 0.05$ ).

**Tabel 2. Data klinis penderita sebelum induksi**

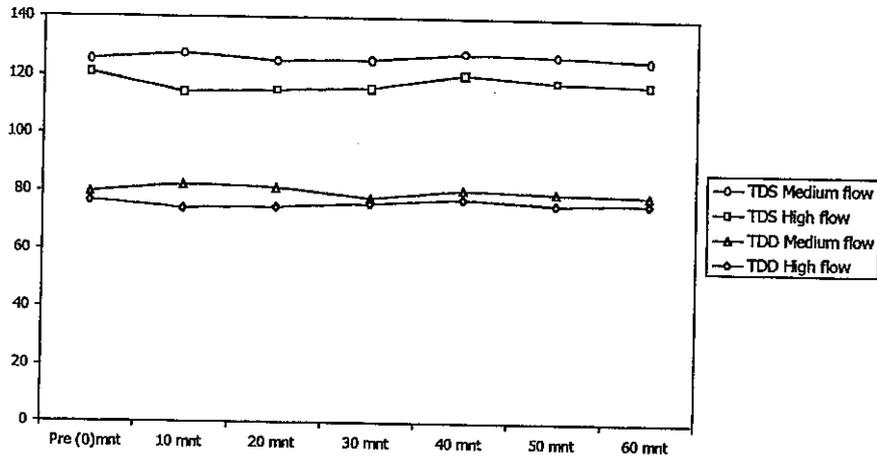
VARIABEL	MEDIUM FLOW RERATA ± SD	HIGH FLOW RERATA ± SD	Uji- t	ρ
LAJU NADI	86.06 ± 11.72	87.47 ± 9.86	-0.157	0.876
T. SISTOLIK	125.62 ± 11.96	121.12 ± 11.91	1.554	0.125
T. DIASTOLIK	79.82 ± 7.14	76.94 ± 6.82	1.702	0.093
Sa O2 %	97.35 ± 0.65	97.44 ± 0.56	-0.601	0.550

Tidak ada perbedaan yang bermakna pada kedua kelompok pada data klinis ( $p > 0,05$ )

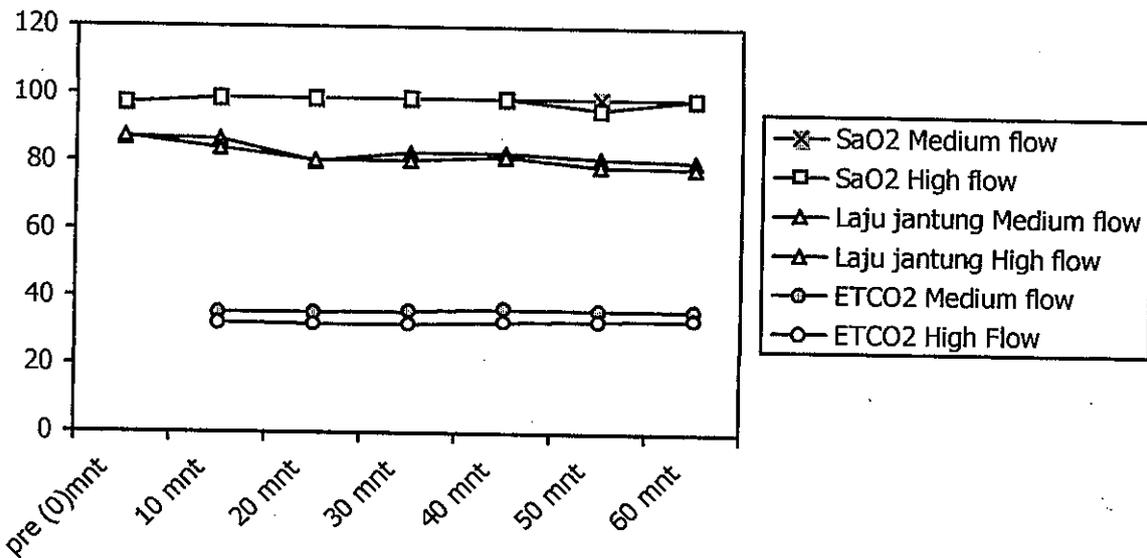
**Tabel 3 . Data klinis penderita selama pengamatan**

VARIABEL	MEDIUM FLOW RERATA±SD	HIGH FLOW RERATA±SD	Uji-t	ρ
LAJU NADI	82.35 ± 15.29	80.85 ± 11.29	0.460	0.647
T.SISTOLIK	126.47 ± 10.67	117.32 ± 10.81	3.511	0.001
T.DIASTOLIK	79.50 ± 9.61	75.50 ± 8.67	1.802	0.076
SaO2 %	98.85 ± 0.66	98.88 ± 0.59	-0.194	0.847
ET.CO2	36.05 ± 4.46	32.43 ± 2.87	3.993	0.000
WAKTU	81.56± 41.83	97.35 ± 47.69	-1.452	0.151

Terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik pada tekanan sistolik dan ET.CO2 ( $p < 0,05$ ) pada kedua kelompok , secara klinis masih dalam batas normal.



**Gambar 1. Grafik tekanan darah kedua kelompok selama operasi**  
 Meskipun berbeda secara statistik tekanan sistolik kedua kelompok berbeda, secara klinis masih dalam batas normal.



**Gambar 2. Grafik Laju jantung, SaO2, ETCO2 kedua kelompok selama operasi**  
 Meskipun secara statistik berbeda bermakna, secara klinis grafik ET.CO2 masih dalam batas normal

**Tabel 4. Konsentrasi gas inspirasi**

GAS	MEDIUM FLOW RERATA± SD	HIGH FLOW RERATA± SD	Uji-t	ρ
HALOTAN VOL %	0.94 ± 0.21	0.77 ± 0.14	3.85	0.000
N2O %	50	50		
O2 %	50	50		

Konsentrasi gas inspirasi (Vol %) secara statistik berbeda bermakna  $p < 0,05$  pada kedua kelompok .

**Tabel 5. Jumlah pemakaian halotan dan gas perjam**

GAS	MEDIUM FLOW RERATA±SD	HIGH FLOW RERATA±SD	Uji-t	ρ
HALOTAN (ml)	7.48 ± 2.26	13.84 ± 2.63	- 10.703	0.000
N2O (liter)	60	180		
O2 (liter)	60	180		

Terdapat perbedaan bermakna antara kelompok *medium flow* dan *high flow* pada pemakaian halotan dan gas anestetik ( $p < 0,05$ ).

**Tabel 6. Jumlah biaya perjam**

GAS	MEDIUM FLOW Nilai (Rp)	HIGH FLOW Nilai (Rp)	SELISIH BIAYA
HALOTAN	26 481.28	49 023.02	22 604.74
N2O	4 170.00	12 510.00	8 340
O2	907.80	2 723.40	1 815.6
JUMLAH BIAYA	31 559.08	64 256.42	32 697.34

Terdapat perbedaan biaya anestesi inhalasi perjam yang cukup besar antara kelompok *medium flow* dan *high flow* sebesar Rp 32 697,34,- (50,86%)

## BAB VI

### PEMBAHASAN

Dari data demografi, variabel umur, jenis kelamin dan indeks massa tubuh (BMI) antara kelompok *medium flow semiclosed system* dan kelompok *high flow semiclosed system* tidak ada perbedaan bermakna ( $p > 0,05$ ) (tabel 1). Begitu juga dari data awal sebelum induksi induksi anestesi dimana variabel laju nadi, tekanan sistolik, tekanan diastolik dan saturasi O<sub>2</sub> tidak dijumpai perbedaan bermakna ( $p > 0,05$ ) antara kedua kelompok (tabel 2) hal ini berarti antara kelompok *medium flow* dan kelompok *high flow* sebanding sebelum dilakukan tindakan dan pengukuran.

Besarnya aliran gas segar (FGF) yang diberikan untuk kelompok *medium flow* yaitu 2 Liter/ menit dan kelompok *high flow* 6 liter/menit (*very high flow* bila menggunakan standar modifikasi Somionescu's dalam penggunaan sirkuit lingkaran).

Penggunaan peralatan anestesi yang sama jenis dan dosis obat induksi yang sama serta konsentrasi inspirasi yang sama dari gas yang digunakan adalah untuk menciptakan agar tindakan pada kedua kelompok ini sebanding untuk dilakukan pengukuran. Dengan kondisi ini diharapkan kualitas anestesi dan tingkat keamanan penderita tidak berbeda bermakna antar kelompok *medium flow* dan kelompok *high flow*.

Data penderita selama selama pengamatan (tabel 3) laju nadi ( $p = 0.647$ ), tekanan diastolik ( $p = 0.076$ ) saturasi O<sub>2</sub> ( $p = 0.847$ ) secara klinis dan statistik tidak berbeda bermakna antara kedua kelompok ( $p > 0.05$ ). Hal ini sama seperti hasil peneliti-peneliti sebelumnya<sup>16,17</sup>.

Rerata tekanan sistolik ( $\rho = 0.001$ ), serta ET.CO2 ( $\rho = 0.000$ ) secara klinis masih dalam batas normal, walaupun secara statistik berbeda bermakna (T sistolik  $126.47 \pm 10.67$  untuk *medium flow* dan  $117.32 \pm 10.81$  untuk *high flow* sedang ET CO2 :  $36.05 \pm 4.46$  untuk *medium flow* dan  $32.43 \pm 2.87$  untuk *high flow*).

Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan Fauzi M dimana dimana T sistolik dan ET CO2 tidak terjadi perbedaan bermakna secara statistik meskipun menggunakan teknik *low flow* dan *high flow* namun disini ada perbedaan dalam teknik induksi yaitu setelah induksi IV Fauji menggunakan FGF *highflow* selama 10 menit baik pada teknik *low flow* maupun *high flow*, sedang disini setelah induksi IV langsung menggunakan FGF sesuai dengan *medium flow* atau *high flow*, hal ini tentu berpengaruh dengan proses *uptake* dan *washing* dalam alveoli<sup>16,17</sup>.

Pada teknik anestesi *medium flow* *semiclosed* sistem derajat penghisapan kembali udara ekspirasi (*rebreathing*) meningkat tetapi selama *sodalime* dan kanisternya berfungsi baik hal ini tidak membahayakan penderita. Dari data pengamatan nilai rerata tekanan ET.CO2 pada kelompok *medium flow*  $36.05 \text{ mmHg} \pm 4.46$  dan kelompok *high flow*  $32.43 \text{ mmHg} \pm 2.87$ . Selain itu pengamatan suhu kanister cukup hangat sedang, perubahan denyut nadi, tekanan darah dan penderita yang berkeringat dapat digunakan dalam menilai fungsi *soda lime*.

Konsentrasi inspirasi (vol %) rerata dari halotan *medium flow*  $0.94 \pm 0.21$  dan *high flow*  $0.77 \pm 0.14$  secara statistik berbeda bermakna ( $\rho = 0.000$ ) (tabel 4). Idealnya pengukuran konsentrasi gas inspirasi menggunakan alat analisa gas dalam udara

pernafasan sehingga lebih akurat dalam pencerminan konsentrasi gas-gas dalam udara pernafasan<sup>16</sup>.

Jumlah pemakaian halotan perjam pada kelompok medium flow sebanyak 7.48 ml  $\pm$  2.26 dan kelompok high flow sebanyak 13.84 ml  $\pm$  2.63 secara ekonomis dan statistik berbeda sangat bermakna ( $p = 0.000$ ) (tabel 5). Terjadi penghematan pemakaian halotan /jam sebanyak 45.95% untuk medium flow.

Pada penelitian Fauzi M antara low flow dan high flow terjadi penghematan penggunaan halotan/jam 52.56%<sup>16</sup>.

Dengan demikian pada teknik anestesi medium flow semiclosed sistem telah terjadi penghematan dalam pemakaian volatil agent (halotan) sebanyak 6.36 ml perjam atau sebesar 45.95%. disamping itu terjadi penghematan gas N<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub> sebanyak 120 L perjam atau sebesar 66.6% selain itu keuntungan yang diperoleh berupa kurangnya polusi dan efek rumah kaca terhadap dunia.

Penghematan volatil agent sebesar 45,95% secara ekonomis sangat berarti mengingat rata rata RS Dr Kariadi dalam satu tahun selama ini menghabiskan  $\pm$  529 botol volatil agent ( 132 250 cc ) bila kita bisa merubah kebiasaan menggunakan teknik high flow (FGF 6 L) menjadi medium flow (FGF 2 L) maka akan terjadi penghematan anggaran untuk pembelian volatil agent sebesar  $\pm$  60 768 cc atau senilai **Rp 212 691 110 ,-** bila menggunakan halotan, mengingat kondisi ekonomi saat ini penghematan tersebut sangat perlu dilakukan.

Perhitungan biaya anestesi perjam berdasarkan banyaknya pemakaian halotan dan besarnya aliran gas segar (FGF) dari N<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub> yang diberikan pada kedua kelompok

(tabel 5) hasil perhitungan ini disesuaikan dengan harga patokan terakhir yang dibuat oleh Bagian farmasi RS dr Kariadi Semarang.

Biaya anestesi inhalasi untuk kelompok medium flow adalah sebesar Rp 31 559.08 ,- perjam dan kelompok high flow sebesar Rp 64 256.42 ,- perjam .

Dengan demikian terjadi penghematan biaya anestesi inhalasi sebesar Rp 32 697.34,- perjam atau setara 50.89 % perjam pada penggunaan teknik anestesi medium flow semiclosed sistem.

Baker dalam penelitiannya mendapatkan penghematan sebesar 52.5 % pada *medium flow* (FGF 2L )dengan halotan dibanding dengan *high flow* (FGF 6 L) sedang bila menggunakan isoflurane mendapatkan penghematan 54.72%<sup>17</sup>.

Fauji M mendapatkan penghematan biaya anestesi inhalasi perjam 57.62% pada penggunaan teknik *low flow closed system* (FGF 1 L) dibanding dengan *high flow semiclosed system* (FGF 5 L)<sup>16</sup>.

## BAB VII

### KESIMPULAN

Telah dilakukan penelitian eksperimental terbuka dengan disain *cost minimization analysis* antara teknik anestesi *medium flow semiclosed system* dan *high flow semiclosed system*, dengan hasil kesimpulan sbb:

1. Penghematan biaya anestesi inhalasi dapat dilakukan dengan menggunakan teknik *medium flow semiclosed system*, sebesar Rp 32 697.34 ,-.perjam atau setara 50.86%, yang meliputi penghematan dalam pemakaian Halotan, N2O dan O2.
2. Kualitas anestesi dan keamanan terhadap penderita dengan menggunakan peralatan standar tertentu antara teknik *medium flow semiclosed system* dan *high flow semiclosed system* dapat dikatakan sama.

## BAB VIII

### SARAN

1. Untuk penghematan biaya anestesi umum inhalasi dengan sirkuit lingkaran yang biasanya (IBS RS Dr Kariadi) menggunakan teknik *high flow* (bahkan *very high flow*) dianjurkan menggunakan teknik *medium flow semiclosed system*. Meskipun demikian untuk alasan keamanan dan keselamatan penderita diperlukan peralatan anestesi dengan kalibrasi yang akurat dan alat pemantau Saturasi O<sub>2</sub>, dan ET CO<sub>2</sub> selain monitoring standar lain.
2. Perhitungan penggunaan *volatil agent* (halotan, enflurane, isoflurane,) sebaiknya menggunakan metode pengukuran langsung dengan gelas ukur karena hasilnya lebih akurat (ada perbedaan antara penggunaan rumus dan pengukuran langsung). Bila terpaksa menggunakan rumus (yang biasa dipakai) maka perlu dilakukan konversi agar hasilnya lebih mendekati kenyataan agar rumah sakit tidak rugi.
3. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai:
  - Pengaruh teknik anestesi *medium flow semiclosed system* dan *high flow semiclosed system* terhadap kehilangan panas tubuh.
  - Kecepatan pulih sadar antara kedua teknik anestesi tersebut.
  - Derajat polusi kamar bedah.

## KEPUSTAKAAN

1. Weiskopf, Richard B, Eger II, Edmond I. Comparing the costs of Inhaled Anesthetics. *Anesthesiology* 1993 ; 79: 6.
2. Baker AB. Low-flow and Closed Circuit. *J. Anesthesia and Intensive care* 1994; 22: 341-2.
3. Baker AB . A Simplified Non-Mathematical Approach to Low-flow Anaesthesia. *J. Anaesthesia and intensive care* 1994; 22: 394-5.
4. Sukanto IGL. *Respon Kardiovaskuler pada premedikasi klonidin per oral*. Karya Akhir . Semarang: Bagian Anestesiologi FK Undip 1998.
5. Andrew J.J. Inhaled Anesthetic Delivery System.In: Miller RD,Ed. *Anesthesia 3<sup>rd</sup> ed* . New York: Churchill Livingstone; 1990 , 171-219.
6. Atkinson RS, Rushman GB, Lee AJ. Anesthetic Equipment. In: *A Synopsis of Anesthesia 10<sup>th</sup> ed*. Singapore: PG Publishing; 1988 , 145-63.
7. Baden MJ, Susan AR. Metabolism and Toxicity. In:Miller RD,Ed. *Anesthesia, 3<sup>rd</sup> ed*. New York : Churchill Livingstone; 1990, 135-63.
8. Kenna GJ,Jones RM. The Organ Toxicity of Inhaled Anesthetics. *Anesthesia and Analgesia* 1995 ; 81(S): 51-63.
9. Morris, Lucien E. Closed System with Agent- Spesific Vaporizer and Nitrous Oxide. *Anesthesia and Intensive Care* 1994; 22(4) : 387-90.
10. Becker KE, Carrithers J. Practical Methods of Cost Containment in Anesthesia and Surgery. *Journal of Clinical Anesthesia* 1994 ; 5 : 388-99.
11. Bernman L, Luttroop HH, Werner O. Isoflurane Mechanical Ventilation During Low-Flow Anesthesia. *J Anaesthesia* 1990 ; 45: 387- 90.
12. Cotter SM, Petros AL, Dore CJ. Low-Flow Anesthesia : Practice Cost Implication and Acceptability. *J Anaesthesia* 1991 ; 46(12): 1009-12.
13. Matjasko J. Economic Impact of Low-Flow Anesthesia. *Anaesthesiology* 1987 ; 67: 363-64.
14. Logan M. Breathing systems: effect of frest gas flow rate on enflurane consumption.*British Journal of Anaesthesia* 1994 ; 73 : 6.
15. Purnomo H. Low-Flow Anesthesia System.In : PT Menjangan,ed. *Pedoman praktis*. Jakarta : 1998, 1-7.
16. Fauzi M,Suryono B, Abubakar M. Perbandingan Biaya Anestesi Antara Teknik Low-Flow Closed System Dengan High-Flow Semiclosed System. *Majalah Anestesia & Critical Care* 1999; 16(1) : 26-31.
17. Daniel M. Cost of Volatile Anesthetic Agents. *British Journal of Anesthesia* 1996; 77: 3.
18. Komesaroff D. Low -Flow Anesthesia- An Australian Devotee's Perspective. *Anesthesia and Intensive Care* 1994 ; 22: 343-5 .
19. Reintrup P, Slots P, Jorgensens B. Low-flow Anaesthesia System . *Ugeskr- Laeger* 1992;: 154 (50) : 3577-9.
20. Baum JA, Atkinhead AR, Low-Flow Anaesthesia. *J. Anaesthesia* ,1995 ; 50: 37-44.

21. Lin CY. Uptake of Anaesthetic Gases and Vapours. *Anaesthesia and Intensive Care* 1994; 22(4): 363-73 .
22. Bevan RD. Pharmacoeconomics cost Effective Choice. *Anesthesia & Analgesia* 1996; IARS 1996 : 8-13.
23. Boswell MV, Collins VJ . Halothane. In: Collins VJ Ed. *Physiologic and Pharmacologic Bases of Anesthesia*. 5<sup>th</sup> ed. Baltimore :Williams & Wilkins ; 1996, 663-82.
24. Morgan GE, Mikhail MS. *Clinical Anesthesiology 1<sup>st</sup> ed* . Boston: Appleton & Lange ;1992 , 28-30.
25. Eisen, Leonard B, Fisher, Joseph A. Cost of Sodalime. *Canadian Journal of Anesthesia* 1993; 40:1-3.
26. Eger EI. Uptake and Distribution. In : Miller RD Ed. *Anesthesia*. 3<sup>rd</sup> ed. New York; Churchill Livingstones; 1990, 85-103.
27. Stoelting KR. Inhalational Anesthesia. *IARS* 1994 ; p 73-7.
28. Cahalan KM. Hemodynamic Effect of Inhaled Anesthetics. In : *Review Course Lecture*. Washington: *IARS* 1996 :14-7.
29. Riwanto I. Penyusunan Proposal Penelitian. *Bahan Kuliah* . Semarang: FK Undip
30. Pratiknya AW. *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta : CV Rajawali; 1986 , 78-88
31. Harun SR, Putra ST, Wiharto AS, Chair I . Uji klinis . Dalam : Sastroasmoro S, Ismael S, penyunting . *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis*. Jakarta : Binarupa Aksara; 1995 , 109-25.
32. Sastroasmoro S. Pemilihan Subjek Penelitian . Dalam : Sastroasmoro S, Ismael S, penyunting . *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis*. Jakarta : Binarupa Aksara ; 1995 , 42-51.
33. Madiyono B; Moeslichan S, Sastroasmoro S, Budiman I, Purwanto SH. Perkiraan Besar Sampel . Dalam : Sastroasmoro S, Ismael S, penyunting . *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis*. Jakarta : Binarupa Aksara; 1995 , 187-212.