

ANALISA ALUR KERJA INSPIRASI DAN EKSPIRASI PADA ALAT VENTILATOR

Franedy Argarini Saragih¹, Hotromasari Dabukke²

^{1,2} Fakultas Sain dan Teknologi, Universitas Sari Mutiara Indonesia
email: Franedaned@gmail.com

ABSTRACT

Research has been carried out on the Hamilton C2 ventilator which aims to find out how the of inspiration and expiration are in accordance with what has been set on the ventilator by the operator or user. Installation of a ventilator is meant for patients who have excess or lack of oxygen within the lungs and who experience respiratory failure. Where the ventilator is a breathing apparatus that can help maintain ventilation and oxygen delivery for quite a long time. This research method is disbursed using qualitative and quantitative methods in order to collect data. Research on this ventilator was applied in several stages, namely setting and taking data that the ventilator on Volume Tidal (VT) must be in accordance with the Volume Tidal Expiratory (VTE) so there's no collapse within the patient and damage to the device itself. The results of this study are to determine the way of inspiration and expiration consistent with what has been set by observing the worth displayed on the Volume Tidal Expiratory (VTE) which is the same because the value that has been inputted within the Volume Tidal (VT). If the value displayed on the display or screen is <10% then there's a possibility of harm to the ventilator flow sensor or flow sensor within the patient, and the other way around if the value displayed on the display or screen is >10% then there's a possibility of injury to the flow sensors, both ventilator flow sensors and flow sensors within the patient.

Keywords : Ventilator, Flow Sensor, Expiration, Inspiration, Volume Tidal

1. PENDAHULUAN

Ventilator merupakan alat yang digunakan untuk membantu fungsi pernafasan. Penggunaannya diindikasikan untuk pasien dengan kelebihan maupun kekurangan kadar CO₂ dalam paru-paru dan gagal nafas dan salah satu alat kesehatan yang penting dan banyak digunakan bagi perawatan pasien yang kritis. Ventilator biasanya diletakan di Ruang ICU (*Intensive Care Unit*), NICU (*Neonatus Intensive Care Unit*), PICU (*Pediatric Intensive Care Unit*), PJT (Pusat Jantung Terpadu).

Ventilator merupakan suatu alat bantu mekanik yang berfungsi memberikan bantuan nafas pasien dengan cara memberikan tekanan udara positif pada paru-paru melalui jalan nafas buatan untuk

membantu sebagian atau seluruh proses ventilisasi untuk mempertahankan oksigenisasi (Brunner dan Suddarth, 2002).

Ventilator memberikan bantuan dengan mengambil alih pernafasan pasien yang dapat diatur menjadi mode bantuan sepenuhnya atau bantuan sebagian. Mode bantuan sepenuhnya diantaranya VC (*Volume Control*), PC (*Pressure Control*), CMV (*Control Minute Volume*). Pada prinsipnya ventilator merupakan suatu alat yang bisa menghembuskan gas oksigen ke dalam paru-paru untuk membantu otot pernafasan sehingga kerja otot pernafasan diperkuat.

Tujuan utama pemberian dukungan pernafasan secara mekanik adalah untuk mengembalikan fungsi normal pertukaran

udara dan memperbaiki fungsi pernafasan kembali normal (Bambang Setiyohadi, 2016). Ventilator merupakan alat medis yang memerlukan sumber listrik yang digunakan membantu pernafasan (respirasi) yang bekerja sebagai pengontrol, pengendali atau pengambil alihan fungsi paru-paru pasien. Banyak aspek yang mendapat gangguan kerja ventilator sehingga alat ini perlu diperhatikan dalam banyak segi termasuk pengoperasian, pemeliharaan, perbaikan dan kalibrasi. Dan apabila saat menginput nilai saat *penyettingan* pada alat tidak memperhatikan hasilnya tidak tepat menimbulkan komplikasi seperti: infeksi paru, keracunan oksigen, kerusakan jalan nafas bagian atas pada sistem kardiovasekular.

Untuk menghindari salahnya pada saat menginput nilai saat *penyettingan* pada alat ventilator, maka perlu diperhatikan penginputan volum tidal agar inspirasi dan ekspirasi pada pasien sesuai. Volum tidal merupakan jumlah gas yang dihantarkan oleh ventilator ke pasien setiap kali bernafas. Dalam memasukkan volum tidal ada perbandingan antara waktu inspirasi dan waktu ekspirasi.

Waktu inspirasi merupakan waktu yang diperlukan untuk memberikan volum tidal atau mempertahankan tekanan. Waktu istirahat merupakan periode diantara waktu inspirasi dan ekspirasi, sedangkan waktu ekspirasi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengeluarkan udara pernapasan.

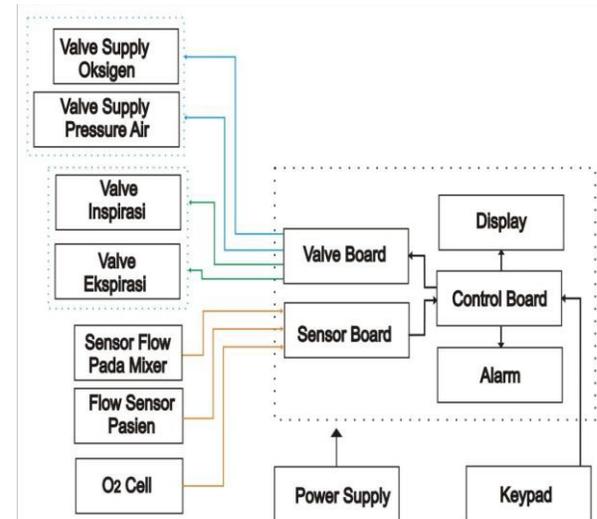
Rasio inspirasi : ekspirasi biasanya disetting 1:2 yang merupakan nilai formal fisiologis inspirasi dan ekspirasi. Akan tetapi terkadang diperlukan fase inspirasi yang sama atau lebih lama dibandingkan ekspirasi untuk menaikkan PaO₂.

Jika dalam perbandingan antara inspirasi dan ekspirasi salah maka akan terjadi komplikasi seperti, infeksi paru, keracunan oksigen dan gangguan lainnya.

Maka atas dasar itulah penulis tertarik membuat analisis yang akan diajukan sebagai penelitian, dengan judul sebagai berikut:

“ANALISA ALUR KERJA INSPIRASI DAN EKSPIRASI PADA ALAT VENTILATOR”

Ventilator adalah alat bantu pernafasan bertekanan negatif atau positif yang dapat mempertahankan ventilasi dan pemberian oksigen selama waktu yang cukup lama. Ventilator secara umum adalah mixer antara oksigen (O₂) dengan udara tekan (Air) yang diproses secara elektronik dan cenderung diintergrasikan dengan sistem komputer, terdapat berbagai jenis sensor dan valve yang berfungsi untuk keamanan pasien maupun alat ventilator itu sendiri atau biasa disebut ventilator memberikan pernafasan secara mekanik.



Gambar blok diagram sistem elektrik ventilator

Sistem elektrik *ventilator* terbagi antara lain:

- *Power Supply* merupakan sumber tegangan yang menyuplai komponen-komponen elektronika dalam *ventilator*. *Power supply* melakukan pembagian tegangan *output* dan mendistribusikan tegangan ke board lain yang memerlukan suplai sesuai kebutuhan tegangannya.

- *Control board* merupakan pusat *control* dari *ventilator*, dimana pada *control board* menerima *input*, baik itu *input* pendeteksian sensor ataupun *input setting* operator melalui *keypad* untuk kemudian diolah dan ditampilkan pada *display* ataupun dikirim ke *valve board* untuk dirubah menjadi perintah ke *driver valve*.
- *Sensor Board* merupakan *board* yang mengubah sinyal pendeteksian dari sensor-sensor untuk kemudian dikirim ke *control board* sebagai *input* secara terus-menerus. Sensor yang berhubungan dengan *sensor board* antara lain *sensor flow* pada *mixer* yang mendeteksi volume aliran tiap detik percampuran udara yang masuk ke *tank*. Kemudian terdapat pasien *flow sensor* yang mendeteksi aliran dan tekanan udara untuk mendapat jumlah *volume* udara dan tekanan yang terhantarkan ke pasien saat inspirasi serta saat ekspirasi. Terdapat juga sensor *O2 Cell* yang memonitor fraksi oksigen yang tercampur pada *tank*.
- *Valve Board* merupakan *board* yang mengubah perintah dari *control board* sehingga dapat dikirim sebagai *driver* ke *valve*, baik itu *valve* pada *mixer* dan *valve* inspirasi serta ekspirasi. *Valve board* akan menyesuaikan perintah *control board* serta membuat kerja *valve* yang bergantian untuk *valve* inspirasi dan *valve* ekspirasi.
- *Display* merupakan tampilan yang menampilkan pendeteksian sensor, nilai-nilai parameter dan pemilihan mode dari *ventilator*.
- Alarm merupakan bagian yang tidak kalah penting dan harus ada pada *ventilator* sebagai pertanda *ventilator* bekerja, alarm juga sebagai indikator pendeteksian sensor untuk parameter-parameter penting pada *ventilator*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kualitatif dan kuantitatif. Yang bertujuan untuk menganalisa alur kerja inspirasi dan ekspirasi pada Alat Ventilator Hamilton C2 di Laboratorium Terpadu Universitas Sari Mutiara Indonesia.



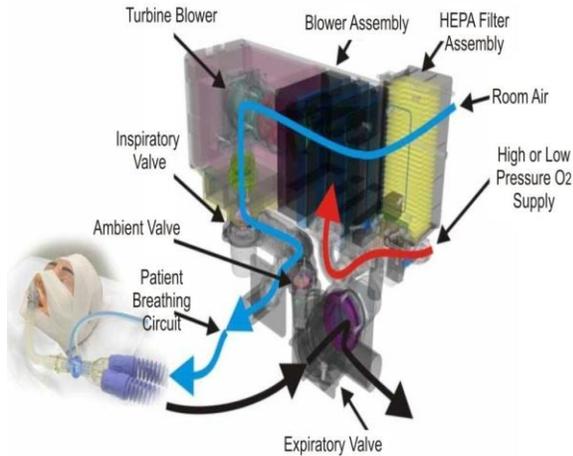
Gambar Ventilator Hamilton C2

| | |
|-----------|---------------|
| Nama Alat | : Ventilator |
| Merk | : Hamilton |
| Type | : C2 |
| Tahun | : 2010 |
| SN | : - |
| Buatan | : Swiss |
| Frekuensi | : 50/60 Hz |
| Tegangan | : 220-240 VAC |
| Battery | : 14 VDC |

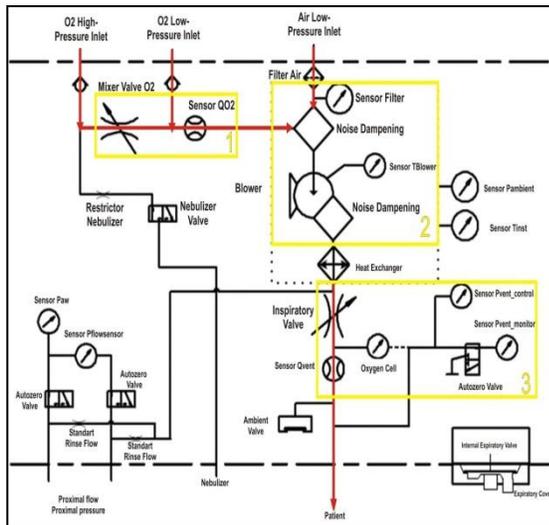
3. Hasil dan Pembahasan

Proses kerja aliran udara adalah urutan proses ventilator menghasilkan volume tidal untuk didistribusikan ke pasien melalui *patient breathing circuit*. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.12, terdapat tanda

panah aliran biru, merah dan hitam yang mewakili pergerakan dan arah udara itu mengalir.



Gambar Skema Aliran Udara



Gambar Skema Pneumatik Aliran Udara

Gambar di atas menunjukkan skema pneumatik ventilator Hamilton C2. Pada ventilator Hamilton C2, komponen yang berperan dalam aliran udara ditunjukkan pada kotak kuning dengan nomor 1 menunjukkan oksigen *mixer*, nomor 2 menunjukkan *blower module* dan nomor 3 menunjukkan inspirasi valve dengan diatur *Pvent_control* dan *Qvent flow sensor*. Tanda panah merah merupakan aliran udara dan menunjukkan

arahnya pada sistem pneumatik ventilator Hamilton C2.

Pada tahap awal, secara hampir bersamaan udara luar yaitu *low pressure air* akan dihisap masuk ke *blower module* dan oksigen baik itu HPO ataupun LPO juga dialirkan ke *blower module*. Untuk oksigen dari sumber HPO akan melewati *mixer valve* oksigen yang akan membuka celah dengan pengaturan khusus, sehingga oksigen yang dialirkan sesuai kebutuhan untuk pasien.

$$QO_2 = \frac{Qvent (FiO_2 - 20,9\%)}{79,1\%}$$

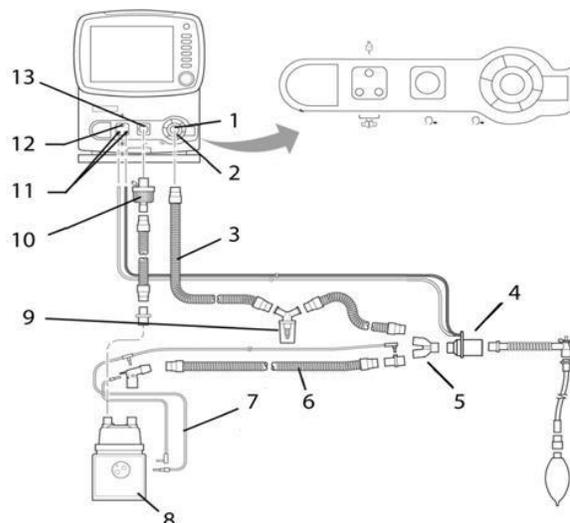
Dengan QO_2 adalah kecepatan aliran udara hasil pendeteksian pada QO_2 *flow sensor* oksigen *mixer*, dimana untuk mendapatkan konsentrasi volume oksigen yang diinginkan, aliran oksigen yang terdeteksi (QO_2) harus sesuai dengan perhitungan. $Qvent$ adalah kecepatan aliran udara yang terdeteksi keluar dari inspirasi valve, yaitu hasil pendeteksian $Qvent$ *flow sensor*. Nilai $Qvent$ didapat dari setting *Respiration rate* sesuai *IE ratio* dan volume tidal oleh operator. Sehingga, agar mendapatkan pendistribusian volume tidal dengan *respiration rate* yang sesuai untuk *IE ratio* sesuai setting operator, maka aliran yang terdeteksi pada $Qvent$ *flow sensor* harus sesuai dengan hasil perhitungan yang dilakukan oleh ventilator. Selanjutnya FiO_2 adalah persentase fraksi oksigen yang akan diberikan ke pasien, dengan 20,9% adalah kandungan gas lain yang terkandung dalam udara bebas selain oksigen.

Untuk sumber oksigen dari LPO, maka *user* harus mengatur regulator *flow meter* tabung oksigen. Operator harus mengganti *mode* sumber dari HPO diganti ke LPO. Kemudian melakukan setting volume udara yang diberikan, jumlah nafas per menit, fraksi oksigen yang diinginkan dan lainnya. Lalu melakukan cek dengan *test lung*. Dengan memperhatikan nilai FiO_2 secara *real time* operator memutar *regulator*

flow meter tabung oksigen di luar sampai mencapai nilai fraksi oksigen yang diinginkan.

Oksigen dan udara luar akan bercampur pada *blower module* sesuai gambar 4.13, dan pada *blower* tekanan udara dinaikkan dengan meningkatkan kecepatan *blower*. Setelah tekanan udara tercapai sesuai setting operator, maka inspirasi valve akan terbuka.

Inspirasi valve akan membuka valve dengan buka celah disesuaikan untun mendapatkan *flow rate* hasil akurasi agar terdeteksi pada *Qvent flow sensor*. Udara campuran mengalir melalui inspirasi valve yang celahnya dijaga dan diatur terbukanya, untuk mendapatkan aliran dan tekanan udara yang sesuai setting. Udara campuran kemudian terdeteksi konsentrasi oksigennya oleh *O₂cell* dan ditampilkan pada monitor *real time* sebagai fraksi oksigen dari volume udara yang didistribusikan ke pasien. Udara campuran juga melewati *Qvent flow sensor* yang mendeteksi aliran udara yang nilainya akan dibandingkan dengan kalkulasi *flow rate* yang diharapkan. Aliran pneumatik kemudian tercabang sehingga melewati *Pvent_control* dan *Pvent_monitor*. Aliran udara yang menuju ke *Pvent_monitor* akan dideteksi akan ditampilkan sebagai tekanan *real time*. Dan aliran yang menuju *Pvent_control* akan terdeteksi nilainya dan dibandingkan dengan tekanan yang diatur operator. Dari nilai yang terdeteksi pada *Qvent flow sensor* dan *Pvent_control*, yakni kecepatan aliran udara dengan tekanan udara akan digunakan untuk pengaturan inspirasi valve agar volume tida dan tekanan tercapai sesuai setting operator.



Gambar Patient Breathing Circuit dengan Heater Wire

Selanjutnya udara campuran didistribusikan ke pasien melalui *patient breathing circuit* seperti pada gambar 4.14, dengan keterangan gambar antara lain:

1. Udara hasil ekspirasi pasien yang dikeluarkan
2. Ekspirasi valve
3. Selang ekspirasi *patient breathing circuit*
4. *Patient flow sensor*
5. *Y-piece*
6. Selang inspirasi dengan *heater wire* di dalamnya
7. Sensor panas yang terpasang di awal selang inspirasi dan *Y-piece*
8. *Humidifier*
9. *Water trap*
10. *Inspiratory filter*
11. *Flow sensor connectors*
12. *Nebulizer outlet*
13. *Output* udara campuran dari ventilator ke pasien

Udara campuran keluar dari ventilator kemudian akan disaring dengan *inspiratory filter*. Selanjutnya melewati selang inspirasi *patient breathing circuit* menuju ke *humidifier* yang akan menghangatkan dan melembabkan udara

campuran. Kemudian dari *humidifier* udara campuran dilewatkan pada selang dengan *heater wire* yang berfungsi menghilangkan titik-titik air dari proses pelembaban *humidifier* dan menjaga agar suhu tetap sampai pada „Y” *piece*. Selanjutnya udara campuran melewati „Y” *piece* yang terhubung dengan *patient flow sensor*. Dari *patient flow sensor* disambungkan dengan selang dan dapat dihubungkan dengan masker untuk pemberian secara non-invasif atau secara invasif dapat menggunakan ETT atau *tracheostomy*. Volume udara campuran pun terdistribusi sebagai inspirasi ke pasien.

Selanjutnya pasien melakukan ekspirasi dan udara sisa pernafasan mengalir melewati „Y” *piece*, udara ekspirasi tidak akan mengalir ke selang inspirasi karena terdapat PEEP yang dialirkan terus menerus dari inspirasi valve. Udara ekspirasi selanjutnya mengalir menuju selang ekspirasi, melewati *water trap* yang akan menjebak sisa air dari udara ekspirasi pasien. Selanjutnya udara ekspirasi menuju ke ekspirasi valve dengan membuka celah valve yang diatur untuk mempertahankan PEEP. Setelah melewati ekspirasi valve, udara ekspirasi selanjutnya akan dikeluarkan melalui *expiratory valve membrane* sebagai sisa dari pembuangan pasien.

4. Kesimpulan

1. Pembacaan volume tidal yang dilakukan oleh flow sensor memiliki keakurasian 99,09% yang artinya penyimpangan hanya kurang dari 0,91%. Nilai Volume Tidal Expiratory (VTE) memenuhi batas toleransi yaitu $\pm 10\%$. Flow sensor pada alat ventilator Hamilton C2 ini berfungsi dengan baik.
2. Terjadinya proses alur kerja pada alat ventilator Hamilton C2 yaitu terjadi karena adanya proses pencampuran antara oksigen dan udara bebas.

5. Referensi

1. Anonim. 2010. Service Manual Hamilton C2, Hamilton Medical AG, Hamilton Medical Inc, Bornaduz, Switzerland
2. Anonim. 2010. Operator's Manual Hamilton C2, Hamilton Medical AG, Hamilton Medical Inc, Bornaduz, Switzerland
3. Santanilla, J. I., Daniel, B., & Yeow, M. E. (2008). Mechanical ventilation. *Emergency medicine clinics of North America*, 26(3), 849-862
4. Carteaux, G., Lyazidi, A., Cordoba-Izquierdo, A., Vignaux, L., Jolliet, P., Thille, A. W., ... & Brochard, L. (2012). Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: a bench and clinical study. *Chest*, 142(2), 367-376.
5. Donn, S. M. (2012). *Manual of neonatal respiratory care*. S. K. Sinha (Ed.). Berlin Heidelberg New York: Springer..
6. Brunner and Suddarth. Pengaruh Pemberian Povidine Iodine Sebagai Oral Hygiene Terhadap Jumlah Bakteri Orafaring pada Penderita dengan Ventilator Mekanik, Semarang.2002
7. Supriyadi, Kuart, 2012, Modul Kuliah Bahan Ajar Ventilator, Universitas Respati Yogyakarta, Yogyakarta.
8. Smeltzer, S. Buku Ajar Keperawatan Medikal Bedah Brunner Suddart, Edisi 8 Jakarta, 2001.