

ANALISA PERBANDINGAN DUA METODE KALIBRASI MESIN ANASTHESI VENTILATOR MELALUI PENGUJIAN FUNGSIONAL DAN KALIBRASI

Teguh Muzaki^{1*}, Misfa Susanto¹², Sri Purwiyanti³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung; Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1, Lampung

Received: 8 Mei 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

3-5 keyword;

Ventilators;

Calibration;

Medical Devices.

Correspondent Email:

tmuzaki8@gmail.com

Abstrak. Ventilator merupakan mesin yang berfungsi untuk menunjang pernapasan. Alat ini umumnya dibutuhkan pasien yang tidak dapat bernapas sendiri. Mesin ini mengatur proses menghirup dan menghembuskan nafas pada pasien. Banyak kendala dengan hasil pengujian dan kalibrasinya yang tidak sesuai. Hal ini dikarenakan ketidaktahuan terhadap metode pengujian dan kalibrasi ventilator yang sesuai standar. Tujuan penelitian ini untuk melakukan pengujian dua metode kalibrasi yaitu kalibrasi mandiri dan kalibrasi pihak ke dua mesin anastesi ventilator pengujian di lakukan dengan cara pengamatan fisik dan uji fungsi alat, pengukuran keselamatan listrik dan melakukan kinerja kalibrasi sesuai dengan nilai standar dari metode kerja kalibrasi alat medis⁴. Menganalisa dan membandingkan kedua metode serta mencari En dan mendapati metode yang mana yang layak di gunakan untuk kinerja alat seterusnya. Hasil peneitian ini menunjukan bahwa : 1) Perbedaan hasil perhitungan antara metode kalibrasi pihak ke 2 dan kalibrasi mandiri dikarenakan penggunaan yang berbeda di setiap pengujian maupun alat pendukung yang digunakan. Berdasarkan perhitungan dari *Error Number*, Untuk metode kalibrasi mandiri dapat digunakan didalam proses pengambilan data karena dibebepara kondisi tertentu ada diantara *Error Number* yang masuk nilai ambang batas dan dalam jangka pemakaian yang terbatas hanya sampai 6 bulan, karna kondisi alat penunjang dan kesetabilan listrik di rumah sakit sangat berpengaruh pada alat tsb. 2) Perbandingan *repeatability* kedua metode banyak sekali terjadi perbedaan yang signifikan, Contoh pada satu metode kalibrasi mandiri pada setting tidal volume yang mendapat nilai *repeatability* yang presisi akurasi pada pengukuran nya pada percobaan 1 : -23,6, percobaan 2 : 14,2 dan percobaan 3 : -15,2 menunjukan pengulangan yang baik antara jarak percobaan 1 , 2 sampai 3. Naik turun nya kondisi tersebut di akibatkan kondisi flow sensor dan o2 sensor yang melebihi batas pemakaian. Begitupun dengan percobaan respiration rate metode kalibrasi mandiri yang mendapat nilai *repeatability* hampir mendekati presisi yaitu di 5,56% .

Abstract. A ventilator is a machine that functions to support breathing. This tool is generally needed by patients who cannot breathe on their own. This machine regulates the patient's inhalation and exhalation process. There are many problems with inappropriate test and calibration results. This is due to ignorance of the standard testing and calibration methods for ventilators. The aim of this research is to test two calibration methods, namely self-calibration and second-party calibration of ventilator anesthesia machines. Testing is carried out by means of physical observations and tool function tests, electrical safety measurements and carrying out calibration performance in accordance with standard values of medical equipment calibration work methods⁴. Analyze and compare the two methods and look for En and find out which method is suitable for use for the next tool performance. The results of this research show that: 1) The difference in calculation results between the

2nd party calibration method and independent calibration is due to the different uses in each test and the supporting tools used. Based on the calculation of the Error Number, the self-calibration method can be used in the data collection process because in certain conditions there are Error Numbers that enter the threshold value and the usage period is limited to only 6 months, due to the condition of the supporting equipment and the stability of the electricity in the hospital. very influential on the tool. 2) Comparing the repeatability of the two methods, there are many significant differences. For example, in one independent calibration method in the tidal volume setting, the repeatability value was precise, accurate in its measurements in experiment 1: -23.6, experiment 2: 14.2 and experiment 3: -15.2 shows good repeatability between experimental ranges 1, 2 to 3. The ups and downs in these conditions are caused by the condition of the flow sensor and O2 sensor exceeding the usage limit. Likewise, the respiration rate experiment using the self-calibration method obtained a repeatability value that was almost close to precision, namely 5.56%.

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi disegala bidang tidak terkecuali dibidang kesehatan, tepatnya di teknik biomedis memperlihatkan adanya peralatan-peralatan medis yang dalam penggunaannya mempunyai banyak fungsi dan spesifikasi yang canggih. Sehingga dalam penggunaannya akan selalu siap pakai dan memenuhi standar teknis pemakaian peralatan kedokteran. Sedangkan peralatan kedokteran yang tidak teruji tingkat kelaikannya tentunya dapat mengakibatkan kesalahan hasil dalam pemberian pertolongan dan diagnosa. Kurangnya kenyamanan suatu pelayanan kesehatan di rumah sakit menjadi masalah tersendiri di dalam dunia kesehatan. Salah satunya alat kesehatan yang tidak laik pakai. Untuk memastikan laik tidaknya alat kesehatan diperlukan suatu proses yang disebut kalibrasi. Pengertian kalibrasi menurut ISO/IEC dan Vocabulary of International Metrology (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu.. Alat kesehatan yang tidak dikalibrasi akan menimbulkan kesalahan diagnosis dan dapat berakibat fatal pada pasien. Selain hal tersebut juga harus memiliki performance yang ketat antara lain ketelitian, kepekaan, dan aspek keselamatan. Sehingga dalam penggunaannya akan selalusiap pakai

dan memenuhi standar teknis pemakaian peralatan kedokteran. [1] [2].

Ventilator adalah mesin yang berfungsi untuk menunjang atau membantu pernapasan. Alat ini umumnya dibutuhkan oleh pasien yang tidak dapat bernapas sendiri, baik karena suatu penyakit atau cedera yang parah. Mesin ini akan mengatur proses menghirup dan menghembuskan nafas pada pasien. Banyak yang terkendala dengan hasil pengujian dan kalibrasinya yang tidak sesuai. Hal ini dikarenakan ketidaktahuan terhadap metode pengujian dan kalibrasi ventilator yang sesuai standar. Penelitian ini dibatasi dengan menggunakan beberapa ruang lingkup pengujian yaitu tidal volume, minute volume, breath rate, I:E ratio, PEEP, inspiration time, dan Expiration time. Dalam mengkalibrasi ventilator biasanya dilakukan dengan dua cara yaitu self kalibrasi dan kalibrasi pihak ke dua, self kalibrasi yaitu personal kalibrasi menggunakan alat itu sendiri sedangkan kalibrasi pihak ke dua yaitu menggunakan seperangkat asesoris seperti Gas flow analyzer, Electrical Safety Analyzer dan thermohygrometer. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode tersebut, pada metode manakah yang memiliki tingkat keakurasian dan kehandalan yang lebih tinggi [3] [4] .

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ventilator

Ventilator adalah alat bantu pernapasan, sebuah mesin yang menyediakan ventilasi mekanis dengan menggerakkan udara yang

bernafas ke dalam dan keluar dari paru-paru, untuk memberikan napas kepada pasien yang secara fisik tidak dapat bernafas, atau bernafas kurang. Ventilator modern adalah mesin pengendali mikro terkomputerisasi, Ventilator terutama digunakan dalam pengobatan perawatan intensif, perawatan di rumah, dan obat darurat (sebagai unit mandiri) dan dalam anestesiologi (sebagai komponen dari mesin anestesi). Alat bantu pernapasan kadang-kadang disebut "respirator", sebuah istilah yang umum digunakan untuk pada tahun 1950-an. Namun, rumah sakit kontemporer dan terminologi medis menggunakan kata "respirator" untuk merujuk pada masker pelindung [1].

B. Kalibrasi

Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukurnya yang mampu telusur (*traceable*) ke standar nasional untuk satuan ukuran atau internasional [5].

C. Gas Flow Analyzer

VT plus HF *Gas Flow Analyzer* adalah alat untuk menguji aliran gas medis dan perangkat tekanan. Ini lebih dari sekadar pengukur aliran gas; itu menganalisis kinerja berbagai perangkat dan beberapa parameter ventilator [6].

D. Formula EN (Error Number)

Prosedur KAN mengevaluasi hasil program yang telah di kalibrasi. *Error Number* merupakan suatu syarat dari hasil uji profesiensi dimana hasil perbandingan antar lab tidak boleh lebih dari +1 atau kurang dari -1.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian digunakan untuk mengumpulkan data, mengidentifikasi masalah terkait, dan menganalisa studi kasus, sehingga dari data yang telah dikumpulkan akan diperoleh perumusan, analisa dan pemecahan masalah, oleh karena itu diperlukan suatu pengumpulan data yang akurat, lengkap, relevan dan objektif serta dapat dipercaya kebenarannya guna menyusun laporan thesis

ini. Berikut ini adalah beberapa metode yang digunakan dalam pengumpulan data:

1. Studi literatur kegiatan mencari langsung literatur yang berkaitan dengan peralatan kalibrasi, ventilator di PT Mitra Solusi Elektromedik Kalibrasi dan RSU Muhammadiyah Metro.
2. Studi pustaka kegiatan mengumpulkan data yang didapat berdasarkan referensi, jurnal, buku, internet, dan laporan yang tersedia dan di Laboratorium PT tersebut, RS tempat penelitian, Universitas Lampung yang menyangkut dengan masalah yang akan dibahas.
3. Melakukan kegiatan penelitian di lapangan dan kalibrasi ventilator di RSU Muhammadiyah Metro bersama PT mitra solusi elektromedik.
4. Konsultasi Kegiatan tanya jawab dengan dosen pembimbing dan juga kepada teknisi PT dan RS terkait yang di tuju untuk penelitian.

Pada penelitian ini metode pengumpulan data dilakukan dengan metode pengukuran fisik dan dokumentasi, Metode kalibrasi ini berisikan tentang langkah kegiatan seperti pra kalibrasi, kalibrasi dan perhitungan ketidak pastian. Alat yang digunakan kalibrasi adalah *ventilator*. Metode kalibrasi yang digunakan oleh penulis adalah menggunakan metode ECRI (*Emergency Care Research Institute*) yang diadopsi dari metode kalibrasi PT.MSE Jakarta [5].

Prosedur Kalibrasi dapat di lakukan dengan melakukan pengamatan fisik

- a. Lakukan pendataan administrasi meliputi data alat yang akan dikalibrasi, alat-alat kalibrator yang digunakan dan data pelaksanaan kalibrasi.
- b. Catat kondisi awal lingkungan (suhu dan kelembaban) pada lembar kerja dan uji keselamatan listrik pada alat medis yang akan di kalibrasi.
- c. Catat hasil pemeriksaan fisik dan fungsi alat yang akan dikalibrasi pada lembar kerja dan bandingkan hasil dari kedua pengujian dan kalibrasi alat tersebut sesuai dengan tabel di bawah ini.

Pada tabel 1 di bawah ini adalah contoh tabel pemeriksaan fisik dan uji fungsi alat.

Tabel 1. Pemeriksaan fisik dan uji fungsi alat

Bagian Alat	Hasil Pemeriksaan		Keterangan
	Fisik	Fungsi	
Badan dan permukaan	Baik	Baik	Layak pakai
Tombol dan indikator	Baik	Baik	Layak pakai
Kabel dan aksesoris	Baik	Baik	Layak pakai

1. Prosedur Pengukuran

Pada Gambar 1 di bawah ini adalah proses kalibrasi ventilator di salah satu rumah sakit di lampung, dengan menggunakan *gas flow analyzer* dan teslang dari *fluke biomedical* yang sedang berlangsung dan sudah mengalami beberapa kali pengujian .



Gambar 1. prosedur pengukuran kalibrasi ventilator pihak ke dua

A. Pengujian dan kalibrasi alat ventilator dengan pihak ke 2

Prosedur metode kalibrasi pihak ke 2 dapat di lakukan dengan standar operasional sesuai urutan di bawah ini [7]:

1. Siapkan alat ventilator dan alat kalibrator *fluke gas flow analyzer*.
2. Cek suhu ruangan menggunakan *thermohygrometer*.
3. Cek keselamatan listrik menggunakan *electrical safety analyzer*.
4. Lihat dan catat hasil kelistrikan nya.
5. Sambungkan semua aksesoris breathing sirkuit dari ventilator ke alat kalibrator seperti gambar diatas.
6. Nyalakan alat kalibrator dan ventialtor.
7. Setelah nyala di alat *gas flow analyzer* akan muncul inialisasi.
8. Pilih mode 4 untuk pilihan pengukuran.
9. Pilih titik setting dengan menekan tombol option.
10. Lakukan pengukuran dengan tekan tombol start.
11. Catat hasil pengukuran.

12. Setelah selesai matikan alat dengan mengubah tampilan ke menu home kemudian tekan *switch on/off*.
13. Lepaskan sambungan ventilator dari alat kalibrator.

B. Pengujian dan kalibrasi alat ventilator dengan metode kalibrasi mandiri

Pada Gambar 2 adalah proses kalibrasi ventilator di salah satu rumah sakit dengan metoode kalibrasi mandiri yang sedang di lakukan teknisi di rumah sakit setempat.



Gambar 2. prosedur pengukuran kalibrasi mandiri ventilator

Prosedur kalibrasi mandiri dapat di lakukan dengan standar operasional sesuai urutan di bawah ini :

1. Siapkan alat ventilator dan beberapa aksesoris pendukung.
2. Cek suhu ruangan menggunakan *thermohygrometer*.
3. Hubungkan alat dengan sumber listrik dan cek keselamatan listrik menggunakan *electrical safety analyzer*.
4. Lihat dan catat hasil kelistrikan nya.
5. Sambungkan semua asesoris breathing sirkuit dari ventilator ke test lung.
6. Nyalakan alat ventilator.
7. Setelah nyala dan *booting* selesai akan ada beberapa mode pada alat,
8. Pilih mode 3 self calibration unit.
9. Pilih titik setting dengan menekan tombol option.
10. Lakukan pengukuran dengan tekan tombol start.
11. Catat hasil pengukuran.
12. Setelah selesai matikan alat dengan mengubah tampilan ke menu home kemudian tekan *switch on/off*.
13. Lepaskan sambungan ventilator dari test lung.

C. Penyelesaian

Pada penyelesaian uji fungsi dan kalibrasi dapat di lakukan beberapa

langkah/tahapan seperti, Lakukan pengukuran keselamatan listrik pada ventilator, Catat hasil pengukuran pada lembar kerja, Catat kondisi akhir lingkungan (suhu dan kelembaban) pada lembar kerja dan Lepaskan sambungan dari ventilator ke kalibrator/Test Lung dan rapikan alat dan asesoris yang lain seperti semula.

D. Metode Analisis Data

Dalam melakukan analisis data, digunakan metode kuantitatif. Dimana cara penafsiran dan pengambilan kesimpulan berdasarkan pengumpulan data yang telah diperoleh sebelumnya melalui pengujian dan penganalisisan sesuai ketentuan/permintaan Permenkes No.363/Menkes/Per/IV/1998, Departemen Kesehatan Republik Indonesia [1][7]. Analisa data hasil kalibrasi dilakukan dengan cara perhitungan ketidakpastian:

1) Rata-Rata (mean)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Dimana :

$\bar{x}$ = nilai rata-rata (mean) dari seluruh data pengukuran

n = jumlah data dari pengukuran yang diambil

x_i = jumlah nilai data pengukuran ke-i, yaitu $x_1, x_2, \dots, x_i$

2) Koreksi

Pembacaan pada Gas flow

Analyzer pembacaan pada ventilator [7]

E = T Standar-T Alat

E = Nilai koreksi (2)

T_{Standar} = Nilai rata-rata

T_{Alat} = Nilai yang disetting

3) Perhitungan ketidakpastian

a. Ketidakpastian kemampuan daya ulang pembacaan repeatability (u_a) [7]

Untuk memperoleh nilai ketidakpastian repeatability, perlu menghitung terlebih dahulu nilai standar deviasi dari seluruh data-data pengukuran yang diambil :

$$\text{Standar deviasi (Stdv)} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \times 100\% \quad (3)$$

STDV = standar deviasi / simpangan baku

$\bar{x}$ = nilai rata-rata

n = nilai sesungguhnya

x_i = nilai yang di amati

b. Ketidakpastian repeatability diperoleh dengan membagi hasilnya dengan akar dari jumlah data pengukuran yang diambil [7]:

$$U_a = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{n} \times 100\% \quad (4)$$

U_a = Ketidakpastian Tipe A

Stdv = standar deviasi / simpangan baku

n = jumlah data data pengukuran

c. Nilai derajat kebebasan dari ketidakpastian pembacaan berulang adalah jumlah data-data pengukuran yang diambil dikurangi dengan 1

$$V = n - 1 \quad (5)$$

V = Derajat Kebebasan

n = jumlah data data pengukuran

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi fisik dan fungsi alat (Pihak ke 2)

Tabel 3 di bawah ini kondisi fisik serta fungsi dari masing-masing komponen atau aksesoris masih dalam kondisi baik, sehingga alat ini dapat digunakan untuk pengukuran.

Tabel 3. Kondisi Fisik dan Fungsi Alat

Bagian Alat	Hasil Pemeriksaan		Keterangan
	Fisik	Fungsi	
Badan dan permukaan	Baik	Baik	Layak pakai
Tombol dan indikator	Baik	Baik	Layak pakai
Kabel dan aksesoris	Baik	Baik	Layak pakai

Kondisi alat dalam keadaan baik dan sedang tidak dalam penggunaan kurang lebih selama 2 jam lamanya.

B. Hasil Pengukuran Akurasi dan Pengulangan/repeatability Kalibrasi Pihak ke 2

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan akurasi dan *repeatability* dari metode kalibrasi pihak ke 2, perhitungan menggunakan rumus akurasi Akurasi *Error number* dan untuk perhitungan *repeatability* menggunakan persamaan [4].

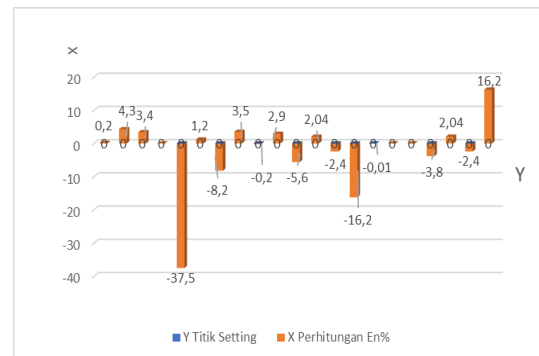
Tabel 4. Pengukuran Akurasi dan Pengulangan/*repeatability*

No	Pengukuran	Hasil Akurasi Dari 3 Kondisi			Repeatability/ Pengulangan
		1	2	3	
1.	Tidal Volume	0,8	-2,5	1,0	0,90 %
	Respiration Rate	-	1,2	1	1,03 %
	Minute volume	3,3	-	1	1,76 %
	PEEP	-	-1,9	1	1,76 %
	PEEP	2,4	-	1	1,76 %
	PEEP	1	6,6	4,8	0,93 %
	I:E Ratio	-	-	-	-
	I:E Ratio	37,5	-1,04	1,04	12,5 %
	PIP	-	-1,4	3,4	1,66 %
	PIP	0,2	-	-	-
	MAP	-	-	-	-
	MAP	9,9	-15,2	15,2	3,3 %

Tabel 4 di atas hampir semua akurasi dan pengulangan masuk dalam standar toleransi yang ditetapkan terkecuali pada akurasi I:E Ratio pada kondisi ke 1 menunjukkan hasil di atas -15% di hasilkan angka -37,5% mengakibatkan tidak stabilnya nilai *repeatability* dan pada akurasi MAP kondisi ke 2 dan 3 akurasi melebihi -15%. Untuk *repeatability* nya di I:E ratio melebihi toleransi yaitu ada pada titik 12,5% sedangkan pada MAP melebihi 2% *repeatability* nya yaitu ada pada titik 3,3% menandakan presisi/*repeatability* nya sedikit kurang baik.

C. Grafik Error Number Metode Kalibrasi Pihak ke 2

Pada gambar 3 merupakan hasil grafik error number pada pengujian kalibrasi pihak ke 2 dengan PT MSE.



Gambar 3. Grafik Error Number Kalibrasi Pihak ke 2

Pada grafik hasil perhitungan Error Number metode kalibrasi pihak ke 2 ini terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara metode kalibrasi pihak ke dua dengan metode kalibrasi mandiri, dimana pada hasil perhitungan Error Number (EN) terdapat 3 (tiga) titik setting yang tidak berada diantara batas error number, yaitu pada titik setting percobaan 1 (satu) I:e ratio -37,5%, percobaan ke 2 (dua) di MAP dengan 16,2% dan percobaan ke 3 (tiga) MAP dengan 16,2% dimana hasil dari perhitungan Error Numbernya melebihi +15% dan lebih dari -15% pada pengujian dan kalibrasi setelah melakukan kalibrasi mandiri, Menunjukkan hasil yang baik meskipun pada 3 titik setting menunjukkan hasil yang kurang baik ini terjadi karna faktor pemakaian, suhu ruangan dan kondisi alat kalibrasi itu sendiri dan di katagorikan bahwa kondisi alat tergolong masih baru.

D. Kondisi fisik dan fungsi alat (Mandiri)

Pada tabel 5 di bawah ini kondisi fisik serta fungsi dari masing-masing komponen atau aksesoris masih dalam kondisi baik, sehingga alat ini dapat dilakukan pengukuran.

Tabel 5. Kondisi Fisik dan Fungsi Alat

Bagian Alat	Hasil Pemeriksaan		Keterangan
	Fisik	Fungsi	
Badan dan permukaan	Baik	Baik	Layak pakai
Tombol dan indikator	Baik	Baik	Layak pakai
Kabel dan aksesoris	Baik	Baik	Layak pakai

Kondisi alat dalam keadaan baik dan sedang tidak dalam penggunaan kurang lebih selama 2 jam lamanya.

E. Hasil Pengukuran Akurasi dan Pengulangan/repeatability Kalibrasi Mandiri

Tabel 6 merupakan hasil perhitungan akurasi dan repeatability dari metode kalibrasi mandiri, perhitungan menggunakan rumus akurasi *Error number* dan untuk perhitungan *repeatability* menggunakan persamaan [4].

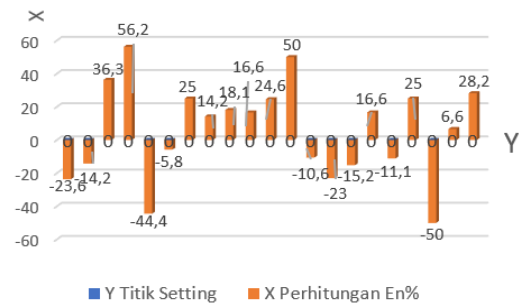
Tabel 6. Pengukuran Akurasi dan Pengulangan/repeatability

Pengulangan Repeatability					
No	Pengukuran	Hasil Akurasi			Repeatability/Pengulangan
		Dari 3 Kondisi			
		1	2	3	
1.	Tidal Volume	24,6	-13,2	16,2	1,6 %
	Respiration Rate	15,2	-17,1	-15,6	5,56 %
	Minute volume	-35,3	-15,6	12,1	21 %
	PEEP	-55,2	-23,6	-24	18,26 %
	I:E Ratio	45,4	-49	51	18,2 %
	PIP	6,8	11,6	-5,6	8 %
	MAP	-24	24	-27,2	9,06 %

Tabel 6 di atas hampir semua perhitungan rata-rata dan repeatability tidak masuk dalam standar toleransi yang ditetapkan terkecuali pada repeatability tidal volume pada titik 1,6% menandakan kerapatan akurasi perhitungannya baik. Pada akurasi respiration rate akurasi melebihi batas toleransi tetapi pada repeatability nya 5,56% menandakan presisi nya sedikit kurang baik, PIP kondisi ke 1, 2 dan 3 akurasi masuk dalam standar toleransi tetapi repeatability nya kurang baik yaitu 8% dikarenakan pada kondisi 3 hasil perhitungan akurasi turun drastis ke -5,6.

F. Grafik error number Metode Kalibrasi Mandiri

Pada gambar 4 merupakan hasil grafik error number pada pengujian kalibrasi mandiri.



Gambar 4. Grafik Error Number Kalibrasi Mandiri

Pada grafik hasil perhitungan Error Number pada metode kalibrasi mandiri ini terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara metode kalibrasi pihak ke dua dengan metode self kalibrasi, dimana pada hasil perhitungan Error Number (EN) terdapat 4 (empat) titik setting yang tidak berada diantara error number, yaitu pada titik setting percobaan 1 (satu) PIP -5,8%, percobaan ke 2 (dua) di tidal volume dengan 14,2%, PIP -10% dan percobaan ke 3 (tiga) Minute volume dengan -11,1% dimana hasil dari perhitungan Error Numbernya tidak melebihi +15% dan lebih dari -15% pada pengujian dan kalibrasi 2 hari sebelum dilakukan kalibrasi pihak ke 2 dengan PT MSE. Menunjukkan hasil yang kurang baik di kategorikan bahwa kondisi alat tergolong masih baru.

G. Analisa Perbandingan Perhitungan Penulis dengan Perhitungan Perusahaan

Perbandingan perhitungan parameter pengukuran dan akurasi dapat dilihat di tabel 7 di bawah ini :

Tabel 7. Perbandingan Pengukuran Akurasi dan Repeatability

Pembacaan setting standar	Kalibrasi dan pengujian fungsi pihak ke 2			Kalibrasi dan pengujian fungsi mandiri		
	Rata-rata akurasi	Repeatability	Hasil	Rata-rata akurasi	Repeatability	Hasil
Tidal Volume	-0,23	0,90	Baik / Presisi	9,2	1,6	Kurang baik / Presisi
Respiration Rate	-0,36	1,03	Baik / Presisi	-5,83	5,56	Kurang baik / Kurang Presisi
Minute volume	-1,1	1,76	Baik / Presisi	-12,93	21	Kurang baik / Kurang Presisi

PEEP	4,13	0,93	Baik Presisi	-34,2	18,26	Kurang baik Tidak Presisi
I:E Ratio	-12,5	12,5	Kurang baik Tidak Presisi	15,8	18,2	Kurang baik Tidak Presisi
PIP	0,6	1,66	Baik Presisi	4,26	8	Baik Tidak Presisi
MAP	-13,43	3,3	Kurang baik Kurang Presisi	-9,06	-9,06	Baik Tidak Presisi

Dari tabel 7 perbandingan kedua metode tersebut menunjukkan adanya perbedaan dan persamaan di beberapa metode perhitungan. Persamaan ini terjadi pada metode I:E ratio dan MAP pada pengujian kalibrasi pihak ke 2 yang menunjukkan hasil kurang baik pada rata-rata akurasi sedangkan untuk presisi keduanya menunjukkan hasil yang berbeda di mana pada I:E Ratio menunjukkan hasil yang tidak presisi yaitu 12,5% dan MAP kurang presisi dengan hasil 3,3% hasil tertera mengacu pada Panduan Kalibrasi Kemenkes, metode kerja pengujian dan kalibrasi alat kesehatan tahun 2019 seperti yang tertera pada tabel 4.13 di atas. Sedangkan pada pengukuran yang lain menunjukkan hasil yang sangat berbeda di mana hasil dari kalibrasi pihak kedua lebih baik di bandingkan kalibrasi mandiri hasil akurasi baik terjadi pada parameter MAP dan PIP. Perhitungan dan hasil tersebut juga di pengaruhi oleh :

1. Perbedaan hasil nilai pengukuran setting default yang mengacu pada MK Kalibrasi alat medis 2019, Dari masing-masing parameter pengukuran yang di lakukan masing-masing sebanyak 6 kali pengujian, akurasi dan *repeatability*.
2. Berdasarkan perhitungan dan pengolahan data yang telah dilakukan didapati hasil bahwa kedua jenis pengujian terdapat titik setting melewati batas toleransi yang di tetapkan metode kalibrasi sehingga didapat hasil dari perhitungan Error Numbernya melebihi +1 dan kurang dari -1 mengakibatkan ketidakpastian pada nilai referensi akurasi dan *repeatability* nya.
3. Kondisi alat, suhu, intensitas pemakaian, lingkungan sekitar dan part flow sensor

yang sudah melewati masa pakai mengakibatkan performa alat medis turun.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Perbedaan perhitungan antara metode kalibrasi pihak ke 2 dan kalibrasi mandiri dikarenakan penggunaan angka penting yang berbeda di setiap pengujian maupun hasil perhitungan awal seperti menentukan nilai standar deviasi, akurasi, *repeatability* dan ketidakpastian En. disimpulkan bahwa ventilator drager savina layak untuk digunakan dalam menunjang pelayanan. Berdasarkan perhitungan dari *Error Number*, Untuk metode kalibrasi mandiri dapat digunakan didalam proses pengambilan data karena di beberapa kondisi tertentu ada di antara Error Number yang masih masuk nilai ambang batas dan dalam jangka pemakaian yang terbatas hanya sampai 6 bulan, karna kondisi alat penunjang dan kesetabilan listrik di rumah sakit sangat berpengaruh pada alat tsb.

1. Analisa hasil perhitungan data kalibrasi ventilator pihak ke 2 parameter dengan batas toleransi $\pm 15\%$ mengacu pada metode kalibrasi dari PT MSE. Pada semua setting standar angka yang dihasilkan beberapa sangat akurat di 100%, yaitu pada metode kalibrasi pihak ke 2 pada percobaan 1 (satu) pada PEEP dengan titik setting awal 5 dan hasil akhir kalibrasi tetap 5, pada percobaan 3 (tiga) pada pengujian respiration rate dan minute volume dengan titik setting awal respiration rate 14 dan minute volume 8 setelah mengalami 6x pengujian hasil nya tetap sama.
2. Pada pengujian metode kalibrasi mandiri hampir semua pengujian melebihi batas toleransi yang di tetapkan yaitu $\pm 15\%$ tetapi pada hanya ada hasil 4 metode pengujian menunjukkan hasil yang baik dan masih masuk dalam toleransi yang di tetapkan yaitu pada PIP dengan setting awal 16 dan hasil akhir kalibrasi di angka 17, PIP percobaan ke 2 dengan titik setting 16 dan hasil kalibrasi 18, minute volume percobaan ke 3 dengan titik setting 8 dan hasil kalibrasi 9 sedangkan yang terakhir

pada PIP percobaan ke 3 dengan setting awal 16 dan hasil kalibrasi 15 dari semua pengujian metode kalibrasi mandiri yang masih dalam batas toleransi.

3. Perbandingan repeatability kedua metode banyak sekali terjadi perbedaan yang signifikan terkecuali, contoh pada satu metode kalibrasi mandiri pada setting tidal volume yang mendapat nilai repeatability yang presisi di karenakan akurasi pada pengukuran nya yaitu pada percobaan 1 - 23,6, percobaan 2 14,2 dan percobaan 3 - 15,2 menunjukkan pengulangan yang baik antara jarak percobaan 1 , 2 dan 3. Naik turun nya kondisi tersebut di akibatkan kondisi flow sensor dan o2 sensor yang melebihi batas pemakaian. Begitupun dengan percobaan *respiration rate* metode kalibrasi mandiri yang mendapat nilai *repeatability* hampir mendekati presisi yaitu di 5,56% .
4. Kondisi alat, suhu, intensitas pemakaian, lingkungan sekitar dan part flow sensor yang sudah melewati masa pakai mengakibatkan performa alat medis turun.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Y. Ovtaria ,Apriliani , I. R. Dhona , R. F Surakusumah “ Pengembangan Platform Online Simulasi Virtual Pengujian Dan Kalibrasi Ventilator Berbasis Browser” Indonesian Jurnal of Health Development, Vol.3, No. 2 Hal.245-256 September 2021.
- [2] Y. N. Firdaus , Syaifudin, M. P. Assalim “ Alat Ukur Konsentrasi Kadar O2 Dan Airflow Pada Ventilator ” JEEMI TEKNOSES, Vol. 12, No. 1, Hal.27-32 Maret 2019.
- [3] PT Trilux Sukses Abadi Technical Staff, Panduan Pemeliharaan Ventilator, 2019.
- [4] Drager Health Care Technical Staff, Manual Ventilator Drager Savina 300, 2019.
- [5] S. Z. Sigit, “ Uji Kelayakan Pasien Monitor Melalui Pengujian Dan kalibrasi, Skripsi ” Fakultas Teknik Universitas Semarang, Februari 2019.
- [6] Fluke Biomedical Technical Staff, Manual Gas Flow Analyzer Simulator Vt 305, 2011.
- [7] Panduan Kalibrasi Kemenkes, Metode Kerja Pengujian Dan Atau Kalibrasi Alat Kesehatan, 2019.
- [8] Frerichs, G. Hahn, G. Hellige. Thoracic Electrical Impedance Tomographic Measurements during Volume Controlled Ventilation-Effects of Tidal Volume and Positive End Expiratory Pressure [J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol.18, No.9, September 1999.
- [9] Frerichs, G. Hahn, G. Hellige “Thoracic Electrical Impedance Tomographic Measurements during Volume Controlled Ventilation-Effects of Tidal Volume and Positive End Expiratory Pressure” IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Hal.764-773 1999.
- [10] Adi, “Alat Penunjang Pernapasan Pasien Ventilator MTV1000,” para. 12, Des 2019. [Online]. Available: <https://www.alatkedokteran.id/cara-menggunakan-tombolisasi-ventilator-mtv1000/> , [Accessed Mei. 2, 2023].
- [11] P. Zhang, J. Sun, G. Wan, W. Liu, “Development of ventilator tester calibration equipment” IET International Conference on Biomedical Image and Signal Processing (ICBISP) 2015.