

Rancang Bangun Pengukur Konsentrasi Oksigen Pada Alat Bubble CPAP

Ari Widiatmoko[#], I Dewa Gede Hari Wisana, Triana Rahmawati

Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes, Surabaya

Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia

[#] ariwidi501@gmail.com, dewa@poltekkesdepkes-sby.ac.id, triana.tekmed@gmail.com,

Abstrak—Respiratory distress pada neonatus, adalah salah satu problem terbesar yang ditemui sehari-hari yang tampak seperti nafas cepat pada bayi baru lahir. Bubble Continuous Positive Airway Pressure (Bubble CPAP) adalah merupakan suatu alat untuk mempertahankan tekanan positif pada saluran napas neonatus selama pernafasan spontan. Akan tetapi alat ini sangat minim system monitoringnya sehingga menyebabkan insting perawat menjadi satu-satunya sumber kepastian nilai kadar pemberian oksigen menggunakan Bubble CPAP. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat pemantau kadar oksigen yang akan diberikan pada bayi sehingga tidak terjadi kesalahan pemberian dosis. Perancangan alat ini terdiri dari Arduino nano, oksigen sensor ultrasonic gasboard 7500c dan lcd 2x16. Sinyal keluaran dari sensor yang masih berupa tegangan analog akan dibaca oleh port analog to digital converter (ADC) Arduino nano, kemudian akan ditampilkan pada lcd berupa konversi konsentrasi oksigen. Berdasarkan hasil pengujian dari membandingkan antara hasil kalibrasi dari LPFK dengan hasil ukur modul diperoleh error terbesar pada titik pengukuran 40% dengan nilai error 0.51%, sedangkan error terkecil diperoleh pada titik pengukuran 21%, 30%, 70% dan 90% yaitu sebesar 0%. Dengan diberikan alat pemantau kadar oksigen ini perawat lebih mudah mengontrol pemberian O₂ pada bayi.

Kata Kunci—Pengukur Konsentrasi Oksigen; Bubble CPAP; Arduino Nano;

I. PENDAHULUAN

Penggunaan CPAP yang benar terbukti dapat menurunkan kesulitan bernafas, mengurangi ketergantungan terhadap oksigen, membantu memperbaiki dan mempertahankan kapasitas residual paru, mencegah obstruksi saluran nafas bagian atas, dan mencegah kollaps paru, mengurangi apneu, bradikardia, dan episode sianotik, serta mengurangi kebutuhan untuk dirawat di Ruang intensif (1) (2). Pada alat cpap konsentrasi oksigen dapat di atur dari 21% hingga 98% dengan pengaturan pada oksigen blending. Penambahan humidifier pada circuit dapat mengurangi konsentrasi oksigen 1% hingga 5% (2). Akan tetapi pada bubble cpap tidak terdapat alat yang menampilkan konsentrasi real pada keluaran mesin blender yang mencampur O₂ dengan udara tekan kompresor. Sehingga apabila ada penurunan oksigen dalam darah tidak bisa mengetahui apakah keluaran konsentrasi yang salah atau kondisi klinis bayi yang menurun. Hal ini terjadi pada unit perinatologi RSUD dr Soediran Mangun Sumarso Wonogiri.

Pada neonatus terapi oksigen diberikan untuk mencapai tekanan oksigen (PO₂) 40-80 mmHg dan atau tingkat saturasi oksigen (SpO₂) 88 – 92% (3). Terapi oksigen pada neonatus tanpa penilaian tekanan oksigen arteri dan saturasi oksigen sangat berbahaya (4) (5). Pada penelitian ini tidak menyebutkan berapa konsentrasi oksigen yang terukur pada alat. Pada penelitian bonner 2008 mengatakan salah satu troubleshooting penggunaan cpap pada bayi adalah memastikan

bahwa blander diatur sesuai prosentase oksigen yang sesuai, yang memungkinkan perubahan fluktuasi konsentrasi oksigen (6). Penelitian lee mengatakan NPM (neonatal volume monitor) mampu secara akurat mendeteksi tidal flow dengan frekuensi 0–150 napas / menit dan a minimum 1,0 ml tidal volum tetapi tidak mampu mengukur secara akurat sistem gelembung CPAP (7), tetapi tidak mengukur konsentrasi oksigen pada keluaran blander. Bubble CPAP ini bekerja dengan menggunakan Suplai oksigen dan Kompresor yang dimixing oleh mesin blender untuk menghasilkan konsentrasi oksigen, terdapat chamber humidity sebagai penghasil udara yang hangat dan kelembapan optimal, bubble chamber untuk mengatur kedalaman PEEP sebagai pemberi ekspirasi. Banyak parameter yang diatur untuk alat bubble CPAP ini yaitu tekanan Oksigen, Tekanan kompresor, persentase konsentrasi oksigen (FiO₂), flow meter, dan kedalam PEEP namun alat ini minim monitoring, menyebabkan tidak dapatnya memantau kebenaran pengaturan yang diinginkan. Salah satunya, seperti tidak terdapatnya media monitoring kadar konsentrasi oksigen yang diberikan. Contohnya apabila kita mengatur konsentrasi oksigen (FiO₂) di mesin blender, user menjadikan kondisi bayi sebagai indicator tercapainya konsentrasi settingan yang diinginkan dalam keberhasilan sebuah terapi. Hal ini menyebabkan insting perawat menjadi satu-satunya sumber kepastian nilai kadar pemberian oksigen menggunakan Bubble CPAP (8).

Oksigen analyzer berbasis ultrasonik mempunyai ukuran kecil, stabil, akurasi tinggi, biaya rendah daya tahan pengukuran yang baik. Oksigen Analyzer berbasis ultrasonik ini biasa digunakan pada alat oksigen konsentrator. (wuhan-cubic-optoelectronics) (9). Budi utomo 2018 meneliti kekuatan dan keakurasian oksigen analyzer berbasis ultrasonik pada setting 90% keatas tertentu, tetapi belum meneliti tingkat keakurasian di bawah 90% (10). Dari kondisi diatas maka penulis mencoba memodifikasi alat bubble cpap tersebut dengan menambahkan alat pemantau kadar oksigen dengan menggunakan oksigen analyzer dengan sensor berbasis ultrasonik sebagai alat bantu user dalam memantau konsentrasi keluaran oksigen pada bubble cpap.

II. BAHAN-BAHAN DAN METODE

A. Setting Percobaan

1) Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler arduino nano sedangkan sensor penukur konsentrasi oksigen yang digunakan yaitu gasboard 7500e dengan basis ultrasonik. Sensor oksigen ditempatkan secara seri pada keluaran blander bubble cpap. Sedangkan alat ukur yang digunakan untuk mengukur tegangan yaitu multimeter digital (Sanwa, CD800A, Jepang).

2) Eksperimen

Dalam penelitian ini, setelah modul oksigen sensor dengan gasboard 7500e selesai dibuat maka modul tersebut akan dipasangkan pada keluaran blander bubble cpap. Pada tahap pengujian, nilai pembacaan sensor dibandingkan dengan hasil dari alat pembanding dengan rentang pengukuran (21%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%).

Setelah dilakukan pengujian dengan alat pembanding selanjutnya dilakukan pembandingan dengan hasil kalibrasi alat dari BPFK. Adapun maksud dari pembanding ini adalah untuk mengetahui tingkat keakurasian dari modul yang dibuat.

B. Diagram Balok

Tombol on/off dalam posisi on, maka adaptor akan menyuplai tegangan keseluruh rangkaian. Sensor ultrasonik gasboard 7500E akan mendeteksi kadar oksigen kemudian masuk pada IC Arduino nano yang sudah diberi program dan diolah sedemikian rupa sehingga mendapatkan hasil (output) yang akan ditampilkan pada LCD TFT berupa hasil dari pengukuran konsentrasi oksigen alat tersebut. Ketika alat bubble CPAP di hidupkan maka akan disetting keluar blender yang mencampur antara oksigen murni dengan udara medis. Keluaran dari blender akan masuk pada sensor ultrasonik gasboard 7500E. Setelah itu sensor akan membaca dan diolah oleh arduino nano. Pada tampilan akhir pada LCD akan ditampilkan hasil pembacaan berupa konsentrasi oksigen dalam satuan %.

Alat buble CPAP disetting pada blender kemudian alat di hidupkan. Oksigen analyzer juga akan hidup. Sensor oksigen ultrasonik gasboard 7500E akan membaca konsentrasi oksigen yang lewat dari blander lalu di tampilkan pada LCD karakter 2X16.

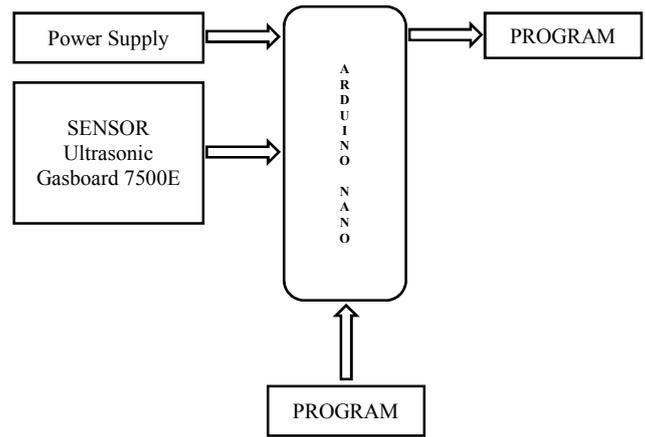


Fig. 1. Blok Diagram Pengukuran

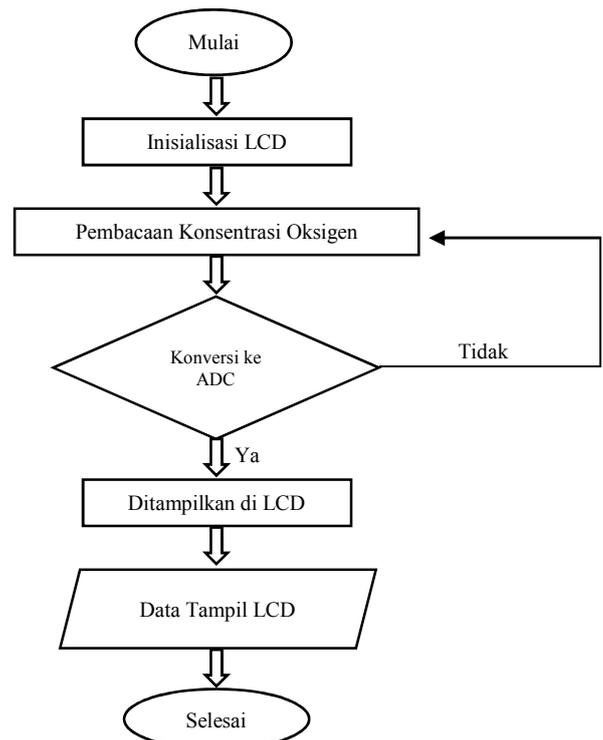


Fig. 2. Diagram Alir Program

C. Diagram Alir

Alat buble CPAP disetting pada blender kemudian alat di hidupkan. Oksigen analyzer juga akan hidup. Sensor oksigen

ultrasonic gasboard 7500E akan membaca konsentrasi oksigen yang lewat dari blander lalu di tampilkan pada LCD karakter 2X16.

D. Rangkaian Analog

Bagian terpenting dalam penelitian ini adalah hubungan antara sensor oksigen dengan arduino nano. Koneksi disesuaikan dengan datasheet sensor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Untuk koneksi kabel memberikan tegangan 12V pada pin J5, pion 1 disambungkan tegangan VCC 12 dan pion 2 disambungkan dengan ground. Untuk keluaran tegangan sensor pada pin J1, pion 1 dipasang probe positif AVO meter sedangkan pion 3 dipasangkan probe negative dari AVO meter.



Fig. 5. Tampak hasil rancangan modul dengan arduino nano dan sensor gasboard 7500e

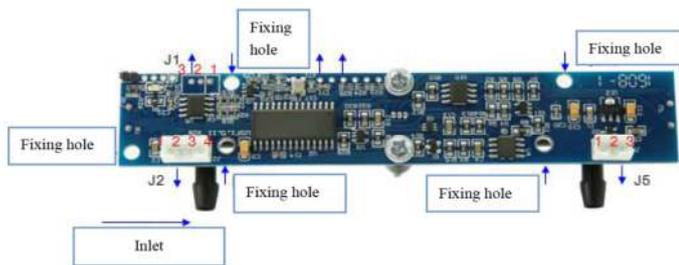


Fig. 3. Sensor gasboard 7500e

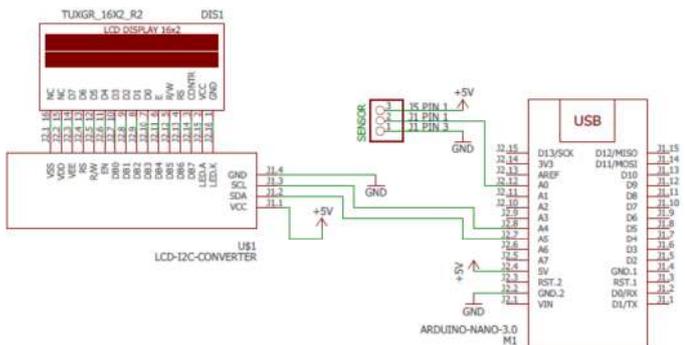


Fig. 4. Koneksi sensor dengan port ADC Arduino nano

III. HASIL

Dari pengukuran tersebut maka dapat diketahui besarnya tegangan dari masing-masing titik konsentrasi pada blander bubble cap. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui pola tegangan keluaran dari sensor oksigen ultrasonic gasboard7500e dari konsentrasi 21% sampai 100%. Dari pola tegangan ini nanti akan diketahui apakah tegangan dari sensor jenis tegangan linear atau tidak linear. Dari hasil tegangan yang terbaca inilah yang nantinya akan digunakan sebagai rumus untuk program pada arduinonya.

1) Rancang Bangun Modul

Foto yang ditunjukkan pada Gambar 6 adalah rancangan modul oksigen konsentrator dengan sensor gasboard 7500. Koneksi kaki kaki sensor dengan Arduino nano ditunjukkan pada gambar diatas

2) Listing Program untuk Arduino Holter Monitor

Dalam tulisan ini, program arduino untuk pembacaan sensor gasboard 7500e.

Listing program 1. Program Pembacaan Sensor

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
float oksigen;
void setup()
{
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    Serial.begin(9600);
}
```

Deklarasi di atas berfungsi untuk mendrklarasikan perintah agar program bisa berjalan di system arduino nano.

```
int sensorOksigen =
analogRead(A0);
float voltageOksigen = (sensorOksigen*
(5.0 / 1023.0));
if (voltageOksigen < 0.87 )
{
    oksigen = ((32.143 *
voltageOksigen) + 2.3571);
}
else
{
```

```

    oksigen = (-10.051 * pow(voltageOksigen, 4))
    + (72.097 * pow(voltageOksigen, 3))
    - (195.39 * pow(voltageOksigen, 2)) +
    (274.05 * voltageOksigen) - 101.77 ;
}
lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Oksigen:");
lcd.print(oksigen, 1);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(15, 0);
  lcd.print("%");
Serial.print("voltageOksigen;") // digunakan untuk
menampilkan di serialmonitor
Serial.println(voltageOksigen);
    
```

Pada program diatas berfungsi untuk mengubah tegangan analog dari sensor diubah menjadi tegangan digital. Tenganan digital tersebut kemudian di dikonversi menjadi konsentrasi oksigen. Karena tegangan keluaran dari sensor tidak linear terhadap prosentasi oksigen maka dibuat rumus persamaan linear agar tegangan keluaran sensor dengan tampilan persen oksigen menjadi sesuai. Kemudian hasil dari rumus tersebut ditampilkan pada LCD.

3) Pengukuran Tegangan Keluaran Sensor

TABLE I. HASIL PENGUKURAN KELUARAN SENSOR PADA TIPA TITIK SETTING BLANSER BUBBLE CPAP

SETTING PADA BLANDER BUBBLE CPAP (%)	TENGANGAN SENSOR (V)
21	0,54
30	0,75
40	0,89
50	1,05
60	1,29
70	1,52
80	1,74
90	2,03
100	2,3

Tabel.1 merupakan pengukuran antara perubahan settingan pada blander bubble cpap yang menghasilkan perubahan output tegangan sensor oksigen. Dari hasil pengukuran tenganan diataas maka didapatkan garfik perubahan konsentrasi oksigen pada blanter bubble cpap terhadap tegangan keluaran sensor ultrasonic oksigen sensor

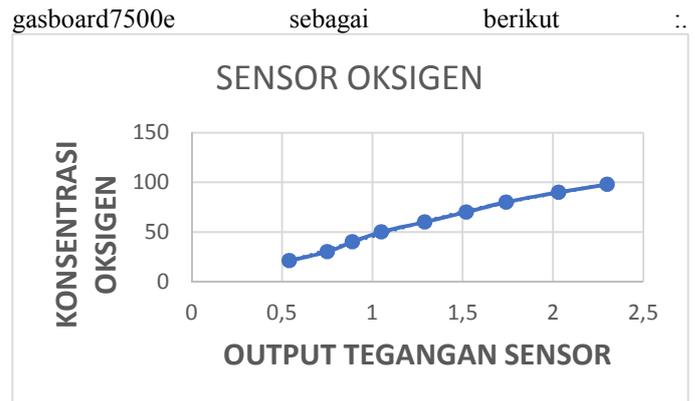


Fig. 6. Grafik perubahan konsentrasi oksigen terhadap perubahan tegangan keluaran sensor oksigen

4) Pengukuran konsentrasi pada blander bubble cpap di tiap titik setting

TABLE II. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 21%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	21,5
P2	21,1
P3	21,4
P4	21,5
P5	21,4
P6	21,2
P7	21,2

Pada pengukuran titik 21% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 21,5%, sedangkan nilai terendah 21,1%.

TABLE III. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 30%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	29,1
P2	29,7
P3	29,4
P4	29,8
P5	29,5
P6	29,2
P7	29,7

Pada pengukuran titik 30% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 29,8%, sedangkan nilai terendah 29,1%.

TABLE IV. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 40%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	39,6
P2	39,3
P3	39,1
P4	39,6
P5	40,5
P6	39,9
P7	39,6

Pada pengukuran titik 40% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 39,9%, sedangkan nilai terendah 39,1%.

TABLE VII. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 70%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	71,6
P2	71,7
P3	71,6
P4	71,4
P5	71
P6	71,6
P7	71,4

Pada pengukuran titik 70% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 71,6%, sedangkan nilai terendah 71%.

TABLE V. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 50%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	49,6
P2	50,3
P3	49,6
P4	49,8
P5	50
P6	49,8
P7	49,6

Pada pengukuran titik 50% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 50,3%, sedangkan nilai terendah 49,6%.

TABLE VIII. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 80%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	80,2
P2	79,8
P3	79,8
P4	80
P5	80,3
P6	80
P7	80,2

Pada pengukuran titik 80% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 80,3%, sedangkan nilai terendah 79,8%.

TABLE VI. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 60%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	60,8
P2	60,6
P3	60,6
P4	60,6
P5	60,8
P6	60,6
P7	60,2

Pada pengukuran titik 60% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 60,8%, sedangkan nilai terendah 60,2%.

TABLE IX. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 90%

PENGUKURAN	TERUKUR
P1	90,3
P2	90,8
P3	90,6
P4	90,8
P5	90,8
P6	90,3
P7	90,5

Pada pengukuran titik 90% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 90,8%, sedangkan nilai terendah 90,3%.

TABLE X. PENGUKURAN KONSENTRASI PADA TITIK 100%

PENGUKURAN TERUKUR	
P1	98,3
P2	98,1
P3	98,3
P4	97,9
P5	98,3
P6	97,9
P7	98

Pada pengukuran titik 100% blander bubble cpap dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali didapat nilai tertinggi adalah 98,3%, sedangkan nilai terendah 79,9%.

5) Hasil kalibrasi blander bubble cpap oleh BPFK

TABLE XI. DATA HASIL KALIBRASI LPFK PADA BLANDER BUBBLE CPCP

NO	SETTING PADA ALAT(%)	TERUKUR PADA STANDAR	KOREKSI	KETIDAKPASTIAN
1	21	21,3	0,3	±0,82
2	30	29,5	-0,5	±0,82
3	40	39,5	-0,5	±0,82
4	50	49,7	-0,3	±0,82
5	60	60,7	0,7	±0,82
6	70	71,5	0,5	±0,82
7	80	80,1	0,1	±0,82
8	90	90,6	0,6	±0,82
9	100	98	-2	±0,82

Hasil dari pengambilan data pada alat bubble cpap akan dibandingkan dengan hasil dari kalibrasi dari LPFK. Hal ini dimaksudkan untuk membandingkan hasil dari modul dengan hasil dari alat kalibrasi.

TABLE XII. DATA HASIL PENGUKURAN DANA ANALISISNYA

NO	SETTING PADA ALAT(%)	HASIL KALIBRASI BPFK	TERUKUR DI MODUL	KOREKSI	ERROR(%)	KETIDAKPASTIAN
1	21	21,3	21,3	0	0	0,06
2	30	29,5	29,5	0	0	0,10
3	40	39,5	39,7	-0,2	-0,51	0,17

4	50	49,7	49,8	-0,1	-0,20	0,10
5	60	60,7	60,6	0,1	0,16	0,08
6	70	71,5	71,5	0	0	0,09
7	80	80,1	80	0,1	0,12	0,07
8	90	90,6	90,6	0	0	0,09
9	100	98	98,1	-0,1	-0,10	0,07

IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan pengumpulan, pengolahan data dan pembacaan grafik dengan membandingkan hasil kalibrasi alat bubble cpap dengan hasil dari pengukuran modul dari konsentrasi 21% sampai dengan 100% dengan 7 kali pengukuran. Pengukuran kadar oksigen error terbesar pada titik pengukuran 40% dengan nilai error 0.51%, sedangkan error terkecil diperoleh pada titik pengukuran 21%, 30%, 70% dan 90% yaitu sebesar 0%. Adanya error tersebut dikarenakan perbedaan hasil pengukuran antara menggunakan alat standard dengan menggunakan modul yang diambil dari perbandingan pengukuran nilai rata-rata kedua alat tersebut.

Perbandingan antara hasil kalibrasi alat dengan hasil pengukuran modul diperoleh ketidakpastian tertinggi yaitu pada titik ukur 40% sebesar ± 0,17. Sedangkan ketidakpastian terendah yaitu pada titik ukur 21% sebesar ± 0,6. Adanya hasil ketidakpastian yang ada baik dari hasil kalibrasi maupun dari modul dikarenakan adanya perbedaan hasil pengukuran antara pengukuran pertama sampai dengan ketujuh yang mencakup sumber ketidakpastian daya ulang pembacaan yang merupakan ketidakpastian tipe A. Salah satu faktornya yang adalah kurang bagusnya kualitas dari sensor yang dipakai untuk mengukur kadar konsentrasi oksigen.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan tujuan pembuatan modul dapat disimpulkan bahwa menggunakan arduino nano dengan minimum system dapat menjalankan program, sehingga dapat menampilkan kadar oksigen pada blander bubble cpap. Setelah dilakukan pengujian dan pengambilan data pengukuran kadar oksigen sebanyak 7 kali dengan menggunakan hasil kalibrasi bubble cpap sebagai pembanding diperoleh error terbesar pada titik pengukuran 40% yaitu sebesar 0.51%. Sedangkan untuk error terkecil pada titik pengukuran 21%, 30%, 70%, 90% yaitu sebesar 0%. Oksigen analyzer ultrasonic kurang akurat pada pembacaan konsentrasi 40% yang memiliki error sebesar 0,51%, hal ini disebabkan kurang akurasi sensor oksigen ultrasonic tersebut. Tetapi error tersebut masih dalam batas toleransi yaitu sebesar ± 3% konsentrasi.

Hasil Perbandingan antara hasil kalibrasi alat dengan hasil pengukuran modul diperoleh ketidakpastian tertinggi yaitu pada titik ukur 40% sebesar ± 0,17. Sedangkan ketidakpastian terendah yaitu pada titik ukur 21% sebesar ± 0,6. Adanya ketidakpastian yang ada pada hasil ukur dikarenakan adanya ketidakpastian pembacaan modul sebanyak 7 kali yang

merupakan ketidakpastian type A. Salah satu faktor penyebab ketidakpastian pengukuran pada oksigen analyzer adalah kualitas sensor yang kurang bagus. Penggunaan sensor oksigen ultrasonic gasboard 7500e sebagai oksigen konsentrator cukup baik, dibuktikan hasil perbandingan dengan hasil kalibrasi LPFK masih dalam batasan $\pm 3\%$ konsentrasi oksigen. this study can be fabricated and used in the small clinic in the villages at a low cost.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)*. Sjarif Hidajat Effendi, Leni Ambarwati. 2014, hal. 8.
- [2] *A Simple Circuit to Deliver Bubbling CPAP*. CHARANJIT KAUR, AKATOLI SEMA, RAJBIR S BERI AND JACOB M PULIYEL. 1997.
- [3] *OKSIGEN PADA NEONATUS SEBELUM DAN SESUDAH PERSALINAN*. <https://www.fres.co.id/oksigen-neonatus-sebelum-dan-sesudah-persalinan/>. 2017.
- [4] *TERAPI OKSIGEN PADA NEONATUS*. Rohsiswatmo, Rinawati. Jakarta : Divisi Perinatologi Ilmu Kesehatan Anak FKUI-RSCM, 2010.
- [5] *Oxygen Toxicity*. Patel DN, Goel A, Agarwal SB, Garg P, Lakhkani KK. 2003. 4(3):234-7.
- [6] *The Nursing Care of the Infant Receiving Bubble CPAP Therapy*. Krista M. Bonner, RNC, MSN, NNP,1 and Rosalie O. Mainous, RNC, PhD, NNP2. Crowne Springs Circle #306, Louisville, KY 40241 : s.n., 2008.
- [7] *Kyong-Soon Lee, dkk. A Comparison of Underwater Bubble Continuous Positive Airway Pressure With Ventilator Positive Air Way Pressure In Premature Neonatus Ready For Extubation*. TORONTO, ONT.CANADA : s.n., 1998.
- [8] *Analisis Konsentrasi Oksigen Pada Alat Buble CPAP*. Rahmadya, Suci. Surabaya Indonesia : s.n., 2018.
- [9] *Ultrasonic Oxygen Sensor for Medical Applications*. Wuhan Cubic Optoelectronics Co., Ltd. Wuhan, Hubei, China : s.n.
- [10] *EVALUASI UNJUK KERJA PEMANFAATAN OKSIGEN ANALYZER BERBASIS GALVANIC DAN OKSIGEN ANALYZER BERBASIS ULTRASONIC*. UTOMO, BUDI. Surabaya, Indonesia : s.n., 2018.
- [11] *Specification sechris 3500HL HI/LO FLOW OXIGEN MIXER*. sechrist, INC. USA and CANADA : s.n.
- [12] *Solid State Electrochemical Sensor R&D*. Eric L. Brosha, dkk. u.s : Los Alamos National Laboratory, May 26, 2016.
- [13] *modifikasi permukaan plastik menggunakan nano partikel dan studi aplikasinya sebagai sensor oksigen*. Dien, Sherly A. Jakarta : s.n., 2011.
- [14] *Envitec, Product Specification oxygen sensor OOM 102/OOM 102-1*. Company, EnviteC-Wismar GmbH Honeywell. Alter Holzhafen 18, 23966 Wismar, Germany : s.n., March 2016.
- [15] *Ultrasonic Oxygen Sensor Module*. www.gassensor.com.cn. Fenghuang No.3 Road, Fenghuang Industrial Park, Eastlake Hi-tech Development : s.n.
- [16] *OXYGEN ANALYZER DILENGKAPI DENGAN PENYIMPANAN DATA BERBASIS MIKROKONTROLER*. Anggarianto, Nova Marta. Surabaya : Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya, 2016.