

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Alat

- 1) Nama Alat : *Oxygen analyzer*
- 2) Jenis Alat : Pengukuran, Kalibrasi
- 3) Range Pengukuran : 21 – 90 %
- 4) Tegangan *Supply* : + 5 VDC
- 5) Sensor : Sensor Oksigen
- 6) Jenis Mikrokontroler : Arduino Uno
- 7) Jenis Penyimpanan : Eksternal

4.2 Pengujian dan Pengukuran

Tahap pengujian dan pengukuran bagian alat yaitu meliputi tegangan *output* sensor dan tegangan *output* rangkaian penguat serta melakukan penyesuaian pada rumus program yang akan digunakan sehingga nilai yang ditampilkan sesuai dengan yang diharapkan. Untuk menguji fungsi dari sensor oksigen, dilakukan pemberian oksigen dengan kadar tertentu melalui alat ventilator untuk merespon sensor.

4.2.1 Hasil Pengukuran *Output* Sensor Oksigen

Pengukuran *output* tegangan sensor dilakukan dengan memberikan kadar oksigen tertentu pada sensor dengan menggunakan alat ventilator sebagai pengatur kadar oksigen. Alat ventilator ini juga berfungsi sebagai alat pembanding yang sudah terkalibrasi nilainya dan dapat digunakan sebagai

nilai acuan. Untuk pengukuran *output* tegangan sensor, pemberian kadar oksigen pada sensor dimulai dari kadar oksigen 21% dan akan dinaikkan menjadi 30%, 40%, 50%, hingga 90%. Pemberian kadar oksigen tersebut bertujuan untuk mengetahui kenaikan dari *output* tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Berikut merupakan tabel hasil nilai *output* sensor oksigen.

Tabel 4. 1. *Output* Sensor Oksigen

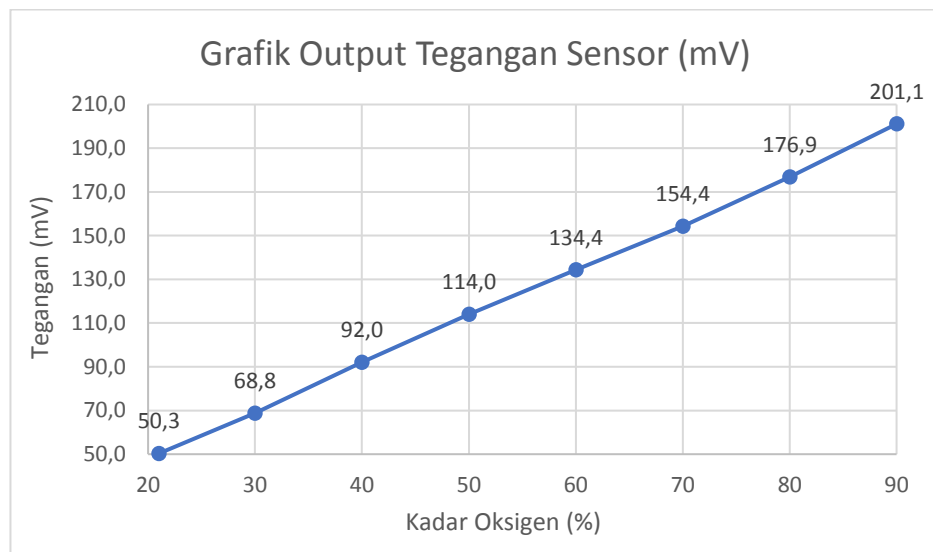
Kadar Oksigen (%)	Output Sensor (mV)
21	50,3
30	68,8
40	92,0
50	114,0
60	134,4
70	154,4
80	176,9
90	201,1

Tabel 4. 2. Selisih Kenaikan *Output* Sensor Oksigen

Kadar Oksigen (%)	Selisih Nilai Output Sensor (mV)
21 - 30	18,5
30 - 40	23,2
40 - 50	22
50 - 60	20,4
60 - 70	20
70 - 80	22,5
80 - 90	24,2
Rata-rata Selisih Nilai	21,5
Selisih Nilai Minimal	18,5
Selisih Nilai Maksimal	24,2

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, kadar oksigen 21% menghasilkan *output* tegangan sebesar 50,3 mV, kadar oksigen 30% menghasilkan *output* tegangan sebesar 68,8 mV, keduanya 21-30% memiliki selisih nilai *output* tegangan sebesar 18,5 mV. Pada kadar oksigen 40% menghasilkan *output* tegangan sebesar 92 mV, memiliki selisih sebesar 23,2 mV. Pada kadar oksigen 50% menghasilkan *output* tegangan sebesar 114 mV, memiliki selisih nilai dengan *output* sensor pada kadar 40 % sebesar 22 mV. Selanjutnya pada kadar oksigen 60% menghasilkan *output* tegangan sebesar 134,4 mV, memiliki selisih nilai tegangan pada kadar oksigen 50% sebesar 20,4 mV. Pada kadar oksigen 70% menghasilkan *output* sebesar 154,4 mV, memiliki selisih nilai 20 mV dengan *output* nilai tegangan pada kadar oksigen 60%. Kadar oksigen 80% menghasilkan *output* tegangan sebesar 176,9 mV dan memiliki selisih nilai *output* tegangan sebesar 22,5 mV terhadap nilai *output* tegangan pada kadar 70%. Kemudian pada kadar oksigen 90% menghasilkan *output* tegangan sebesar 201,1 mV, dimana memiliki selisih nilai sebesar 24,2 mV terhadap *output* tegangan kadar oksigen 80%.

Berdasarkan data di atas, rata-rata selisih nilai setiap parameter kadar oksigen sebesar 21,5 mV. Selisih nilai tersebut tidak kurang dari 18,5 mV, dan tidak lebih dari 24,2 mV. Pada Gambar 4.1 menunjukkan grafik *output* tegangan sensor.



Gambar 4. 1. Grafik Nilai *Output* Sensor Oksigen dalam satuan milivolt (mV).

Perubahan *output* nilai tegangan sensor pada setiap parameter kadar oksigen memiliki perubahan yang cukup signifikan dan menghasilkan grafik nilai yang cukup linier dengan rata-rata perubahan nilai sebesar 21,5 mV. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar oksigen yang diberikan, maka semakin besar pula *output* tegangan sensor yang dihasilkan.

4.2.2 Hasil Pengukuran *Output* Rangkaian Pengkondisi Sinyal (PSA)

Rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan yaitu berupa penguat *Non-inverting*, rangkaian ini memiliki peran untuk menaikkan nilai tegangan. *Output* tegangan sensor oksigen masih sangat kecil untuk dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler, sehingga diperlukan rangkaian penguat tegangan untuk meningkatkan nilai dari tegangan *output* sensor dan kemudian dapat dibaca oleh ADC mikrokontroler. Berikut merupakan tabel hasil pengukuran tes poin rangkaian pengkondisi sinyal.

Tabel 4. 3. Rata-rata *Output* Tegangan Rangkaian *Non-inverting*

Kadar Oksigen (%)	Output Non-inverting (mV)
21	208,2
30	282,1
40	374,9
50	461,0
60	542,0
70	621,5
80	711,5
90	804,5

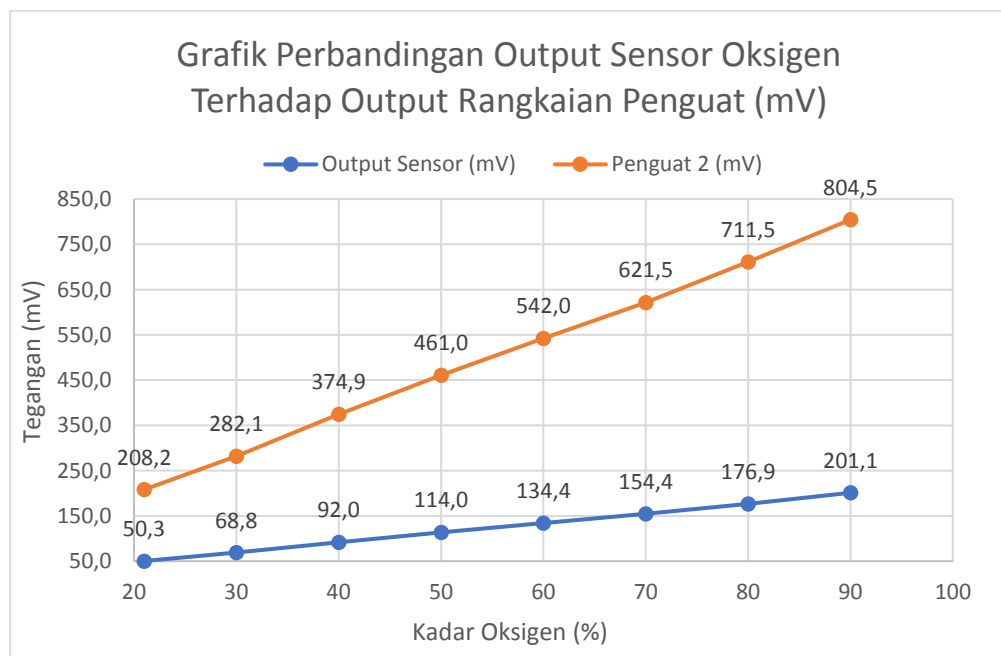
Pada Tabel 4.2 merupakan rata-rata hasil *output* tegangan sensor yang masuk pada rangkaian penguat *Non-inverting*. Pada rangkaian penguat *Non-inverting*, nilai yang dihasilkan oleh sensor oksigen akan dikuatkan nilainya sebesar 2 kali penguatan. Penguatan tersebut berdasarkan rumus Penguat non inveting sebagai berikut.

$$V_{out} = \left(\frac{R_f}{R_g} \times V_{in} \right) + 1$$

Dimana R_f adalah nilai dari resistor *feedback*, R_g adalah nilai resistor menuju *ground*, V_{in} adalah *input* tegangan yang masuk pada rangkaian.

Pada kadar oksigen 21% *output* tegangan sensor memiliki *output* nilai tegangan sebesar 50,3 mV dan mengalami 2 kali penguatan pada rangkaian penguat sehingga menghasilkan *output* nilai tegangan sebesar 208,2 mV. Kadar oksigen 30% menghasilkan tegangan *output* sensor sebesar 68,8 mV mengalami penguatan 2 kali menjadi 282,1 mV. Kadar oksigen 40% menghasilkan nilai *output* tegangan sensor sebesar 92,0 mV mengalami penguatan 2 kali menjadi 374,9 mV. Kadar oksigen 50% menghasilkan

output tegangan sensor sebesar 114 mV, dan dikuatkan sebanyak 2 kali menjadi 461 mV. Kadar oksigen 60% menghasilkan *output* tegangan pada sensor sebesar 134,4 mV dan dikuatkan sebanyak 2 kali menjadi 542 mV. Pada kadar oksigen 70% menghasilkan *output* tegangan pada sensor oksigen sebesar 154,4 mV dan dikuatkan sebanyak 2 kali penguatan menjadi 621,55 mV. Kadar oksigen 80% menghasilkan *output* tegangan sensor sebesar 176,9 mV dan mengalami penguatan sebanyak 2 kali menjadi sebesar 711,5 mV. Kadar oksigen 90% menghasilkan *output* tegangan sensor sebesar 201,1 mV dan dikuatkan sebanyak 2 kali menjadi 804,5 mV. Berikut adalah Gambar 4.2 menunjukkan perbandingan nilai *output* sensor oksigen terhadap nilai *output* rangkaian penguat *Non-inverting*.

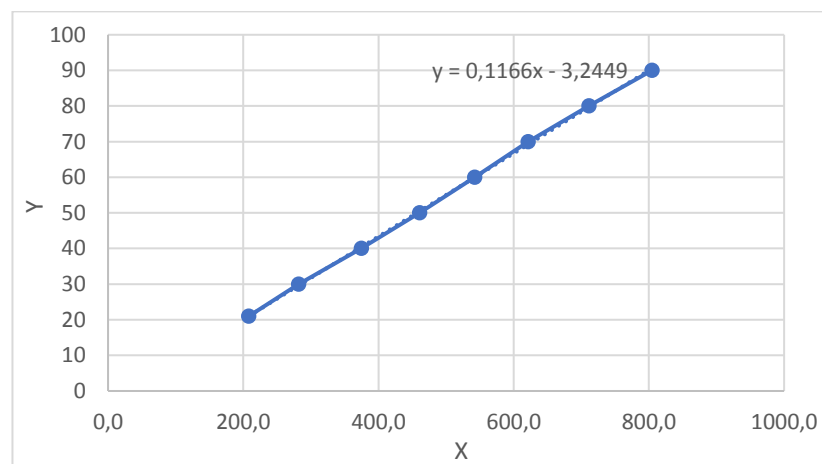


Gambar 4. 2. Grafik *Output* Tegangan Rangkaian PSA

Pada Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa rangkaian penguat berfungsi dengan baik dengan memberikan penguatan pada nilai *output* tegangan sensor oksigen. Hasil penguatan tegangan tersebut dapat membantu dalam pembacaan nilai ADC pada mikrokontroler untuk diproses nilainya.

Apabila dilihat dari hasil *output* rangkaian penguat *Non-inverting*, didapatkan pula rumus untuk mengkonversi nilai tegangan (V) tersebut kedalam nilai persen (%).

Rumus konversi menggunakan fungsi transfer yaitu $y=mx+c$, dimana y merupakan kadar oksigen yang akan dicari, x merupakan nilai tegangan sensor yang telah dikuatkan nilainya oleh rangkaian *Non-inverting*. Berikut merupakan gambar grafik persamaan fungsi transfer yang didapatkan.



Gambar 4. 3. Grafik persamaan fungsi transfer

Pada gambar 4.3, bertujuan untuk menentukan nilai konstanta yaitu pada konstanta “m” dan konstanta “c” pada rumus $y=mx+c$. Sumbu Y adalah nilai parameter kadar oksigen yang diatur dan tertampil pada alat pembanding

yaitu ventilator. Sedangkan pada sumbu X adalah nilai tegangan yang dihasilkan sensor pada parameter kadar oksigen sumbu Y, sehingga parameter nilai kadar oksigen sumbu Y menghasilkan nilai tegangan sensor pada sumbu X. Dari Gambar 4.3 didapatkan nilai konstanta $m = 0,1166$ dan nilai konstanta $c = 3,2449$. Nilai konstanta tersebut akan masuk dalam rumus konversi nilai *output* tegangan sensor kedalam satuan persen (%).

4.2.3 Hasil pengukuran kadar oksigen Modul TA terhadap alat pembanding

Pengukuran dilakukan pada kadar oksigen 21 – 90 % menggunakan alat ventilator sebagai alat pembanding.

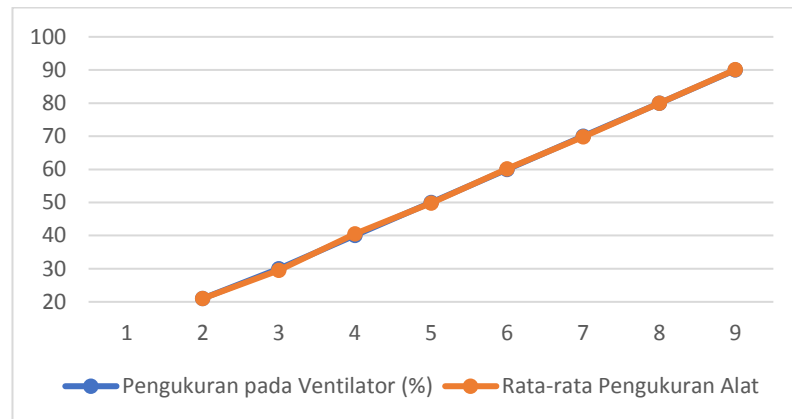
Tabel 4. 4. Hasil Pengukuran Alat Terhadap Pembanding.

Kadar Oksigen (%)	Pengukuran pada Ventilator (%)	Pengukuran Alat %				Rata-rata Pengukuran Alat
		1	2	3	4	
21	21	20,8	21	21	21,2	21
30	30	29,6	29,4	29,5	29,5	29,5
40	40	40,5	40,6	40,6	40,6	40,575
50	50	49,7	49,8	49,8	49,8	49,775
60	60	59,8	60,2	60,2	60,2	60,1
70	70	69,7	69,8	69,8	69,8	69,775
80	80	79,8	80	80	80	79,95
90	90	89,8	90,1	90,2	90,2	90,075

Tabel 4. 5. Hasil perhitungan Teknik analisis data

Kadar Oksigen (%)	Simpangan	Error (%)	Standar Deviasi	Ketidaktastian (Ua)
21	0,00	0,00	0,16	0,08
30	0,50	0,02	0,08	0,04
40	-0,57	0,01	0,05	0,03
50	0,22	0,00	0,05	0,02
60	-0,10	0,00	0,20	0,10
70	0,22	0,00	0,05	0,02
80	0,05	0,00	0,10	0,05

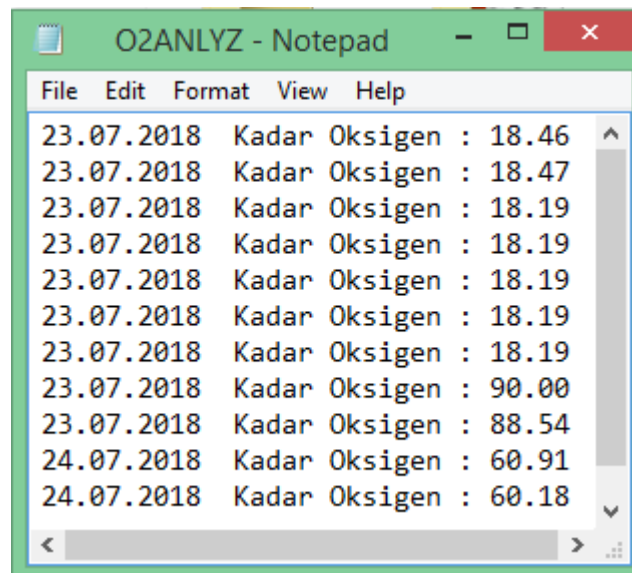
Berdasarkan Tabel 4.3, pengukuran alat terhadap pembanding, dilakukan pengambilan data sebanyak 4 kali pada setiap parameter kadar oksigen. Pada kadar oksigen 21% didapatkan nilai-rata pengukuran yaitu 21%, dengan nilai simpangan 0,0 dan nilai error sebesar 0,0%. Kadar oksigen 30% memiliki nilai rata-rata pengukuran sebesar 29,5%, memiliki nilai simpangan sebesar 0,5 dan nilai error sebesar 0,017%. Kadar oksigen 40% memiliki nilai rata-rata pengukuran sebesar 40,6%, nilai simpangan sebesar -0,6 dan nilai error sebesar 0,014%. Pada kadar oksigen 50% memiliki nilai rata-rata pengukuran sebesar 49,8% , dengan nilai simpangan sebesar 0,2 dan nilai error sebesar 0,004%. Kadar oksigen 60% memiliki nilai rata-rata ukur sebesar 60,1%, dengan nilai simpangan sebesar -0,1, dan error sebesar 0,002%. Kadar oksigen 70% memiliki nilai rata-rata ukur sebesar 69,8%, dengan nilai simpangan sebesar 0,2, dan nilai error sebesar 0,003%. Pada kadar oksigen 80% memiliki nilai rata-rata ukur sebesar 80,0%, dengan nilai simpangan sebesar 0,0, dan nilai error sebesar 0,001%. Kemudian pada kadar oksigen 90% memiliki nilai rata-rata ukur sebesar 90,1%, dengan nilai simpangan sebesar -0,1, dan nilai error sebesar 0,001%. Dari Tabel 4.3 diatas didapatkan grafik perbandingan nilai ukur antara nilai alat pembanding dengan alat yang dibuat berikut ini.



Gambar 4. 4. Grafik Perbandingan Alat pembanding terhadap Alat yang dibuat.

4.2.4 Hasil penyimpanan data pada memori eksternal

Penyimpanan eksternal berfungsi dengan baik dan dapat menyimpan data tanggal serta data pengukuran. Pada Gambar 4.3, menunjukkan hasil dari data penyimpanan dalam bentuk file berekstensi “.txt”.



Gambar 4. 5. Hasil data penyimpanan

Penyimpanan data menggunakan memori eksternal jenis Secure Disk Card (SD Card). Modul TA yang dibuat menggunakan memori penyimpanan SD Card dengan kapasitas penyimpanan sebesar 16 GB. Tidak terdapat jangka batas berapa lama penyimpanan dapat dipertahankan. Hasil penyimpanan data dapat dipindah pada *Personal Computer* (PC), dan dapat diolah lebih lanjut dengan menggunakan PC.

4.2.5 Perhitungan ketahanan baterai dan lama pengisian baterai

Pada Modul TA yang dibuat, menggunakan baterai sebagai *supply* tegangan alat. Baterai yang digunakan merupakan baterai jenis *Lithium Polymer* (Li-Po) dengan kapasitas 2100 mAH, dan tegangan *output* sebesar 3,8 V. berdasarkan percobaan yang dilakukan pada baterai pada kondisi penuh (*full charge*) tegangan yang dimiliki baterai sebesar 3,8 V, dan dalam kondisi habis baterai memiliki tegangan sebesar 3,2 V ditandai dengan meredupnya layar yang digunakan. Pada pengukuran ketahanan baterai didapatkan nilai arus penggunaan alat terhadap baterai sebesar 140 mA, maka didapatkan nilai ketahanan baterai sebagai berikut:

Diketahui : **Kapasitas baterai** = 2100 mAh, **Arus** = 140 mA.

Waktu pemakaian = Kapasitas baterai / I

$$= 2100 \text{ mAh} / 140 \text{ mA}$$

$$= 15 \text{ hours}$$

Setelah melakukan perhitungan ketahanan tegangan baterai berdasarkan nilai arus, didapatkan hasil waktu pemakaian yaitu selama ± 15 Jam. Kemudian dilakukan pengukuran baterai berdasarkan penurunan nilai

tagangan baterai pada setiap 30 menit. Tabel 4.6, merupakan hasil pengukuran penurunan tegangan baterai setiap 30 menit.

Tabel 4. 6. Pengukuran penurunan tegangan baterai

No	Tegangan Baterai		Waktu (Menit)
	Awal (Volt)	Akhir (Volt)	
1	3,8	3,78	30
2	3,78	3,76	30
3	3,76	3,74	30
Rata-rata			30 Menit
Rata-rata penurunan tegangan baterai			0,02 V

Berdasarkan Tabel 4.6, alat mengkonsumsi tegangan baterai sebesar 0,02 V setiap 30 menit. Dilihat dari kondisi tegangan baterai pada saat *full charge* adalah 3,8V dan pada saat baterai habis adalah 3,2V ditandai dengan meredupnya layar yang disebabkan kurangnya *supply* tegangan yang diberikan, didapatkan hasil dimana baterai dapat bertahan selama ± 15 Jam. Hasil yang didapat sesuai dengan perhitungan waktu pemakaian yaitu ± 15 Jam.

Untuk mengetahui nilai lama pengisian baterai, dapat dilihat dari spesifikasi arus yang diberikan pada saat melakukan pengisian baterai. Berdasarkan spesifikasi dari modul pengisi baterai memiliki nilai maksimal arus sebesar 1A atau sama dengan 1000 mA. Pengisian baterai menggunakan adaptor dengan spesifikasi tegangan *output* sebesar 5V dan Arus tegangan sebesar 1A. Untuk mengetahui lama waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pengisian baterai, dapat menggunakan cara menghitung lama waktu pengisian baterai. Perhitungan ini berdasarkan nilai dari kapasitas

baterai yang digunakan dan nilai dari spesifikasi modul pengisi baterai yang digunakan.

Diketahui : **Kapasitas baterai** = 2100 mAh, **Arus charger** = 1A

Lama waktu pengisian = Kapasitas Baterai / Arus Charger

$$= 2100 \text{ mAh} / 1\text{A}$$

$$= 2100 \text{ mAh} / 1000 \text{ mA}$$

$$= 2,1 \text{ hours}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus, didapatkan nilai lama waktu pengisian selama $\pm 2,1$ jam. Pada waktu dilakukannya pengisian baterai pada alat didapatkan lama waktu pengisian yaitu $\pm 2,5$ jam. Perbandingan lama waktu pengisian alat dan perhitungan rumus lama waktu pengisian memiliki nilai selisih $\pm 0,4$ jam, mendekati nilai perhitungan berdasarkan rumus.

4.3 Analisis data hasil pengukuran alat, kemampuan penyimpanan eksternal dan kemampuan baterai

Pada gambar 4.3 menunjukkan nilai yang dihasilkan oleh alat yang dibuat dengan alat pembanding memiliki hasil nilai yang cukup linier. Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 dapat diambil kesimpulan bahwa perbandingan nilai alat pembanding dan alat yang dibuat memiliki nilai simpangan kurang dari 1% dan nilai error dibawah 1%, dimana simpangan terbesar didapat pada kadar oksigen 40% yaitu sebesar 0,6% diatas nilai yang seharusnya yaitu 40%. Pada pengukuran tersebut simpangan dan error didapatkan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain; kualitas komponen yang digunakan, kesalahan pada saat pengambilan data dan beberapa faktor yang belum

diketahui. Penyimpanan data berfungsi dengan baik dan dapat menyimpan data pengukuran dan waktu pengukuran pada kartu memori. Modul TA yang menggunakan baterai dengan kapasitas sebesar 2100 mAh dan tegangan *output* baterai sebesar 3,8V sebagai sumber tegangan, memiliki kemampuan memberikan *supply* tegangan baterai selama ± 15 jam dengan waktu pengisian selama $\pm 2,5$ jam.