

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran

4.1.1 Pengukuran Suhu Pada Ruang Inkubasi

Dalam pengukuran suhu inkubator bakteri, pengujian dilakukan dengan membandingkan suhu dengan suhu di termometer. Pengujian ini dilakukan setiap 1 menit sekali sebanyak 30 kali pengujian. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran suhu yang dilakukan sebanyak 30 kali pengujian.

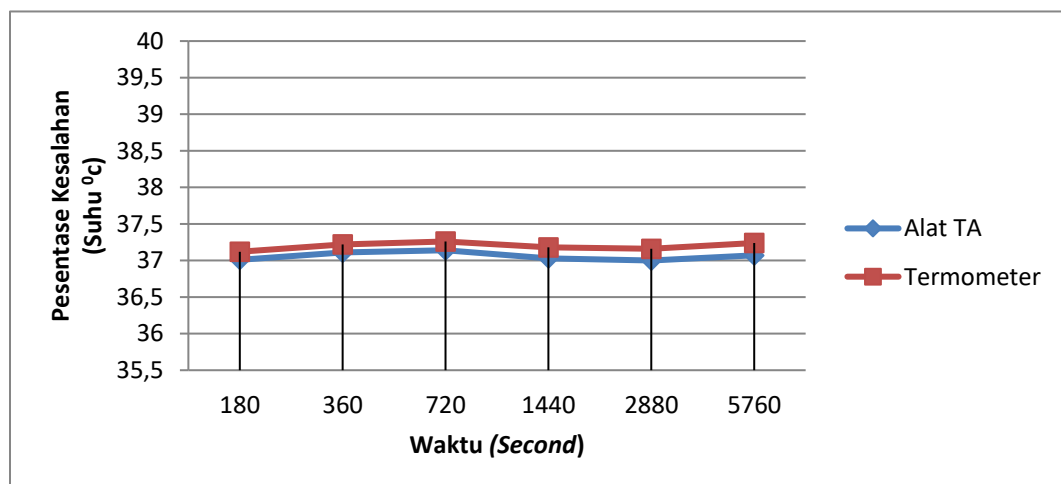
Tabel 4.1 Pengukuran Suhu

No.	Waktu (Second)	Suhu Termometer (°C)	Suhu Alat TA (°C)	Kesalahan	% Kesalahan = $\frac{\text{Kesalahan}}{\text{Suhu termometer}} \times 100$
1.	180	37.1	37.00	0.1	0.2
		37.1	37.00	0.1	0.2
		37.1	37.00	0.1	0.2
		37.1	37.00	0.1	0.2
		37.2	37.06	0.14	0.3
Rata-Rata		37.12	37.01	0.11	0.2
2.	360	37.2	37.13	0.07	0.1
		37.2	37.13	0.07	0.1
		37.3	37.13	0.17	0.4
		37.2	37.06	0.14	0.3
		37.2	37.13	0.17	0.4
Rata-Rata		37.22	37.11	0.11	0.2
3.	720	37.3	37.19	0.11	0.2
		37.3	37.19	0.11	0.2
		37.3	37.13	0.17	0.4
		37.2	37.13	0.17	0.4
		37.2	37.06	0.14	0.3

Lanjut

NO	Waktu (Second)	Suhu Termometer (°C)	Suhu Alat TA (°C)	Kesalahan (%)	% Kesalahan = $\frac{\text{Kesalahan}}{\text{Suhu termometer}} \times 100$
Rata-Rata		37.26	37.14	0.12	0.3
4.	1440	37.2	37.06	0.14	0.3
		37.2	37.06	0.14	0.3
		37.2	37.00	0.2	0.5
		37.2	37.06	0.14	0.3
		37.1	37.00	0.1	0.2
Rata-Rata		37.18	37.03	0.15	0.4
5.	2880	37.1	36.94	0.06	0.1
		37.1	36.94	0.06	0.1
		37.1	37.00	0.1	0.2
		37.2	37.00	0.2	0.5
		37.3	37.13	0.17	0.4
Rata-Rata		37.16	37.00	0.16	0.4
6.	5760	37.3	37.13	0.17	0.4
		37.2	37.00	0.2	0.5
		37.2	37.00	0.2	0.5
		37.3	37.13	0.17	0.4
		37.2	37.13	0.07	0.1
Rata-Rata		37.24	37.07	0.17	0.4
Total Rata-Rata		37.19	37.06	0.13	0.35

Berdasarkan Tabel 4.1 pengukuran dengan membandingkan hasil dari alat tugas akhir dengan termometer. Berikut merupakan Gambar 4.1 grafik yang menunjukkan nilai persentase kesalahan dari setiap kenaikan suhu.



Gambar 4.1 Grafik Persentase Kesalahan Suhu

Berdasarkan pada Tabel 4.1 dan grafik pada Gambar 4.1 menunjukkan hasil analisis pengukuran alat inkubator bakteri bahwa pengendali suhu yang telah dirancang menghasilkan kesalahan total dari seluruh percobaan yang dilakukan senilai 0,17 pada pengujian suhu 37°C. Dengan total rata-rata suhu alat inkubator bakteri senilai 37,06°C sedangkan alat pembanding termometer senilai 37,19°C, sehingga terjadinya perbedaan suhu diakibatkan karena peletakan sensor yang berbeda.

Dari hasil analisis alat tersebut bisa dikatakan bahwa suhu yang dipakai telah mendapatkan nilai akurasi yang baik yaitu 37,06°C dengan menggunakan pengendali suhu PID. Sehingga pengendali suhu yang dipakai sesuai dengan yang diinginkan. Dan nilai kesalahan pada alat inkubator bakteri berdasarkan SOP maksimal 3%. Sedangkan nilai persentase kesalahan alat TA sebesar 0,35%, maka dapat dinyatakan alat tersebut layak pakai.

4.1.2 Pengukuran Waktu

Pada tahap ini melakukan pengukuran waktu dalam bentuk menit dengan jangka waktu 5 menit dan 1 jam. Berikut merupakan Tabel 4.2 hasil dari 10 kali percobaan.

Tabel 4.2 Pengukuran Timer 5 menit dan 60 menit

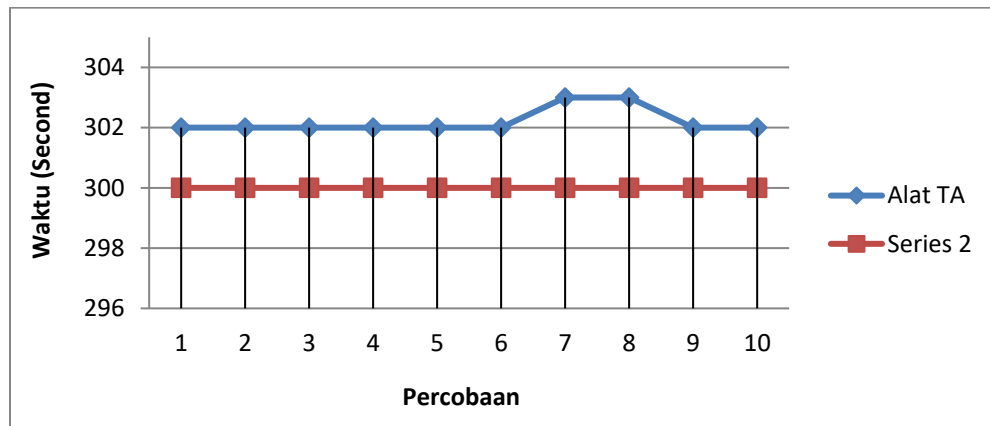
Waktu (Second)	Waktu Stopwatch	Waktu Alat TA	Kesalahan	% Kesalahan = $\frac{\text{Kesalahan} \times 100}{\text{Suhu termometer}}$
300	300	302	2	0.6
	300	302	2	0.6
	300	302	2	0.6
	300	302	2	0.6
	300	302	2	0.6
	300	302	2	0.6
	300	302	2	0.6
	300	303	3	0.9
	300	303	3	0.3
	300	302	2	0.6
Rata-Rata	300	302.2	2.2	0.7
3600	3600	3605	5	0.1
	3600	3605	5	0.1

Lanjut

Lanjut

Waktu (Second)	Waktu Stopwatch	Waktu Alat TA	Kesalahan (%)	% Kesalahan = $\frac{\text{Kesalahan} \times 100}{\text{Suhu termometer}}$
3600	3600	3605	5	0.1
	3600	3605	5	0.1
	3600	3605	5	0.1
Rata-Rata	3600	3605	5	0.1

Berdasarkan Tabel 4.2 pengukuran dengan membandingkan hasil waktu dari alat tugas akhir dengan *stopwacth*. Berikut merupakan Gambar 4.1 grafik yang menunjukkan nilai persentase kesalahan dari setiap perhitungan waktu.

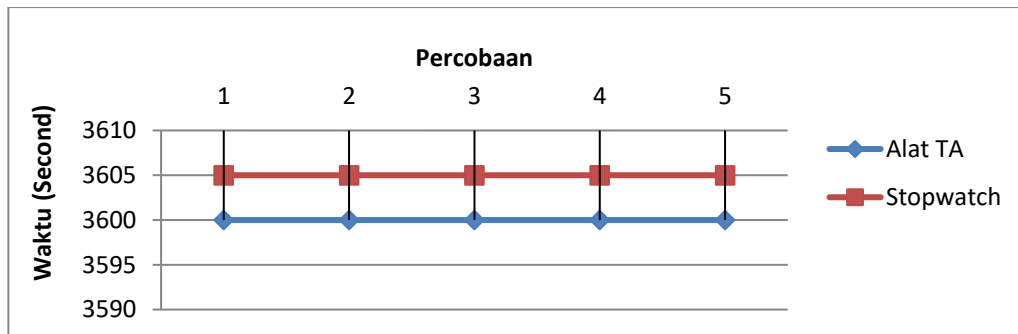


Gambar 4.2 Grafik Timer 5 Menit

Berdasarkan pada Tabel 4.1 dan grafik pada Gambar 4.2 menunjukkan hasil analisis pengukuran alat inkubator bakteri bahwa *timer* yang dirancang menghasilkan kesalahan dari 10 kali percobaan yang dilakukan senilai 2,2 detik pada pengujian timer 5 menit. Dengan total rata-rata waktu pada alat senilai 302,2 detik sedangkan alat pembanding *stopwacth* senilai 300 detik, sehingga terjadinya perbedaan waktu *timer* tersebut diakibatkan toleransi dari *timer* alat dengan *stopwacth*.

Dari hasil analisis alat tersebut bisa dikatakan bahwa timer yang dipakai telah mendapatkan nilai akurasi yang baik yaitu 3605 detik. Sehingga waktu yang dipakai pada alat telah bekerja dengan baik. Nilai kesalahan waktu pada alat inkubator bakteri berdasarkan SOP maksimal 3%. Sedangkan nilai persentase

kesalahan alat TA sebesar 0,7%, maka dapat dinyatakan alat tersebut layak pakai.



Gambar 4.3 Grafik Timer 60 Menit

Berdasarkan pada Tabel 4.1 dan grafik pada Gambar 4.3 menunjukkan hasil analisis pengukuran alat inkubator bakteri bahwa timer yang dirancang menghasilkan kesalahan dari 5 kali percobaan yang dilakukan senilai 5 detik pada pengujian timer 5 menit. Dengan total rata-rata waktu pada alat senilai 3605 detik sedangkan alat pembanding *stopwacth* senilai 3600 detik, sehingga terjadi perbedaan antara waktu timer dan *stopwacth* dikarenakan toleran nilai timer pada alat.

Dari hasil analisis alat tersebut bisa dikatakan bahwa timer yang dipakai telah mendapatkan nilai akurasi yang baik yaitu 3605 detik. Sehingga waktu yang dipakai pada alat telah bekerja dengan baik. Dan nilai kesalahan waktu pada alat inkubator bakteri berdasarkan SOP maksimal 10%. Sedangkan nilai kesalahan alat TA sebesar 0,1%, maka dapat dinyatakan alat tersebut layak pakai.

4.1.3 Pengukuran Loop Tertutup dan Loop Terbuka

Dalam pengukuran suhu inkubator bakteri, pengujian dilakukan dengan membandingkan loop tertutup dan loop terbuka. Pengujian ini dilakukan setiap 30s sekali sebanyak 30 kali pengujian. Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengukuran suhu yang dilakukan sebanyak 30 kali pengujian.

Tabel 4.3 Pengukuran Suhu berdasarkan waktu

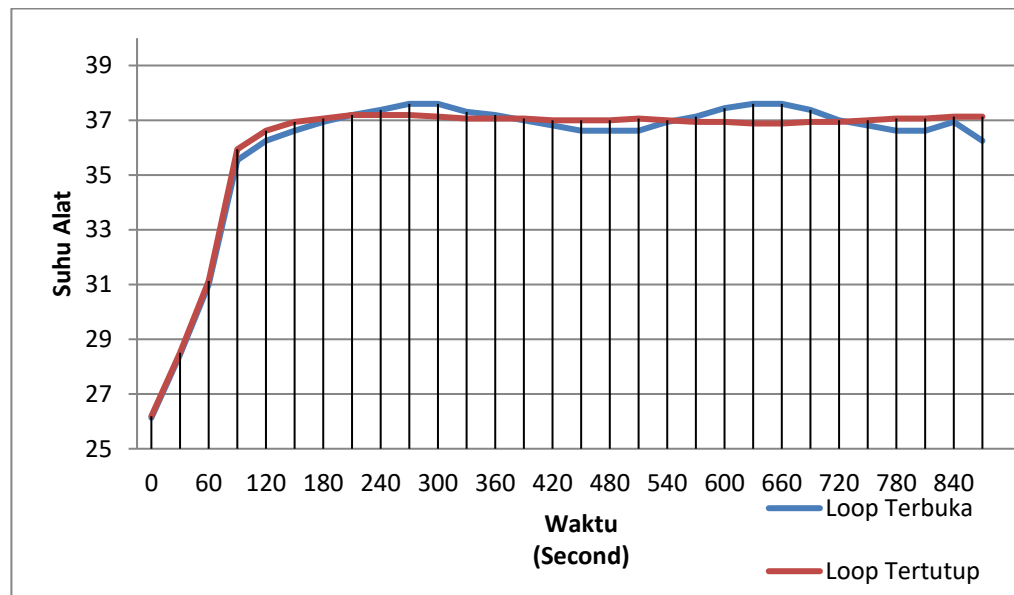
No.	Waktu (Second)	Loop Tertutup °C	Loop Lanjut °C
1.	0	26.13	26.19
2.	30	28.44	28.51

Lanjut

No.	Waktu (Second)	Loop Tertutup °C	Loop Terbuka °C
3.	60	31.00	31.13
4.	90	35.54	35.94
5.	120	36.25	36.62
6.	150	36.62	36.94
7.	180	36.94	37.06
8.	210	37.19	37.19
9.	240	37.38	37.19
10.	270	37.60	37.19
11.	300	37.60	37.13
12.	330	37.31	37.06
13.	360	37.19	37.06
14.	390	37.00	37.06
15.	420	36.81	37.00
16.	450	36.62	37.00
17.	480	36.62	37.00
18.	510	36.62	37.06
19.	540	36.94	37.00
20.	570	37.13	36.94
21.	600	37.44	36.94
22.	630	37.60	36.88
23.	660	37.60	36.88
24.	690	37.38	36.94
25.	720	37.00	36.94
26.	750	36.81	37.00
27.	780	36.62	37.06
28.	810	36.62	37.06
29.	840	36.94	37.13
30.	870	36.25	37.13

Berdasarkan Tabel 4.3 pengukuran dengan membandingkan hasil suhu dalam

waktu 30s selama 30 kali. Berikut merupakan Gambar 4.4 grafik yang menunjukkan hasil perbandingan antara dua metode yang dilakukan.



Gambar 4.4 Grafik Loop Tertutup dan Terbuka

Berdasarkan pada Tabel 4.3. dan grafik pada Gambar 4.4 menunjukkan hasil analisis pengukuran alat inkubator bakteri menggunakan loop tertutup dan loop terbuka dengan percobaan sebanyak 30 kali. Terjadi perbedaan pembacaan suhu dikarenakan loop terbuka tidak menggunakan nilai feedback untuk menjadi nilai inputan. Sedangkan loop tertutup menggunakan nilai yang telah di keluarkan menjadi nilai inputan pada saat proses pembacaan suhu berlangsung. Jadi hasil dari percobaan dapat dikatakan telah sesuai menggunakan dua metode yang di pakai pada pengendali suhu Ziegler Nichols.

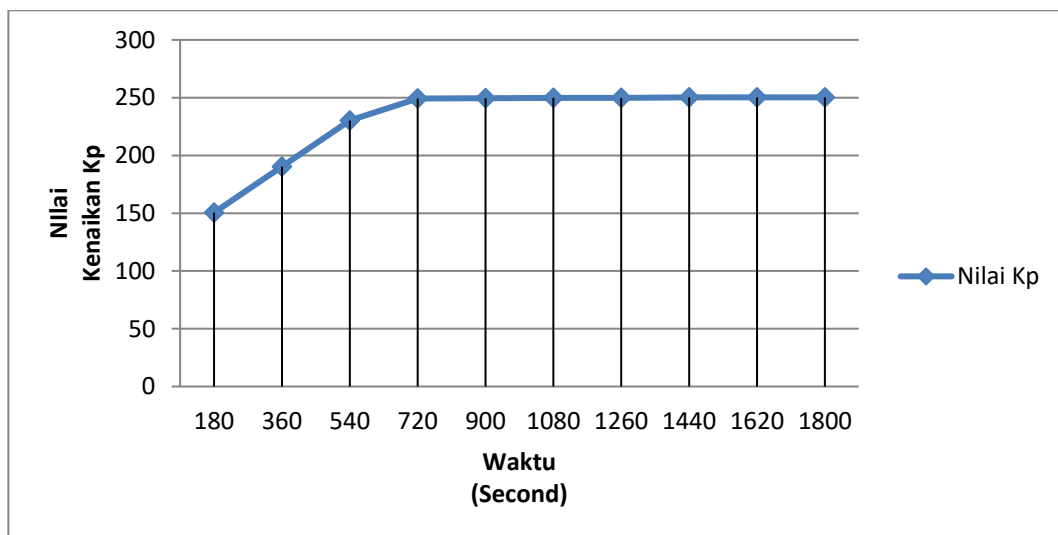
4.1.4 Pengukuran Nilai Pengendali Suhu

Pada tahap ini melakukan pengukuran nilai pengendali dalam bentuk menit dengan jangka waktu 3 menit – 30 menit. Berikut merupakan Tabel 4.4 hasil dari 10 kali percobaan pada nilai pengendali suhu.

Tabel 4.4 Hasil Pengendali Suhu

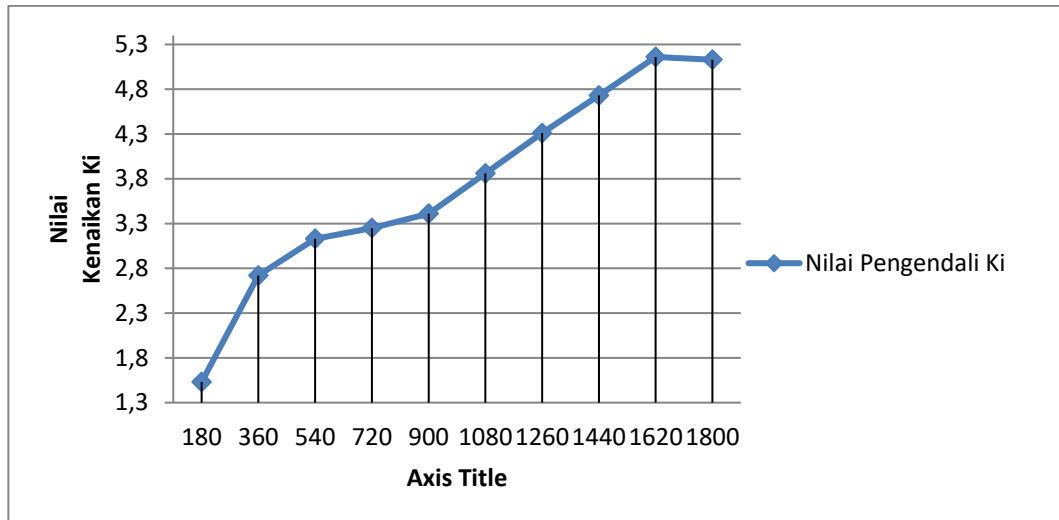
No.	Waktu (Second)	Nilai Kp	Nilai Ki	Nilai Kd
1.	180	150.54	1.53	2130
2.	360	175.32	2.72	2160
3.	540	198.73	3.13	2210
4.	720	213.24	3.25	2257
5.	900	227.90	3.41	2368
6.	1080	240.35	3.86	2431
7.	1260	249.84	4.31	2573
8.	1440	250.27	4.73	2566
9.	1620	250.27	5.16	2571
10.	1800	250.27	5.13	2563

Berdasarkan Tabel 4.4 pengukuran hasil pengendali Kp dalam waktu 30 menit selama 10 kali percobaan. Berikut merupakan Gambar 4.5 grafik yang menunjukkan hasil yang telah didapatkan.



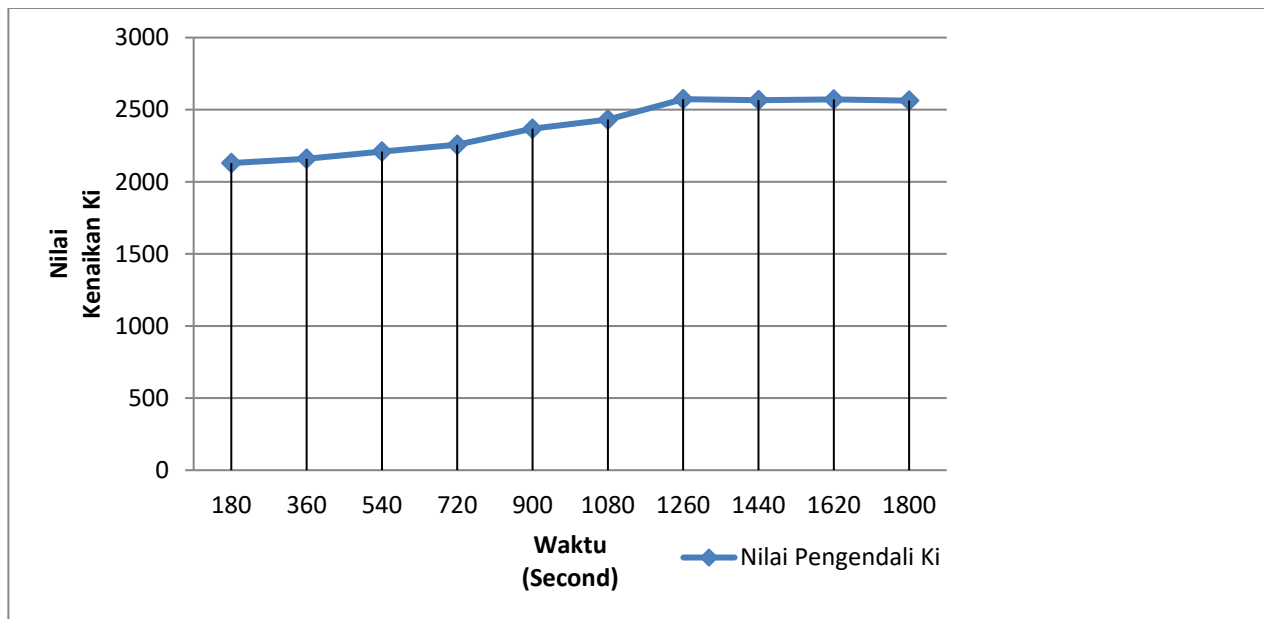
Gambar 4.5 Grafik Pengendali Kp

Berdasarkan Tabel 4.4 pengukuran hasil pengendali Ki dalam waktu 30 menit selama 10 kali percobaan. Berikut merupakan Gambar 4.6 grafik yang menunjukkan hasil yang telah didapatkan.



Gambar 4.6 Grafik Pengendali Ki

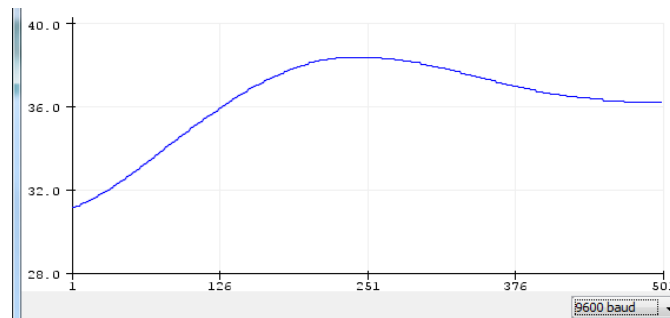
Berdasarkan Tabel 4.4 pengukuran hasil pengendali Kd dalam waktu 30 menit selama 10 kali percobaan. Berikut merupakan Gambar 4.7 grafik yang menunjukkan hasil yang telah didapatkan.



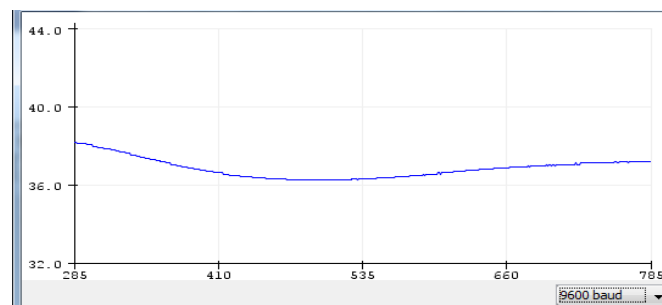
Gambar 4.7 Grafik Pengendali Ki

Berdasarkan pada Tabel 4.5 dan gambar grafik yang telah dibuat menunjukkan hasil analisis pengukuran alat inkubator bakteri menggunakan pengendali Kp, Ki, dan Kd dengan percobaan sebanyak 10 kali dalam jangka waktu 30 menit. Nilai pengendali yang mengalami kenaikan secara teratur dan signifikan yaitu pengendali Kp. Karena ketika nilai Kp diubah nilainya

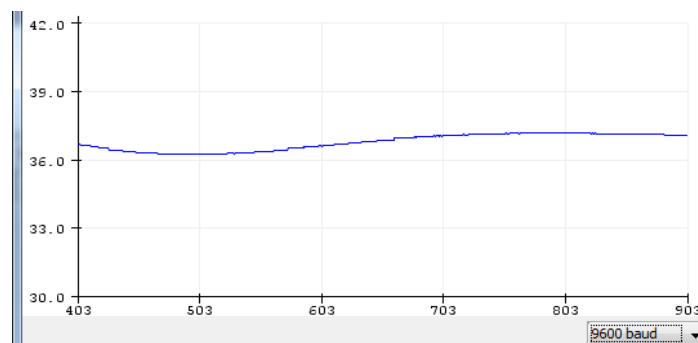
akan sangat mempengaruhi suhu yang ada pada alat inkubator ini. Sehingga disini yang digunakan untuk alat inkubator ini menggunakan pengendali Kp yang berperan penting untuk menjadikan nilai suhu yang terbaca oleh sensor akan dikembalikan ke titik inputan sehingga menjadikan suhu agar tetap stabil. Berikut merupakan hasil grafik yang diambil pada *softwer* arduino melalui serial ploter ditunjukkan pada Gambar 4.8 dari mulai waktu 0 detik hingga 301 detik, Gambar 4.9 menunjukkan pengukuran yang terbaca pada waktu 785 detik



Gambar 4.8 Pembacaan grafik dimulai dari 0 detik



Gambar 4.9 Pembacaan Grafik dari 205 detik



Gambar 4.10 Pembacaan grafik pada saat 902 detik