

Infant Incubator Berbasis *Proportional Integral dan Derivative* (PID) Dilengkapi Dengan Mode Kanguru (Kontrol PID Suhu Ruang & Suhu Skin)

Anggraeni Dara Pratiwi[#], Endro Yulianto, Abd Kholiq
Jurusan Teknik Elektromedik, Poltekkes Kemenkes Surabaya
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia
[#]rara12396@gmail.com, endro_yulianto@yahoo.com, kawulloh@gmail.com,

Abstract—*Infant Incubator* merupakan salah satu peralatan elektromedik yang digunakan untuk memberikan perawatan kepada bayi baru lahir berat rendah dengan cara memberikan suhu ruang yang stabil dan pemantauan suhu tubuh bayi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem kontrol suhu ruang *Infant Incubator* sehingga didapatkan hasil suhu yang stabil. Penelitian dan pembuatan alat menggunakan sensor *thermistor* untuk suhu kulit bayi dan sensor LM35 untuk suhu ruang *Infant Incubator* dengan sistem kontrol PID yang dilakukan dengan metode *trial and error* sampai mendapatkan respon suhu yang optimal pada konstanta *proportional* (Kp) sebesar 57, konstanta *integrator* (Ki) sebesar 8 dan konstanta *differential* (Kd) sebesar 3.2. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan dengan *INCU Analyzer* didapatkan rata – rata *error* terbesar pada *pengaturan* suhu 35°C sebesar 0.689% dan rata – rata *error* terkecil pada *pengaturan* suhu 37°C sebesar 0.139%. Pada pengukuran suhu skin terdapat rata – rata pengukuran sebesar 35 °C dengan *error* sebesar 0.12% terhadap alat pembandingnya. *Infant Incubator* memiliki kestabilan suhu yang optimal dan pemantauan suhu tubuh bayi yang bermanfaat agar bayi tidak mengalami hipotermi maupun hipertermi.

Keywords—*Infant Incubator*; Suhu Ruang; Suhu Kulit; Kontrol PID

I. PENDAHULUAN

Infant Incubator adalah peralatan elektromedik yang digunakan untuk memberikan perawatan dan perlindungan bayi baru lahir berat rendah atau sering disebut bayi premature. Menurut WHO, bayi premature adalah bayi lahir hidup sebelum usia kehamilan minggu ke 37[1]. The America Academy of Pediatric, mengambil batasan bahwa bayi dikatakan lahir premature apabila lahir pada usia kehamilan 37[1]. Sedangkan Manuaba,2008 menyebutkan bayi premature adalah bayi yang lahir dibawah dari 37 minggu usia kehamilan atau berat bayi kurang dari 2500 gram sehingga membutuhkan perawatan *intensive* pada ruang neonatus[1]. Djoko Soeprijanto, 2013 menyebutkan bahwa bayi lahir premature membutuhkan perawatan dalam *Infant Incubator* untuk mendapatkan kehangatan dan kelembaban seperti saat dalam rahim ibu, sehingga ruang *Infant Incubator* membutuhkan suhu dan kelembaban yang stabil untuk mencegah terjadinya hipotermi maupun hipertermi[2]. *Pengaturan* suhu dalam ruang *Infant Incubator* disesuaikan dengan berat badan dan umur bayi premature yang terdapat pada asuhan keperawatan neonatus bayi[3].

Perawatan bayi dalam *Infant Incubator* menyebabkan adanya pemisahan ibu dengan bayi baru lahir. Ibu yang memiliki bayi prematur atau kurang bulan ditemukan kurang percaya dalam merawat bayinya dibandingkan dengan ibu yang memiliki bayi cukup bulan. Sebuah inovasi baru dalam perawatan bayi lahir prematur yang mendekati bayi dan ibunya adalah Perawatan Metode Kanguru (PMK). Perawatan

metode kanguru bertujuan untuk menciptakan keterikatan emosional dengan bayinya, sehingga ibu akan percaya diri dengan kemampuannya merawat bayi dan merasa mampu serta puas dengan perannya sebagai ibu[4].

Prinsip kerja dari *Infant Incubator* mode kanguru adalah saat ibu atau anggota keluarga kandung bayi seperti ayah dan nenek akan memberikan perawatan metode kanguru dengan menempelkan serta melakukan kontak fisik langsung kepada bayi, maka *Infant Incubator* akan secara otomatis mengatur aliran udara didalam. Pada saat mode kanguru chamber *Infant Incubator* dapat dibuka dengan memanfaatkan aliran udara yang telah diatur di dalam *Infant Incubator* agar pada saat chamber dalam keadaan terbuka suhu didalam *Infant Incubator* tetap dalam keadaan yang stabil. Serta pada saat mode kanguru berjalan *skin* sensor berperan sebagai parameter suhu yang akan di-*pengaturan* didalam *Infant Incubator* hal ini bertujuan agar suhu bayi dan suhu sekitar bayi dalam suhu yang sama. Suhu yang stabil didapatkan dari sistem kontrol *heater*, untuk menghasilkan suhu yang stabil dan presisi penulis menggunakan sistem kontrol PID karena sistem ini mampu menjaga linearitas *pengaturan* suhu sehingga, bayi yang lahir prematur terjaga kestabilan suhunya di dalam *Infant Incubator*[5].

Atas dasar itulah penulis ingin membuat sebuah *Infant Incubator* Berbasis PID Dilengkapi Dengan Mode Kanguru dengan harapan *Infant Incubator* ini dapat menghasilkan suhu yang stabil dan presisi serta dapat membantu ibu dalam

menerapkan metode kangguru dan menghindari bayi prematur dalam terjangkitnya virus dan bakteri.

II. BAHAN DAN METODE

A. Pengaturan Penelitian

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan pada semua parameter pengaturan suhu mulai dari 32°C sampai 37°C selama 5 kali percobaan dengan dua kondisi chamber terbuka dan tertutup untuk menguji kestabilan suhu saat mode kanguru aktif dan pada suhu kulit dilakukan pengukuran menggunakan suhu badan kulit pasien.

1) Bahan dan Alat

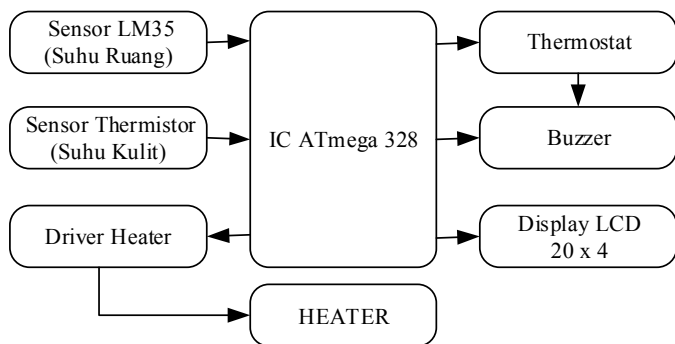
Penelitian ini menggunakan sensor *thermistor* sebagai sensor kulit bayi, sensor LM35 sebagai pembacaan suhu ruang *Infant Incubator*. Pembeding modul alat menggunakan INCU II Analyzer Merk Fluke dan *thermometer* badan Merk Thermo One.

2) Penelitian

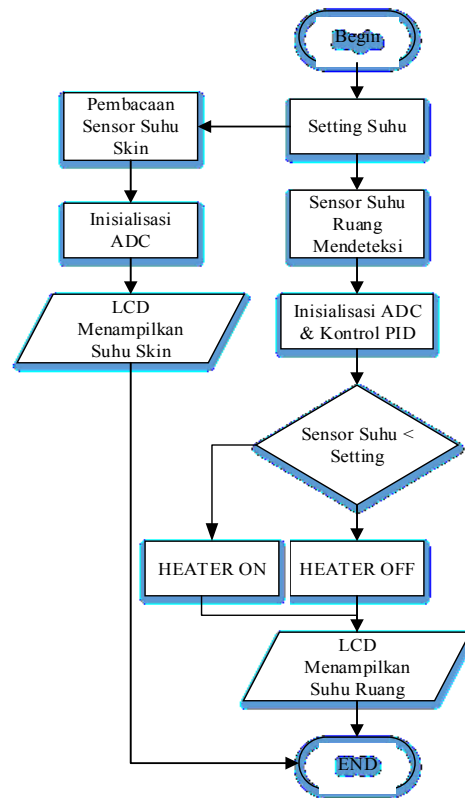
Pada penelitian ini, setelah modul *Infant Incubator* selesai dibuat akan dilakukan pengujian menggunakan INCU II Analyzer untuk mengetahui kesesuaian suhu ruang *Infant Incubator* dan pengujian suhu kulit menggunakan alat pembeding *thermometer* badan.

B. Diagram Blok

Pada penelitian ini, sensor LM35 sebagai sensor suhu ruang akan membaca suhu ruang apabila suhu ruang kurang dari suhu pengaturan maka kontrol PID akan bekerja dan mengaktifkan driver heater kemudian heater menyala sebaliknya, apabila suhu ruang sudah mencapai suhu pengaturan maka kontrol PID akan mematikan driver heater dan heater akan berkurang kinerjanya. Sensor *thermostat* akan membaca suhu kulit pasien dengan pembagi tegangan kemudian akan dibaca oleh mikrokontroler dan ditampilkan nilai suhu skin pada display LCD.



Gambar 1. Diagram Blok *Infant Incubator* (Kontrol PID Suhu Ruang & Suhu Kulit)



Gambar 2. Diagram Alir Program Arduino

C. Diagram Alir

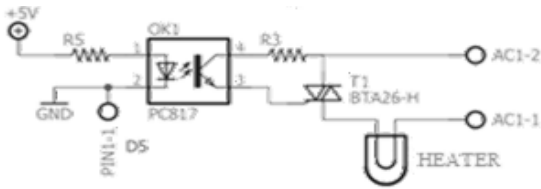
Program Arduino dibuat berdasarkan *flowchart* yang ditunjukkan pada gambar 2 diatas setelah selesai dilakukan pengaturan suhu maka sensor akan membaca suhu dan mengaktifkan / menyalakan heater apabila suhu belum/sudah tercapai. Pada suhu *skin* apabila inisialisasi data ADC berhasil maka data suhu akan tampil pada display LCD.

D. Skematik Rangkaian

Pada alat ini sensor yang digunakan merupakan data analog, pengolahan data yang dilakukan menggunakan minimum sistem yang dibangun dengan ATmega 328. Rangkaian yang dirancang pada alat ini adaah rangkaian minimum sistem, driver heater (gambar 3) dan zero crossing *detector* (gambar 4).

1) Driver Heater

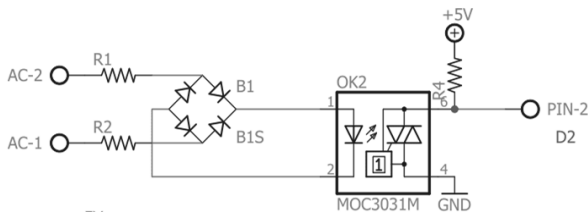
Rangkaian kontrol suhu yang terdapat TRIAC akan mengaktifkan heater. Input dari heater tegangannya diatur oleh kontrol PID yang diberikan oleh pwm pada pin digital 5 dari minimum sistem. Skematik rangkaian driver heater dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Skematik Rangkaian Driver Heater

2) Zero Crossing Detector

Rangkaian kontrol suhu ruang membutuhkan rangkaian *zero crossing detector* untuk menentukan titik nol pada tegangan AC yang akan memberikan bias tegangan pada gate TRIAC, skematik rangkaian dapat dilihat pada gambar 4. Sebagai penanda *on off* - nya sinya AC pada rangkaian *zero crossing detector* adalah IC PC817 sehingga dapat diketahui letak titik nol tegangan AC.



Gambar 4. Skematik Rangkaian Zero Crossing Detector

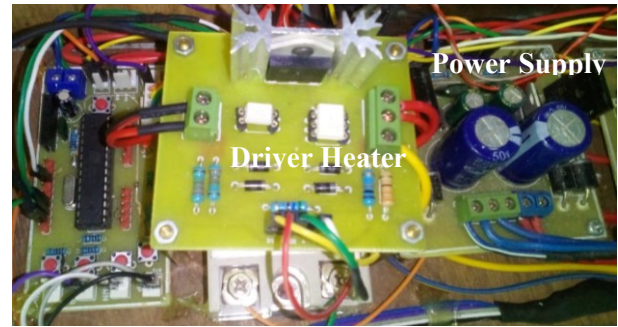
III. HASIL

Pada penelitian ini alat *Infant Incubator* di uji menggunakan INCU II Analyzer Merk Fluke untuk pengujian suhu ruang, kecepatan aliran udara, kebisingan dan *temperature* matras sedangkan untuk suhu kulit menggunakan pembanding *thermometer* suhu badan.



Gambar 5. Hasil Pembuatan Modul Alat *Infant Incubator*

Hasil dari alat *Infant Incubator* yang telah diuji dilakukan pengolahan data hasil pengukuran menggunakan INCU II Analyzer menggunakan Microsoft excel dengan format data kalibrasi sehingga di dapatkan hasil ketidakpastian alat dan menunjukkan apakah alat laik pakai atau tidak. Pada hasilnya alat yang penulis buat laik pakai.



Gambar 6. Rangkaian pada Alat *Infant Incubator*

1) Desain Alat

Desain alat *Infant Incubator* ini kontrol yang digunakan langsung pada minimum sistem hanya membutuhkan rangkaian driver heater selebihnya di atur menggunakan program dan dikendalikan oleh minimum sistem yang dibangun dengan Atmega 328.

2) Listing Program *Infant Incubator*

Pada penelitian ini menggunakan program Arduino untuk mengendalikan PID pada listing program 1, pembacaan sensor LM35 dan thermistor pada listing program 2 dan program untuk menampilkan hasil pembacaan sensor pada LCD Karakter 20 x 4 ditunjukkan pada listing program 3.

Listing program 1. Program untuk mengendalikan heater menggunakan PID

```

void ZCD()
{
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(SSR_pin, HIGH);
  delayMicroseconds(5000 - out);
  digitalWrite(SSR_pin, LOW);
}

void PID()
{
  error = sp - suhu;
  P = error * kp;
  I = I + (ki * error * ts);
  if (I > 5000) I = 5000; //pembatasan nilai output
  if (I < 0.0) I = 0.0;
  D = (kd * (error - last_error)) / ts;
  out = P + I + D;
  if (out > 5000) out = 5000;
  if (out < 0) out = 0;
  if (out < 500)
  {
    detachInterrupt(0);
    digitalWrite(SSR_pin, HIGH);
  }
}
else
    
```

```
{
  attachInterrupt(0, ZCD, RISING); //ZCD pada pin 2
}
last_error = error;
}
```

Listing Program 2. Program untuk pembacaan sensor

```
float sensorSuhu = analogRead(A1);
map(sensorSuhu,0,1023,0,67);

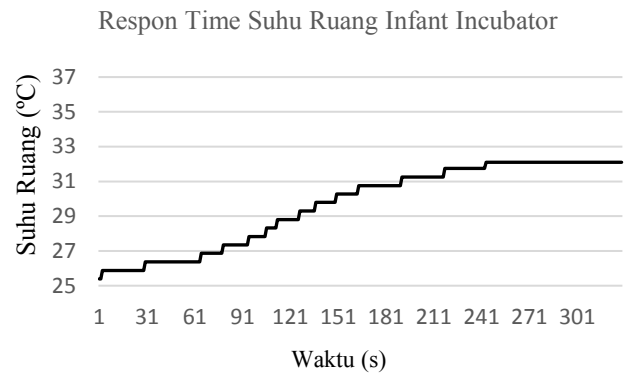
float baca_suhu()
{
  int tmp = analogRead(A0);
  float mV = ((float(tmp) / 1024.0) * 5000 );
  float temp = mV / 10;
  return temp;
}
```

Listing Program 3. Program to menampilkan hasil pembacaan sensor

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("Skin:");
  lcd.print(nilaisuhu);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("SP:");
  lcd.print(sp,1);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(12, 0);
  lcd.print("T:");
  lcd.print(suhu,1);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("PID :");
  lcd.print(out);
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Hum: ");
  lcd.print(kelembaban);
  lcd.print("%RH");
}
```

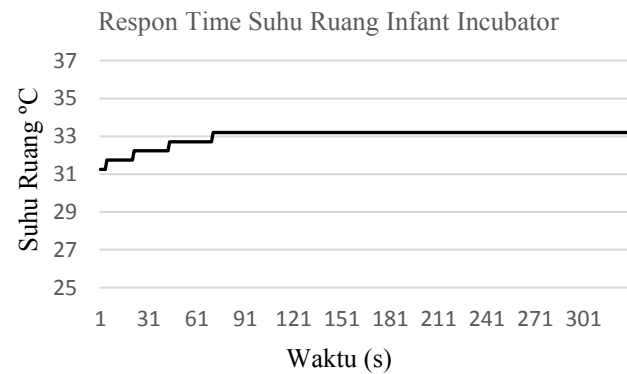
3) Hasil Pengujian Kinerja Alat

Hasil Pengujian Kinerja Alat *Infant Incubator* merupakan hasil pengujian respon *time* alat saat awal pemanasan alat untuk mencapai suhu 32°C (gambar 7) dan respon *time* alat saat kenaikan 1°C.



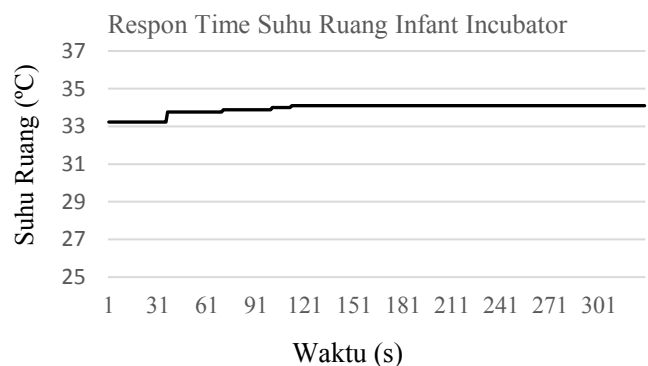
Gambar 7. Respon Time saat Pemanasan Awal Suhu Pengaturan 32°C

Pada grafik gambar 7 adalah saat awal alat ON suhu ruang incubator sebesar 25.39 °C selanjutnya untuk mencapai suhu 32°C membutuhkan waktu sampai 244 detik atau 12.2 menit.



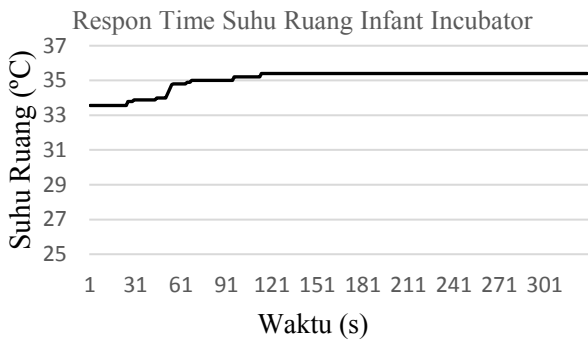
Gambar 8. Respon Time dari suhu 32°C ke suhu pengaturan 33°C

Pada grafik (gambar 8) respon time saat pengaturan suhu 33°C sebesar 213 detik atau 3.55 menit



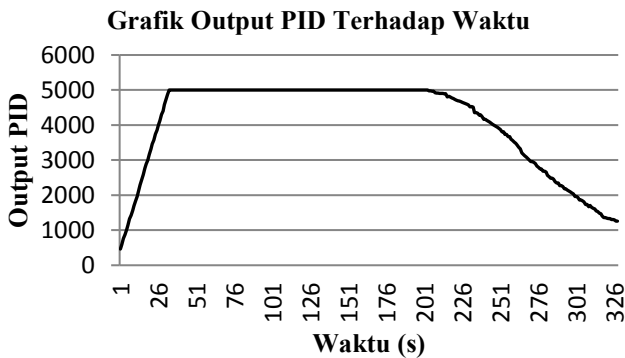
Gambar 9. Respon Time dari suhu 33°C ke suhu pengaturan 34°C

Pada grafik (gambar 9) respon time saat pengaturan suhu 34°C sebesar 303 detik atau 5.05 menit.



Gambar 10. Respon Time dari suhu 34°C ke suhu pengaturan 35°C

Pada grafik (gambar10) respon time saat pengaturan suhu 35°C sebesar 204 detik atau 3.4 menit. Pada alat *Infant Incubator* ini reson time alat untuk mencapai pengaturan suhu apabila rata – rata setiap kenaikan 1°C membutuhkan waktu sekitar 4 menit.



Gambar 11. Respon Time pada *Output* PID pada suhu 32 °C

Grafik diatas (gambar 11) merupakan *ploting* hasil *output* dari PID yang diambil dari serial monitor arduino setiap 3 detik pengambilan data. *Output* PID didapat dari penjumlahan proportional, integral dan derivative. Proporsional berfungsi sebagai pengatur respon time, Integral sebagai penstabil dan derivative sebagai peredam *overshoot* dan *undershoot*.

4) Hasil Pengukuran Alat *Infant Incubator*

Hasil pengukuran alat *Infant Incubator* menggunakan alat INCU II *Analyzer* Merk Fluke yang dilakukan pada dua kondisi *chamber* terbuka dan tertutup untuk menguji kestabilan suhu ruang. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. HASIL PENGUKURAN MENGGUNAKAN INCU II ANALYZER PADA SUHU 37 °C

n	Rata-Rata Chamber Tertutup (°C)	Rata-Rata Chamber Terbuka (°C)	Nilai Error %
X1	37.25	37.30	0.134
X2	37.17	37.18	0.02

X3	37.32	37.37	0.133
X4	37.08	37.13	0.134
X5	36.87	36.97	0.270
Nilai Error			0.139

TABEL 2. HASIL PENGUKURAN TEMPERATUR MATRAS

Pengaturan Alat (°C)	Terukur Standar (°C)	Ketidakpastian
32 °C	32.5	0.12
33 °C	33.6	0.12
34 °C	34.9	0.12
35 °C	35.4	0.12
36 °C	36.3	0.12
37 °C	37.6	0.12

TABEL 3. HASIL PENGUKURAN KEBISINGAN PADA ALAT *INFANT INCUBATOR*

Pengaturan Alat (°C)	Terukur Standar (dBA)	Ketidakpastian
37 °C (Terbuka)	58.0	0.34
37 °C (Tetutup)	56.6	0.34

Hasil pengukuran suhu kulit dilakukan pada kulit tubuh sebanyak 5 kali pengukuran dan dibandingkan dengan *thermometer* suhu badan yang sudah terkalibrasi. Hasil nya di tunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 4. HASIL PENGUKURAN SENSOR SKIN

	X1 (°C)	X2 (°C)	X3 (°C)	X4 (°C)	X5 (°C)	Rata – Rata (°C)	Error %
Suhu Tampil	35	35	35	35	35	35	
Suhu Pembandingan	35.2	35.1	35	35	35.3	35.12	0.12

IV. DISKUSI

Alat *Infant Incubator* telah diperiksa dan diuji pada alat langsung dengan menggunakan alat uji INCU *Analyzer* Merk Fluke Model INCU II. Berdasarkan pengukuran parameter suhu ruang *Infant Incubator* menggunakan INCU *Analyzer* memiliki sedikit perbedaan pada tampilan *display* alat dengan *display* INCU *Analyzer*. Akan tetapi, alat masih dalam toleransi yang diijinkan yaitu ± 1 °C untuk toleransi suhu ruang *Infant Incubator*[6], penyebab dari perbedaan tampilan *display* karena pada alat yang penulis rancang menggunakan komponen yang

ada di pasaran sehingga pada setiap komponen memiliki nilai kesalahan dan nilai toleransi yang berbeda dengan komponen yang digunakan pada pabrikan. Pengujian sensor suhu kulit dilakukan pada alat langsung dengan suhu tubuh badan yang dilakukan selama 5 kali percobaan dan didapatkan hasil *error* alat dengan pembanding *thermometer* suhu badan merk ThermoOne sebesar 0.12 °C dan masih masuk dalam batas toleransi yaitu ± 1 °C[6].

Pada Alat *Infant Incubator* Berbasis PID Dilengkapi Dengan Mode Kanguru masih terdapat kelemahan dalam respon PID terhadap kinerja heater dikarenakan watt *heater* yang terlalu kecil sehingga respon PID sedikit lambat. Akan tetapi kestabilan pada alat ini bagus hanya saja respon time saat suhu *pengaturan* membutuhkan waktu yang lumayan lama yaitu sekitar 20 menit untuk pemanasan awal.

Alat *Infant Incubator* Berbasis PID Dilengkapi Dengan Mode Kanguru ini memiliki keunggulan pada media pemantauan suhu tubuh bayi saat dilakukan Perawatan Metode Kanguru dimana proses *skin to skin* antara ibu dengan anak sehingga membantu bayi prematur untuk lebih cepat dalam memulihkan kondisi bayi prematur dalam menaikkan berat badan[4].

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan perkembangan inkubator bayi untuk membantu ibu yang memiliki bayi yang lahir prematur sehingga mereka dapat memiliki ikatan yang baik dengan cara merawat kulit dengan kulit. Penelitian ini telah membuktikan bahwa akurasinya tepat untuk digunakan menstabilkan kondisi bayi yang lahir prematur karena memiliki memiliki kestabilan suhu yang optimal dan pemantauan suhu tubuh bayi yang bermanfaat agar bayi tidak mengalami hipotermi maupun hipertermi dan membantu mengobati PMK di beberapa rumah sakit. Di masa depan, penelitian ini dapat dilakukan dan digunakan di klinik kecil di desa dengan biaya rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization., "Kangaroo mother care: a practical guide. Geneva: World Health Organization (WHO)," 2003.
- [2] S. Djoko, "Infant Incubator," 2013. [Online]. Available: <http://djokosoeprijanto.blogspot.com/2013/04/sekilas-tentang-infant-incubator-poly.html>.
- [3] D. I. R. Perinatologi, "Peningkatan Interaksi Ibu-Bayi Dan Kepercayaan Diri Ibu: Efek Pelibatan Ibu Dalam Perawatan Bayi Prematur Pendahuluan Metode," vol. 16, no. 3, pp. 168–175, 2013.
- [4] Paul dkk, "Pengaruh Perawatan Metode Kanguru terhadap Respons Fisiologis Bayi Prematur The Influence of Kangaroo Mother Care on Physiological Response of Premature Infants," Jurnal Teknokes, no. 156, pp. 227–233.
- [5] M. M. N. Ikhwan, "Sistem Kendali Proporsional , Integral , Dan," *Natural*, vol. 16, no. 2, pp. 11–12, 2016.
- [6] Kristian, *dkk.*, "Inspection and Preventive Maintenance," vol. 1, no. 610.