

PERANCANGAN SISTEM KONTROL SUHU *BEDPLATE* DAN *HOTEND* PADA PRINTER 3D MODEL *REPRAP*

Tri Aji Saputra¹, Akhmad Musafa²
^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia

Triajisaputra43@gmail.com, akhmad.musafa@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Telah dirancang sebuah mesin 3D printer model rerap. Sistem ini di rancang agar suhu pada pemanas 3D printer dapat bekerja dengan stabil pada suhu acuan untuk hotend 200°C dan untuk bedplate dengan suhu acuan 70°C. Komponen yang digunakan sebagai pemanas pada 3D printer ini berupa keramik heater dan sensor thermistor NTC. Alat ini terdiri dari beberapa komponen seperti Arduino ATmega 2560, Ramps 1.4, stepper motor, Filament, hotend, dan heatbed. Untuk proses pencetakan diperlukan sebuah sistem kendali pada pemanas 3D printer agar filament dapat cair dengan rata. Pada sistem pengendali suhu ini menggunakan dua metode, metode PID dan metode On/Off sebagai pembandingan pada kualitas hasil pencetakan. Ketika pemanas pada 3D printer di aliri tegangan sesuai suhu acuan maka sensor akan mendeteksi hasil pembacaan sensor akan di bandingkan dengan nilai acuan. Hasil pembandingan tersebut berupa sinyal error yang akan di proses pada PID kontroler. Output dari PID berupa signal PWM yang digunakan untuk memanaskan pada 3D printer tersebut. Sedangkan untuk kontroler dengan menggunakan metode On/Off output dari mikrokontroler berupa sinyal high dan low. Ketika sensor membaca suhu di atas suhu acuan maka output dari mikro kontroler berupa sinyal low. Jika sensor membaca suhu dibawah nilai suhu acuan maka output dari mikrokontroler berupa sinyal high. Hasil perbandingan antara metode PID dan metode On/Off menghasilkan kualitas pencetakan pada 3D printer dengan hasil menggunakan metode PID lebih baik. Dikarenakan suhu pada pemanas lebih stabil sehingga hasil pencairan pada filament relatif sama.

Kata kunci : Printer 3D, Reprap, Autotuning PID, Filaament PLA, Pemanas cartridge

ABSTRACT

In this final project, a rerap model 3D printer has been designed. This system is designed so that the temperature of the 3D printer heater can work stably at the reference temperature for hotend 200°C and for the base plate with a reference temperature of 70°C. The components used as heaters in this 3D printer are ceramic heater and NTC thermistor sensor. This tool consists of several components such as Arduino ATmega 2560, Ramps 1.4, stepper motor, Filament, hotend, and heatbed. For the printing process, a control system on the 3D printer heater is needed so that the filament can be evenly liquid. In this temperature control system uses two methods, the PID method and the On / Off method as a comparison to the quality of the printing results. When the heater on the 3D printer is energized according to the reference temperature, the sensor will measure the sensor readings and will be compared with the reference value. The results of the comparison are in the form of an error signal which will be processed on the PID controller. The output of the PID is in the form of a PWM signal which is used to heat the 3D printer. As for the controller using the On / Off method the output of the microcontroller is a high and low signal. When the sensor reads the temperature above the reference temperature, the output from the micro controller is a low signal. If the sensor reads the temperature below the reference temperature value, the output from the microcontroller is a high signal. The results of the comparison between the PID method and the On / Off method produce printing quality on a 3D printer with better results using the PID method. Because the temperature on the heater is more stable so that the melting results on the filament are relatively the same.

Keywords: 3D printer, Reprap, PID autotuning, Filaament PLA, cartridge heater

I. PENDAHULUAN

Teknologi pada printer 3D mengalami peningkatan yang sangat pesat. Perkembangan teknologi ini berbanding lurus dengan berkembangnya peradaban manusia modern. Teknologi yang ada saat ini membantu manusia dalam melakukan segala aktivitas sehari-hari khususnya pada sektor industri[1]. Sektor industri pada era saat ini memasuki sektor industri 4.0 dimana industri terus mengalami perkembangan yang pesat, terutama di bidang manufaktur dan prototyping. Desain suatu produk menjadi sangat penting mengingat begitu ketatnya persaingan dan cepatnya inovasi yang dikeluarkan oleh produsen untuk mendapatkan pasar penjualan.[2]

RepRap adalah replika dari sebuah mesin 3D printer yang sudah ada, dan membuatnya tersedia secara gratis untuk semua orang. Pada 3D printer jenis ini menggunakan pencetakan 3D untuk melakukannya, pada bagian tertentu 3D printer jenis ini terbuat dari plastik. Sehingga setiap orang dapat merakit dengan bahan yang sesuai dengan kebutuhannya.[3] Teknik aditif manufacturing atau teknik mencetak objek tiga dimensi (3D) dengan menambahkan material secara berlapis lapis seperti baja dan palstik.[4] Teknik ini menggunakan computer, perangkat lunak model 3D CAD (Computer Aided Design atau Computer Aided Manufacturing). Dengan munculnya teknologi manufacturing aditif pada pertengahan 1980-an, teknologi pencetakan tiga dimensi (3D) yang mencetak benda dengan mengandalkan ekstrusi termoplastik untuk pembuatan prototype pemodelan. Bahan yang digunakan adalah Asam polylatic (PLA) yang dicetak dengan cara dicairkan menggunakan nozzle yang dialirkan secara berlapis sehingga membentuk sebuah benda[1].

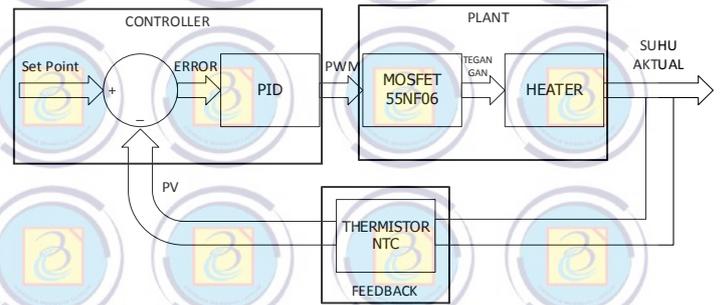
Bed plate dan *hotend* adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai pemanas pada sebuah mesin printer 3D. telah dilakukan perancangan system control suhu *bed plate* dan *hotend* pada printer 3D dengan cara *Auto Tuning PID*. [5] Salah satu yang mempengaruhi keberhasilan pada proses pencetakan printer 3D adalah suhu pada *bed plate* dan *hotend* yang stabil. Maka dari itu pada dirancang system control berbasis PID agar suhu pada *bed plate* dan *hotend* dapat stabil pada suhu yang diinginkan. Meminimalisir gangguan pada saat proses pencetakan berlangsung sehingga proses pencetakan dapat berjalan pada kinerja terbaiknya.[6]

II. PERANCANGAN SISTEM

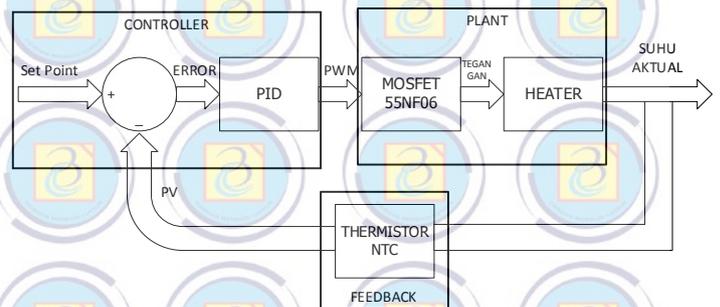
A. Blok Diagram Rangkaian

Rancangan sistem pada 3D berbasis PID kontroler dapat dilihat pada Gambar 1.

Close Loop Pemanas Pada Bed Plate



Close Loop Pemanas Pada Bed Plate



Gambar 1 Blok Sistem Kendali Hotend Dan Bedplate Pada Printer 3D.

Table 1 Fungsi Komponen Pada Blok Diagram

No	Komponen	Fungsi
1	Mikrokontroler ATmega 2560	Sebuah komponen yang digunakan untuk mengolah data inputan dan feedback dari sensor untuk diteruskan ke bagian-bagian pada printer 3D.
2	RAMPS 1.4 (Reprap Arduino mega polulu shield)	Sebuah komponen yang digunakan sebagai penggerak pada setiap komponen yang terdapat pada printer 3D
3	MOSFET 55NF06	Sebagai saklar pada bedplate dan hotend
4	Heater hotend	Sebagai peleleh filament pada printer 3d
5	Heater bedplate	Sebagai wadah hasil pencetakan pada printer 3D yang memiliki sifat panas. Sifat panas tersebut berguna agar hasil dari pencetakan tidak berpindah posisi.
6	Thermistor NTC	Sebuah komponen yang digunakan untuk mendeteksi suhu.

B. Perinsip Kerja System

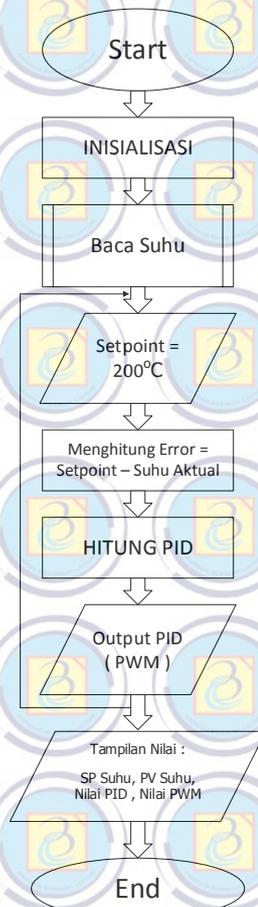
Sistem kendali ini dibuat untuk menjaga suhu pada pemanas agar berada pada suhu acuanya. Dikarenakan jika suhu pada pemanas tersebut tidak stabil dampak pada komponen *hotend* dan *bedplate* bisa fatal. Terutama pada hasil pencetakan.

Setpoint yang akan digunakan pada alat ini yaitu 200⁰ C pada pemanas hotend dan 70⁰ C pada heatbed. Nilai setpoint ini didapat hasil dari datasheet pada spesifikasi filament yang akan digunakan, filament yang akan digunakan yaitu filament PLA (Polylactic acid) dengan diameter filament 1,75mm. Nilai suhu akan dimasukkan ke

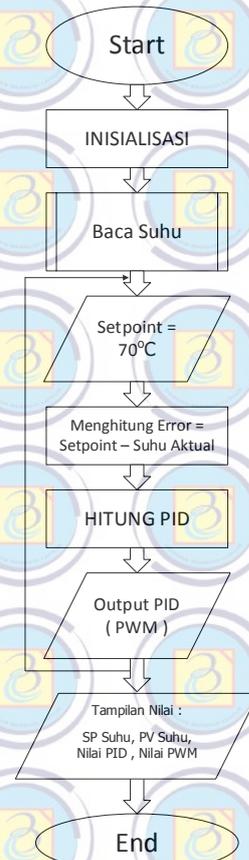
dalam mikro kontroler sebagai suhu default untuk filament PLA. Suhu pada hotend dan bedplate akan dibaca oleh Thermistor NTC jika terjadi selisih dengan suhu acuan itu yang disebut nilai error. Nilai error tersebut yang akan di kirim kembali ke kontroler untuk menaikkan atau menurunkan nilai pwm dan mosfet akan menaikkan atau menurunkan tegangan. Jika suhu berada pada posisi stady statenya maka nilai tegangan pada mosfet juga akan stabil.

Peran PID sangat penting untuk menjaga suhu agar suhu aktual tetap berada pada suhu acuan terutama dalam proses pencetakan. Maka dari itu dibutuhkan system kendali untuk bisa menjaga suhu panas pada hotend dan bedplate.

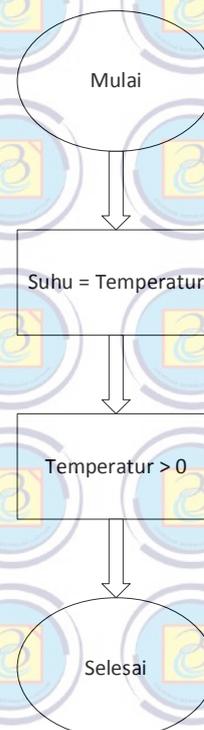
C. Perancangan Perangkat Lunak (software)
 Dalam perancangan perangkat lunak, Perancangan sistem control suhu pada bedplate dan hotend pada printer 3D model rebrap menggunakan software Arduino IDE untuk membuat program yang akan di upload pada papan mikrokontroler. Untuk memudahkan pembuatan program maka dibuatlah diagram alir program utama pada Gambar 2 - 3 dan diagram alir sub program pada Gambar 4 - 5.



Gambar 2 Diagram Alir Main Program Pada Hotend



Gambar 3 Diagram Alir Main Program Pada Bedplate.



Gambar 4 Diagram Alir Main Program Pada bed plate



Gambar 5 Diagram Alir Aplikasi Processing

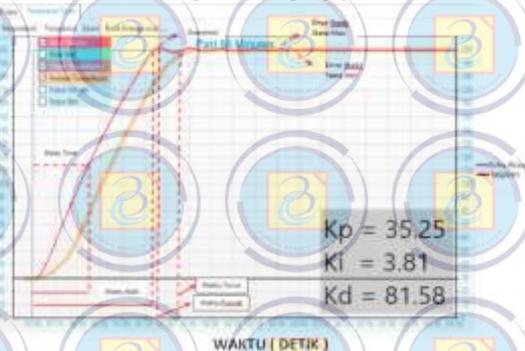
III. Hasil dan Analisa

Dalam penulisan ini dilakukan dengan dua pengujian keseluruhan yaitu pada *Hotend* dan *bedplate* dengan menggunakan metode *PID Auto-Tuning*. Untuk pengujian *hotend* dilakukan dengan *setpoint* 200°C dan pengujian *bedplate* dilakukan dengan *setpoint* 70°C.

A. Pengujian Keseluruhan *Hotend*

Pengujian ini diberikan nilai *setpoint* 200°C dan dilihat respon sistem tersebut. Terlihat pada Gambar 6 adalah grafik respon sistem pengujian *Hotend*.

Gambar 6 Grafik respon sistem pengujian *Hotend*.



Dari Gambar 6 dapat dianalisa dengan respon sistem pada gambar tersebut. *Delay Time* adalah waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk mencapai setengah nilai akhir pada waktu yang pertama. *Delay time* pada Gambar 6 yaitu 42,5 detik. Waktu penghitungan dimulai dari 00:00 – 01:25 .

Rise Time adalah waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100%. Dalam Gambar 6 *Rise time* pada grafik menunjukkan pada waktu 1 menit : 25 detik.

Overshoot adalah Perbandingan selisih antara suhu maksimum dengan *setpoint* (dalam persen). Dalam Gambar 6 terlihat *setpoint* tersebut yaitu 200°C dan suhu maksimum dalam grafik tersebut 208°C.

$$\text{Overshot} = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \times 100$$

$$\text{Overshot} = \frac{201,5 - 200}{200} \times 100$$

$$\text{Overshot} = \frac{1,5}{200} \times 100$$

$$\text{Overshot} = 0,75\%$$

Settling Time adalah waktu yang dibutuhkan transien osilasi untuk berada pada $\pm 2\%$. Pada Gambar 6 terlihat *Settling time* menunjukkan pada waktu 1 menit : 37 detik.

Error steady state adalah selisih suhu akhir dengan *setpoint* (dalam persen). Dalam Gambar 6 terlihat ada dua *error steady state* yaitu *error steady state Max* dan *error steady state Min*. Didapatkan nilai suhu akhir pada *steady state max* yaitu sebesar 203°C , suhu akhir *error steady state min* yaitu sebesar 198°C, dan dengan *setpoint* 200°C.

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = \frac{\text{suhu akhir} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = \frac{200,3 - 200}{200} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = \frac{0,3}{200} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = 0,15\%$$

$$\text{Error Steady State Min (\%)} = \frac{\text{suhu akhir} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

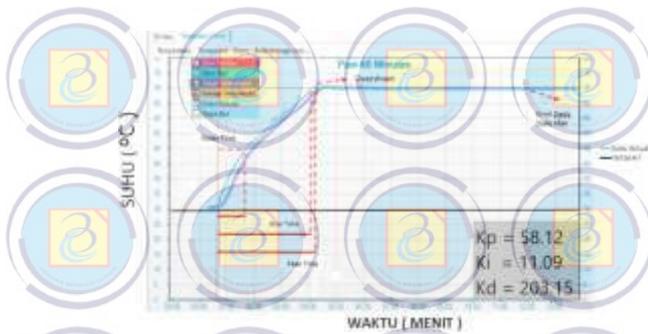
$$\text{Error Steady State Min (\%)} = \frac{199,8 - 200}{200} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Min (\%)} = \frac{-0,2}{200} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Min (\%)} = -0,1\%$$

B. Pengujian Keseluruhan *Bedplate*

Pengujian ini diberikan nilai *setpoint* 70°C dan dilihat respon sistem tersebut. Terlihat pada Gambar 7 adalah grafik respon sistem pengujian *Bedplate*.



Gambar 7 Grafik respon sistem pengujian *Bedplate*

Dari Gambar 7 dapat dianalisa dengan respon sistem pada gambar tersebut.

Delay Time adalah waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk mencapai setengah nilai akhir pada waktu yang pertama. *Delay time* pada Gambar 7 yaitu 1 menit : 20 detik. Waktu penghitungan dimulai dari 00:00 – 04:10.

Rise Time adalah waktu yang diperlukan oleh tanggapan untuk naik dari 0% menjadi 100%. Dalam Gambar 7 *Rise time* pada grafik menunjukkan pada waktu 4 menit : 10 detik.

Overshoot adalah Perbandingan selisih antara suhu maksimum dengan setpoint (dalam persen). Dalam Gambar 7 terlihat *setpoint* tersebut yaitu 70°C dan suhu maksimum dalam grafik tersebut 71.5°C.

$$\text{Overshot} = \frac{\text{suhu maksimum} - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \times 100$$

$$\text{Overshot} = \frac{70,8 - 70}{70} \times 100$$

$$\text{Overshot} = \frac{0,8}{70} \times 100$$

$$\text{Overshot} = 1,14\%$$

Error steady state adalah selisih suhu akhir dengan setpoint (dalam persen). Dalam Gambar 7 terlihat ada dua *error steady state* yaitu *error steady state Max* dan *error steady state Min*. Didapatkan nilai suhu akhir pada *steady state max* yaitu sebesar 71,5°C, suhu akhir *error steady state min* yaitu sebesar 68°C, dan dengan *setpoint* 70°C.

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = \frac{\text{suhu akhir} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = \frac{70,1 - 70}{70} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = \frac{0,1}{70} \times 100$$

$$\text{Error Steady State Max (\%)} = 0,14\%$$

IV. Kesimpulan

Dalam pengujian keseluruhan dengan menggunakan metode PID *auto – tuning*. Pada pengujian keseluruhan *Hotend* dengan *setpoint* 200°C dan nilai Kp=35.25, Ki=3.81, Kd=81.58 didapatkan respon sistem *Delay Time* selama 42.5 detik *Rise Time* selama 1 menit 25 detik, *overshoot* sebesar 0.75%, *settling time* selama 1 menit 37 detik, *error steady state error max*

sebesar 0.15% dan *error steady state error min* sebesar -0.1%. Kemudian pada pengujian keseluruhan *bedplate* dengan *setpoint* 70°C dan nilai Kp=58.12, Ki=11.09, Kd=203.15 didapatkan respon sistem *Delay Time* selama 65 detik, *Rise Time* selama 4 menit 10 detik, *overshoot* sebesar 1.14% dan *error steady state error max* sebesar 0.14%.

REFERENSI

- [1] M. D. Muliawan, “Rancang Bangun Konstruksi Rangka Mesin 3D Printer Tipe Cartesian Berbasis Fused Deposition Modeling (Fdm),” *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 4, p. 252, 2017, doi: 10.22441/jtm.v6i4.2075.
- [2] A. Ruswandi and M. A. Fauzan, “Perancangan Extruder Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Untuk Material Filament Polylactic Acid (PLA) Diameter 1,75 mm.”
- [3] M. Abdul and M. Amrullah, “Rancang Bangun Prototipe Printer 3 Dimensi (3D) Tipe Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling (Fdm) Naskah Publikasi Tugas Akhir,” 2018.
- [4] E. By and E. Engineering, “PROTOTYPE 3D PRINTER BERBASIS MIKROKONTROLER Luki Aditya President University April 2019 PROTOTYPE 3D PRINTER BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560 Luki Aditya President University April 2019,” no. April, 2019.
- [5] D. Zeng *et al.*, “Research on improved auto-tuning of a pid controller based on phase angle margin,” *Energies*, vol. 12, no. 9, 2019, doi: 10.3390/en12091704.
- [6] I. Setiawan, *Kontrol PID Untuk Proses Industri*. 2008.