



KONTROL OPTIMASI ENERGY BEDPLATE 2 X 2 METER PADA 3D PRINTING 2 X 2 X 2 METER

Thoriq Budi Setiawan¹, Budhy Setiawan², Agus Pracoyo³
e-mail: thorbud186@gmail.com, budhy.setiawan@polinema.ac.id,
agus.pracoyo@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang kontrol optimasi energi listrik bedplate pada 3D printing dengan ukuran 2 x 2 x 2 meter. Metode yang digunakan adalah dengan memilih bidang bedplate yang akan digunakan tergantung dengan besar ukuran objek dan dengan mengurangi suhu setpoint pada pertengahan proses printing yang akan dilakukan. Penelitian bertujuan untuk menemukan kondisi optimal yang dapat mengontrol energi bedplate dan meminimalkan konsumsi energi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan strategi kontrol yang efisien dan berkelanjutan untuk industri 3D printing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan strategi kontrol yang tepat, konsumsi energi pada proses 3D printing dapat dikurangi antara 50 – 75 % menggunakan metode pemilihan bidang yang akan dicetak dan mengurangi penggunaan energi Listrik sebesar 38,63 % menggunakan metode tanpa mengorbankan kualitas produk cetakan. Penelitian ini dapat memberikan panduan bagi industri 3D printing dalam mengembangkan sistem kontrol yang lebih efisien dan berkelanjutan untuk mengurangi dampak lingkungan dan biaya produksi. Oleh karena itu, penggunaan strategi kontrol energi yang lebih baik pada 3D printing akan menjadi kontribusi positif dalam pengembangan teknologi pencetakan 3D yang lebih hemat energy listrik.

Kata kunci: 3D Printer, Bedplate, Heater

ABSTRACT

This study discusses the control of bedplate energy optimization in 3D printing with a size of 2 x 2 x 2 meters. The method used is to reduce the setpoint temperature in the middle of the printing process to be carried out. The research aims to find optimal conditions that can control bedplate energy and minimize energy consumption. In controlling the temperature of this system using a PID controller. The aim of this research is to develop an efficient and sustainable control strategy for the 3D printing industry. The results show that by applying the right control strategy, energy consumption in the 3D printing process can be reduced by up to 30% without compromising the quality of printed products. This research can provide guidance for the 3D printing industry in developing more efficient and sustainable control systems to reduce environmental impact and production costs. Therefore, the use of better energy control strategies in 3D printing will make a positive contribution to the development of more energy efficient 3D printing technologies.

Keywords: 3D Printer, Bedplate, Heater

1. PENDAHULUAN

Teknologi 3D Printer merupakan sebuah inovasi baru yang menjadi bagian dari perkembangan dunia industri terutama pada bidang manufaktur [1]. Sektor industri pada era



saat ini memasuki sector 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]. Untuk mendesain suatu produk dapat menggunakan 3D Printer. 3D Printer memiliki banyak keunggulan dalam penghematan biaya produksi dan kemampuan menghasilkan produk dengan bentuk yang rumit [3]. Dalam 3D Printer Bedplate adalah salah satu bagian terpenting dari 3D Printer, fungsi Bedplate sendiri yaitu sebagai tempat alas cetak selama proses mencetak berlangsung. Umumnya bahan Bedplate terbuat dari kaca, aluminium, dan bahan lain yang tahan panas untuk mempertahankan obyek yang di cetak tetap melekat pada permukaan untuk sementara [4]. Printer 3D mulai digunakan di dunia industri Indonesia, 3D printer ini dapat mencetak suatu Gambar atau desain 3D dengan ukuran maksimum 2m x 2m x 2m. [5]. Pada 3D printer bedplate memiliki ukuran 500 mm x 500 mm pada setiap bidang bedplate dan terdapat 16 bidang bedplate secara keseluruhan. Total ukuran dari bedplate sebesar 2000 mm x 2000 mm.

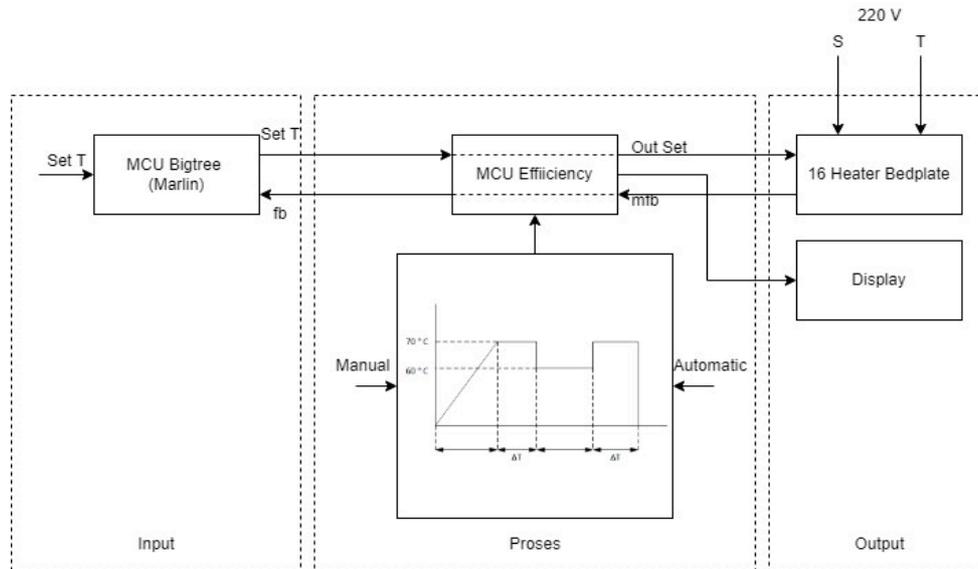
Pada mesin 3d printing ini, bahan yang digunakan untuk printing adalah Polylactid Acid (PLA). Untuk dapat menempelkan filamen PLA membutuhkan suhu sebanyak 65-70 °C pada bedplate [6]. PLA adalah polimer yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan penyimpanan, kelembaban dapat mengubah struktur dan dalam kondisi kering PLA menjadi lebih kuat, tetapi kurang ulet [7]. PLA bersifat mudah kering setelah dilakukan pencairan yang dilakukan oleh ekstruder pada 3D printer [8]. Sehingga PLA merupakan bahan yang baik dalam pembuatan prototype 3D.

Bedplate pada 3D printer menggunakan kawat nikelin sebagai heater dari bedplate. Daya yang dibutuhkan cukup besar sehingga energi listrik yang digunakan lebih banyak. Energi listrik adalah daya listrik yang terpakai selama waktu tertentu [9]. Pada penelitian sebelumnya, Heater bedplate pada 3D printer yang digunakan 8 bidang bedplate dengan daya 677,8 watt [10]. Pada penelitian ini menggunakan heater 16 bidang bedplate yang memiliki daya sebesar 1337,6 watt. Daya yang digunakan pada proses printing cukup besar sehingga akan lebih baik bila dilakukan optimasi energy listrik sehingga energi listrik yang akan dikeluarkan akan lebih sedikit sehingga dapat menghemat untuk pengeluaran listrik.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Blok

Berikut diagram blok system yang berisi input, output, dan proses pengontrolan optimasi energy pada heater bedplate 3d printer 2x2x2m.



Gambar 1 : Blok Diagram Sistem

Perancangan sistem ini meliputi deskripsi tahapan pengerjaan yang digambarkan pada flowchart, perancangan hardware serta perancangan software dan pengujian sistem.

a. Input

Pengaturan set poin dilakukan dengan memilih menu BED Temperature pada display Bigtreetech, lalu putar rotary encoder sampai dengan suhu yang di inginkan. Setelah itu nilai setpoint dari MCU Bigtree dikirimkan ke MCU Efficiency. MCU Bigtree juga akan memperoleh nilai feedback dari MCU Efficiency dari hasil proses yang telah dilakukan.

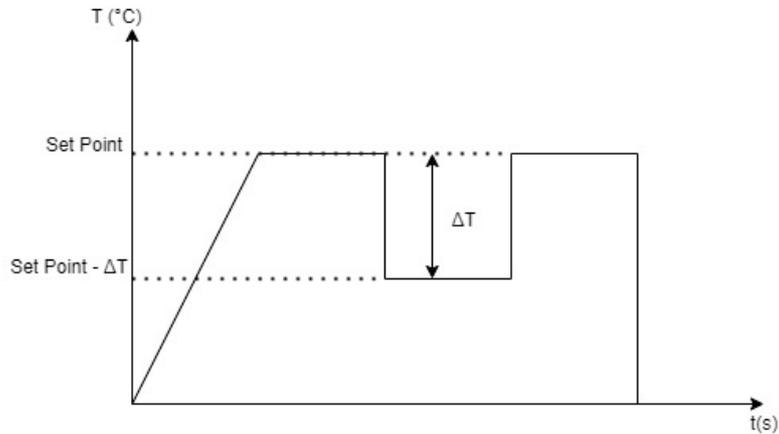
b. Proses

Keluaran dari bigtree akan dikirimkan ke MCU Efficiency. Nilai setpoint dari MCU Bigtree akan ditampilkan pada LCD. Suhu pada bedplate akan dikontrol menggunakan on off histerisis dengan histerisis sebanyak 3° C .MCU Efficiency akan disetel menggunakan pengontrolan dengan timer. Pengoperasian menggunakan sebuah push button sebagai tombol pengaturan timer dan pengaturan seberapa banyak suhu yang akan diturunkan. Sehingga operator sendiri yang dapat menentukan kapan harus on/off. Selanjutnya metode pengontrolan optimasi energy dengan mengatur berapa banyak bidang heater bedplate yang akan dinyalakan.

c. Output

Output dari system ini yaitu menyalakan 16 heater pada bedplate. Heater bedplate ini menggunakan tegangan 220 VAC. Hasil dari proses pada MCU Efficiency memberikan tegangan pada driver heater sehingga tegangan AC mengalir dan mengaktifkan heater. Setelah itu jumlah suhu pada bedplate akan diukur oleh sensor NTC yang nanti nilainya akan dikirimkan ke MCU Efficiency kembali dan akan dikirimkan lagi data suhu yang dimanipulasi ke MCU Bigtreetech.

2.2 Prinsip Kerja



Gambar 2 : Timing Diagram

Berdasarkan timing diagram pada gambar 2, langkah pertama suhu akan naik pada nilai setpoint. Setelah suhu mencapai setpoint, timer dapat diatur berapa lama waktunya. Saat timer telah selesai maka suhu dari setpoint akan dikurangi sesuai dengan pengurangan suhu yang diinginkan. Saat ingin menghentikan proses timer diatur lagi dan suhu setpoint akan dikembalikan seperti semula sehingga ketika suhu sudah mencapai setpoint maka hasil printing dapat diangkat.

2.3 Perancangan Mekanik

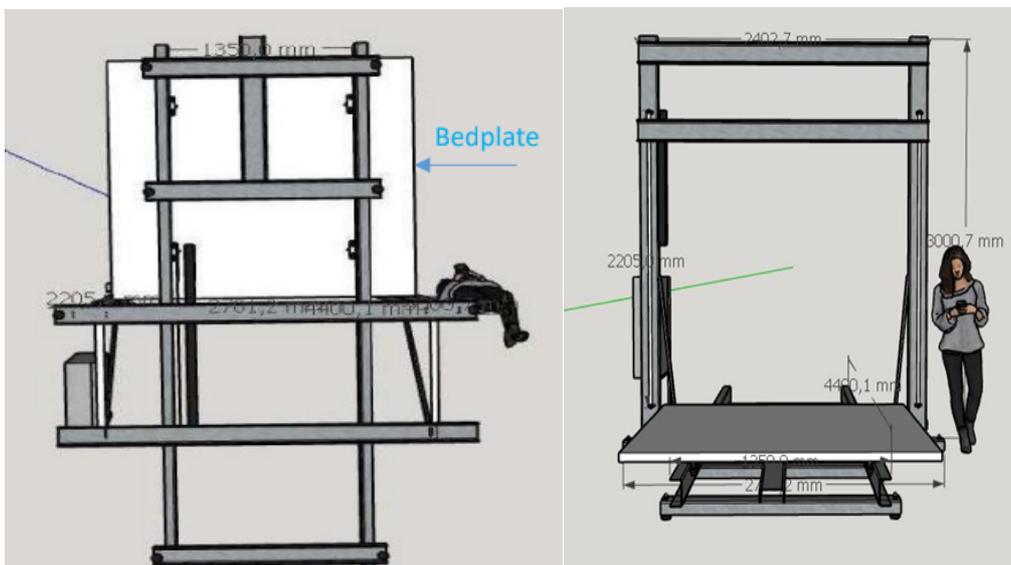
Pada sistem 3D print 2x2x2 m, bedplate memerlukan spesifikasi sebagai berikut :

a. Dimensi Bedplate

- Panjang : 2000 mm
- Lebar : 2000 mm
- Ketebalan : 5 mm

b. Bahan Bedplate : Aluminium

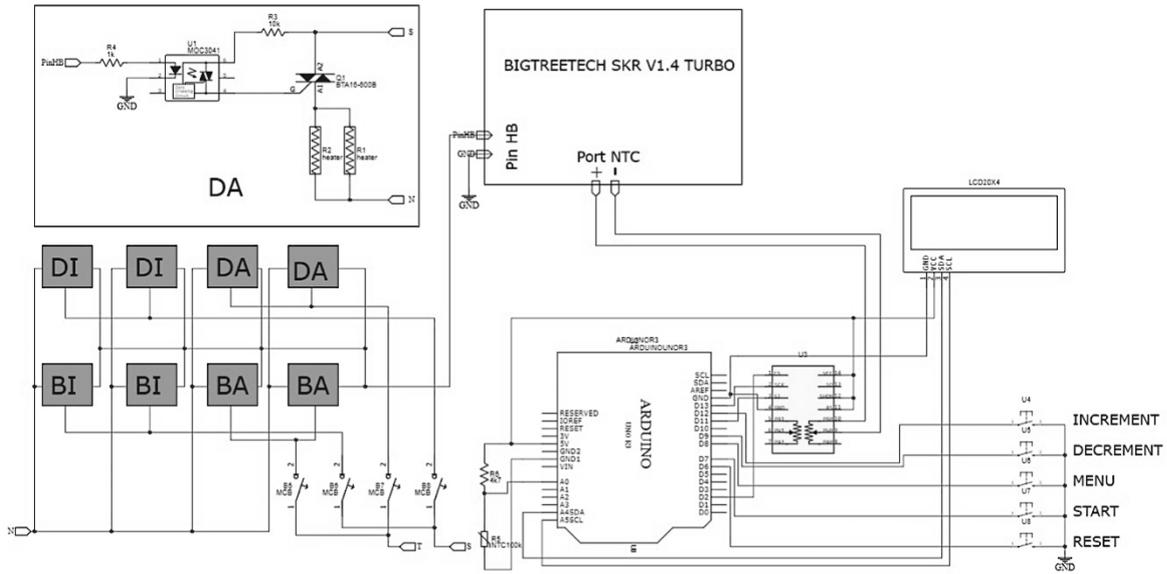
c. Ukuran Heater : 500 x 500 mm



Gambar 3 : Bedplate

2.4 Perancangan Elektrik

Wiring system pemanas bedplate 3D printer 2x2x2m ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3 : Wiring Keseluruhan Sistem



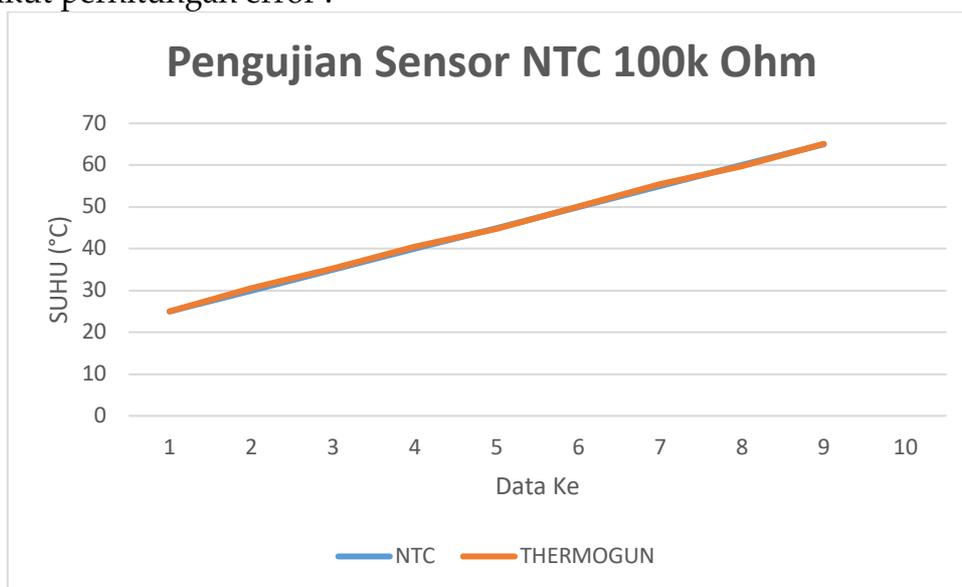
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian control optimasi energy listrik dilakukan untuk mengontrol seberapa banyak energy listrik yang akan dikeluarkan pada saat heater memanaskan bedplate. Proses pengujian pertama dilakukan dengan mengambil data sensor suhu NTC 100k Ohm seperti pada table 1.

Tabel 1. Pengujian NTC 100k

NTC (°C)	Thermogun(°C)	Error (°C)	Error (%)
25	25	0	0
30	30,5	0,5	1,6
35	35,3	0,3	0,8
40	40,5	0,5	1,2
45	44,8	0,2	0,4
50	50,2	0,2	0,4
55	55,4	0,4	0,7
60	59,7	0,3	0,5
65	65,1	0,1	0,2

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan pada table 1 dapat dianalisa bahwa data yang didapat dari pembacaan sensor suhu NTC dan Thermogun memiliki selisih nilai maksimal 1,6% dan nilai error minimalnya adalah 0,2%. Nilai dari error dapat ditoleransi karena nilai error tidak melebihi dari 5%. Sehingga NTC 100k dapat digunakan sebagai sensor heater bedplate. Berikut perhitungan error :



$$\text{Error} = \frac{|\text{suhu thermogun} - \text{suhu NTC}|}{\text{suhu NTC}} \cdot 100\%$$

Tabel 2. Pengujian Digital potensiometer MCP42100

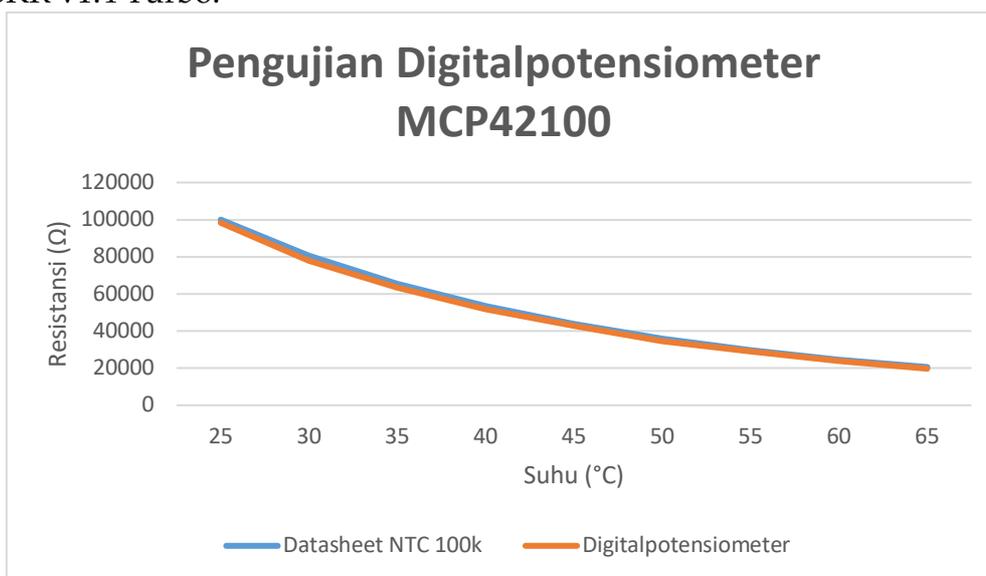


NTC	Step Wiper	Datasheet NTC (Ohm)	Terukur (Ohm)	Error(%)
25	255	100000	98300	1,7
30	205	80650	78000	3,3
35	166	65395	63500	2,9
40	135	53300	51800	2,8
45	111	43659	42600	2,4
50	90	35840	34600	3,5
55	75	29713	29000	2,4
60	62	24681	23900	3,2
65	51	20592	19700	4,3

Berdasarkan pengujian digital potensiometer dapat ditarik perbandingan antara datasheet NTC dengan resistansi MCP42100. Dari hasil penilaian error pada pengujian didapatkan error maksimal sebesar 4,3 % dan nilai error terkecil 1,7 %. Nilai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Error = \frac{|R \text{ datasheet NTC} - R \text{ MCP42100}|}{R \text{ datasheet NTC}} \cdot 100\%$$

Nilai dari error tidak lebih dari 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa Digital potensiometer MCP42100 dapat digunakan sebagai pengganti sensor suhu NTC pada MCU Bigtreotech SKR v1.4 Turbo.



Tabel 3. Pengujian Energi Listrik dengan Pengaturan MCB



MCB				Suhu Bedplate (°C)				Energi Listrik(Wh)
DA	DI	BK	BI	DA	DI	BK	BI	
1	0	0	0	65	25	25	25	95,65
0	1	0	0	25	65	25	25	95,65
0	0	1	0	25	25	65	25	95,65
0	0	0	1	25	25	25	65	95,65
1	1	0	0	65	65	25	25	191,3
0	0	1	1	25	25	65	65	191,3
1	1	1	1	65	65	65	65	382,3

Pada tabel 4. Pengujian energy listrik dapat diatur dengan memanfaatkan MCB. Terdapat 4 MCB untuk mengatur bidang mana yang akan dipanaskan. 1 MCB mengatur 1 bidang heater bedplate. Satu bidang heater bedplate terdapat 4 buah persegi bedplate. Dari data suhu pada tabel 4. Dapat dihitung berapa banyak energy listrik yang dikeluarkan dengan perhitungan berikut:

Diketahui :

$$M = 12,85 \text{ kg}$$

$$C_{\text{kaca}} = 670 \text{ J/kg. } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{awal}} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{akhir}} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = M \cdot C \cdot \Delta T$$

$$Q = 12,85 \cdot 670 \cdot 40$$

$$Q = 344380$$

$$W = P \cdot t$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$1355,6 = \frac{344380}{t}$$

$$t = 254 \text{ s}$$

$$W = P \cdot t$$

$$W = 1355,6 \cdot \left(\frac{254}{3600}\right)$$

$$W = 95,65 \text{ Wh}$$

$$W_{2\text{bidang}} = 2 \times 95,65 \text{ Wh}$$

$$W_{2\text{bidang}} = 191,3 \text{ Wh}$$

$$W_{4\text{bidang}} = 4 \times 95 \text{ Wh}$$

$$W_{4\text{bidang}} = 382,6 \text{ Wh}$$

Dari perhitngan, dapat dianalisa dengan menghitung berapa selisih error perhitungan berapa bidang yang akan dipanaskan. Berikut perhitungan error:



$$Werror\% = \frac{Wh_{4bidang} - Wh_{1bidang}}{Wh_{4bidang}} \times 100\%$$

$$Werror\% = \frac{382,6 - 95,65}{382,6} \times 100\%$$

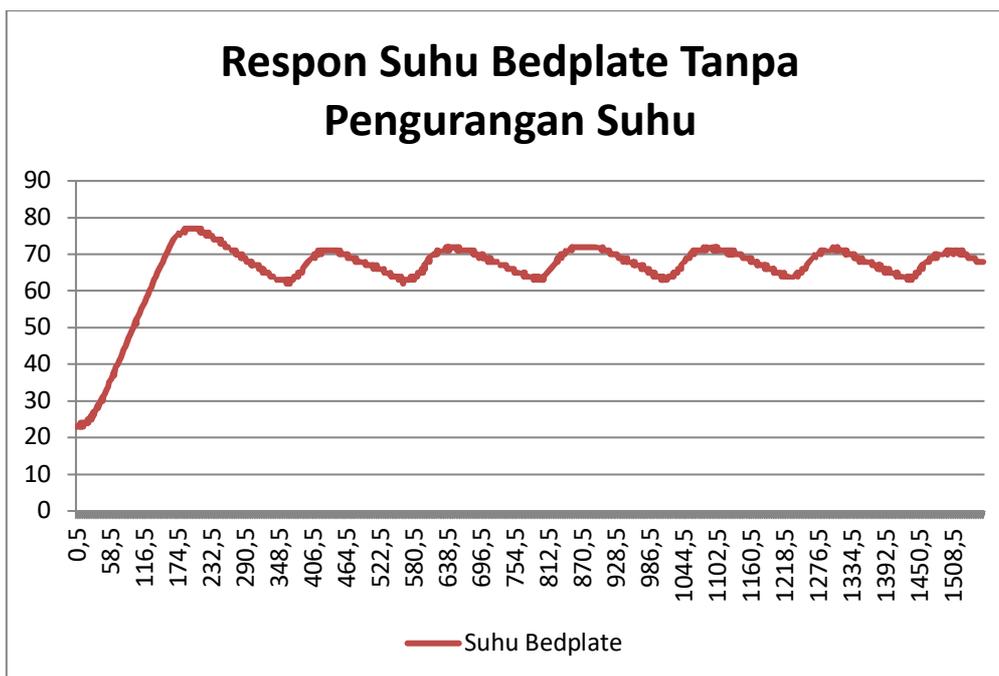
$$Werror\% = 75\%$$

$$Werror\% = \frac{Wh_{4bidang} - Wh_{2bidang}}{Wh_{4bidang}} \times 100\%$$

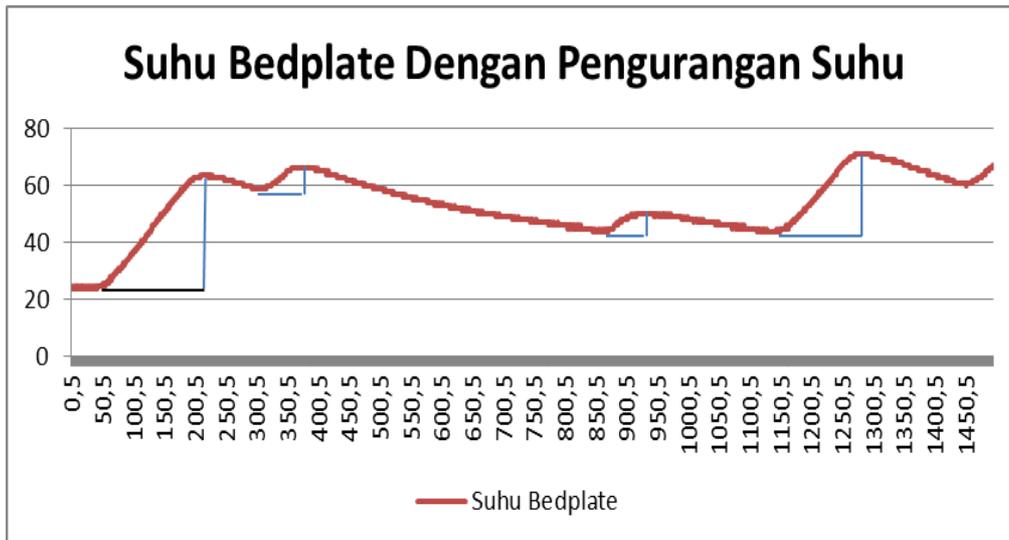
$$Werror\% = \frac{382,6 - 191,3}{382,6} \times 100\%$$

$$Werror\% = 50\%$$

Dari data tabel dan perhitungan selsish atau error dapat disimpulkan bahwa pengaturan bidang pada bedplate merupakan metode pengontrolan optimasi energy yang efisien. Dapat diketahui dari selisih error energy listrik pada pengoperasian 1 bidang bedplate, 2 bidang bedplate, dan 4 bidang bedplate. Pengontrolan optimasi energy bedplate dapat mengurangi 50% minimal dari semula dan maksimal dapat melakukan penghematan sebesar 75% energy listrik semula.



Gambar 5. Respon Sensor Suhu Tanpa Pengurangan Suhu



Gambar 6. Respon Sensor Suhu Dengan Pengurangan Suhu

Berdasarkan data respon suhu tanpa adanya pengurangan suhu dapat dilihat pada gambar 4.5 . Dari respon tersebut dapat dihitung nilai energy listrik dengan rumus sebagai berikut:

$$W = P \cdot t$$

$$W1 = 1355,6 \cdot \left(\frac{186}{3600}\right)$$

$$W1 = 70,03 \text{ Wh}$$

$$W2 = 1355,6 \cdot \left(\frac{89}{3600}\right)$$

$$W2 = 33,51 \text{ Wh}$$

$$W3 = 6 \cdot (33,51)$$

$$W3 = 201,08 \text{ Wh}$$

$$W_{total} = 70,03 + 201,08$$

$$W_{total} = 271,83 \text{ Wh}$$

Diperoleh dari data respon suhu pada gambar 4. suhu mulai turun di detik 500,5 dan suhu kembali naik ke semula pada detik 1113. Dari pengujian ini dapat diambil nilai energy listrik (kWh) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$W = P \cdot t$$

$$W1 = 1355,6 \cdot \left(\frac{165}{3600}\right)$$

$$W1 = 62,13 \text{ Wh}$$

$$W2 = 1355,6 \cdot \left(\frac{68}{3600}\right)$$

$$W2 = 25,61 \text{ Wh}$$

$$W3 = 1355,6 \cdot \left(\frac{71}{3600}\right)$$

$$W3 = 26,74 \text{ Wh}$$



$$W3 = 1355,6 \cdot \left(\frac{139}{3600} \right)$$

$$W4 = 52,34 \text{ Wh}$$

$$W_{total} = 62,13 + 25,61 + 26,74 + 52,34$$

$$W_{total} = 166,82 \text{ Wh}$$

Dari kedua perhitungan diatas dapat dihitung selisih antara energy listrik antara penggunaan pengurangan suhu dan tanpa pengurangan suhu dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_{error} = \frac{271,83 - 166,82}{271,83} \times 100\%$$

$$W_{error} = 38,63\%$$

Jadi, untuk pengontrolan suhu dengan merubah nilai suhu di tengah-tengah proses printing dengan selisih dt 20°C memberikan penghematan energy listrik sebesar 38,63%.

4. KESIMPULAN

Pengontrolan optimasi energy listrik pada bedplate dapat dilakukan dengan 2 metode, yang pertama adalah dengan memilih bidang tertentu yang akan dipanaskan. Dengan metode ini didapatkan energy listrik akan lebih hemat dengan penghematan minimal 50% dan maksimal 75% tergantung dengan seberapa butuh bidang untuk printing. Metode yang kedua adalah dengan menurunkan suhu heater pada tengah proses printing. Hasil dari metode ini dengan menurunkan sebanyak 20°C penghematan didapat sebanyak 38,63% dengan selisih energi listrik sebesar 105,53 Wh.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada kedua orang tua yang telah mendukung saya dan bapak dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu kepada saya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumantri, Dede. (2012). Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping berbasis Fused Desposition Modelling. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [2] Ruswandi, A., & Fauzan, M. A. Perancangan Extruder Mesin Rapid Prototyping Berbasis



Fused Deposition Modeling (FDM) Untuk Material Filament Polylactic Acid (PLA) Diameter 1,75 mm. Repository. Polman-Bandung. Ac. Id.

- [3] Kusuma, I.E., " Pengembangan Model Bisnis Berbasis Teknologi 3D Printer Dengan Pendekatan Product Service System (PSS), Tesis, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2016.
- [4] Priambodo, K. (2019). Desain Sistem Kontrol Suhu Hot Bed Menggunakan Kontroler PID Pada Printer 3D Berbasis Arduino Uno (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [5] FanisaIzzati, B. S., & Sirajuddin, I. Monitoring dan Data Akuisis pada 3d Printer Simetris Bilateral menggunakan Matlab.
- [6] Saputra, T. A., & Musafa, A. (2020). PERANCANGAN SISTEM KONTROL SUHU BEDPLATE DAN HOTEND PADA PRINTER 3D MODEL REPRAP. MAESTRO, 3(2), 461-465.
- [7] Valerga A, Batista M, Salguero J, Girot F. Influence of PLA Filament Conditions on Characteristics of FDM Parts. Materials. 2018. p. 1322. doi:10.3390/ma11081322
- [8] Susilo, S. H., Setiawan, A., & Yudiyanto, E. (2023). Evaluasi Kekuatan Tarik Printer 3D dengan Variasi Suhu dan Ketebalan Layer pada Material PLA berdasarkan Standar ASTM D-638. Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur (JETM), 6(01), 07-12.
- [9] Despa, D., Nama, G. F., Septiana, T., & Saputra, M. B. (2021). Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran Dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila. Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 15(1), 33-38.
- [10] Setiawan, B., Tama, P., & Cahya, D. (2021). Metode PID untuk pengkondisian suhu pada bedplate di pencetak 3D 2x2x2 meter. JURNAL ELTEK, 19(1), 35-42.