

# Sistem Penakar Bahan Baku *Premix* Roti Manis Menggunakan Metode PID

Muhammad Miftahul Farihin, Joko Priambodo, dan Berlian Al Khindi  
Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: joko.priambodo@its.ac.id

**Abstrak**—Proses penakaran pada *premix* roti manis menjadi tahapan penting yang merupakan proses awal pada pembuatan roti manis. Ketika proses penakaran bahan baku *premix* roti manis, posisi putaran motor *stepper* perlu di tentukan agar tidak merusak tekstur roti manis. Kontrol terhadap posisi motor dibutuhkan untuk mendapatkan hasil takaran *premix* roti manis yang sesuai. Untuk mengatasi masalah tersebut penggunaan kontrol posisi motor *stepper* menggunakan metode *Propotional Integral Derivative* (PID) diaplikasikan, untuk mendapatkan hasil takaran *premix* roti manis yang sesuai. A4988 sebagai *driver* motor digunakan agar mampu mengontrol nilai posisi motor *stepper* berdasarkan *set point* yang diinginkan. Posisi motor *stepper* di atur pada posisi 100 *step*, sehingga diharapkan mampu menghasilkan takaran *premix* roti manis yang sesuai. Berdasarkan pemodelan *Ziegler Nichols* ke-1 dan *trial* pada *arduino mega 2560*, kontroler PI dengan nilai  $K_p = 1,55$  dan  $K_i = 15,8$  menghasilkan respons sistem yang baik dengan nilai *error* = 0,2%.

**Kata Kunci**—*Arduino Mega 2560*, Motor *Stepper*, Metode PID, *Premix* Roti Manis.

## I. PENDAHULUAN

PROSES produksi yang terjadi pada usaha mikro, kecil, dan menengah Roti Anisah terbagi atas beberapa tahap meliputi : persiapan *premix* roti manis, pengadukan *premix* dengan air, membentuk adonan roti, pengembangan adonan roti, pemanasan adonan roti dan pengemasan roti. Proses persiapan *premix* roti manis menjadi tahapan penting karena merupakan proses awal pada pembuatan roti untuk mendapatkan hasil roti yang berkualitas. *Premix* roti manis terdiri dari lima bahan baku, yaitu: gula, garam, susu bubuk, bubuk pelembut, dan bubuk penghalus. Takaran yang akurat sesuai resep UMKM Roti Anisah akan sangat berpengaruh terhadap kualitas roti yang di pasarkan. Untuk proses persiapan *premix* roti manis saat ini masih menggunakan metode penimbangan manual dari setiap bahan baku yang di jadikan satu untuk menjadi *premix* roti manis. Hal ini sangat tidak efisien karena dapat mengakibatkan kurangnya jumlah *premix* roti manis yang di hasilkan setiap satu jamnya.

Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan membuat mesin *premix* roti manis untuk membantu pekerjaan manusia. Dengan konsep adanya lima *hopper* bahan baku *premix* roti manis yang masing-masing *hopper* memiliki motor *servo* sebagai penggerak pengayak bahan baku dan jungkat-jungkit, motor *stepper* sebagai penggerak katup *hopper*, dan sensor berat. Pada kesempatan kali ini penulis merancang dan membangun mesin *premix* roti manis yang respons sistemnya didapatkan dari nilai berat bahan baku. Dengan hasil respons dari sistem tersebut, di harapkan dapat menghasilkan *premix* roti manis yang sesuai dengan resep UMKM Roti Anisah. Serta untuk meningkatkan hasil produksi roti manis UMKM Roti Anisah.

Kontroler yang di gunakan pada sistem penakar bahan baku *premix* roti manis adalah *Propositional Integral Differensial* (PID). Dengan mengurangi sinyal kesalahan yang terjadi pada saat sistem bekerja, serta memberikan keluaran sinyal kontrol yang memiliki respons cepat, *error steady state* kecil, dan tidak ada *overshoot*. Semakin kecil kesalahan yang terjadi, maka semakin akurat massa setiap bahan baku yang di dapatkan dan tidak menimbulkan kerugian dari setiap bahan baku. Kontroler ini mempunyai nilai proporsional sebagai nilai pengali *error* untuk nilai koreksi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Mesin *Premix* Roti Manis

Tujuan membuat Produk *premix* adalah untuk membuat roti dengan cara yang lebih mudah dan praktis, untuk mengurangi kegagalan-kegagalan di dalam proses pembuatan roti dengan menghasilkan hasil roti yang berkualitas dan selalu standar.

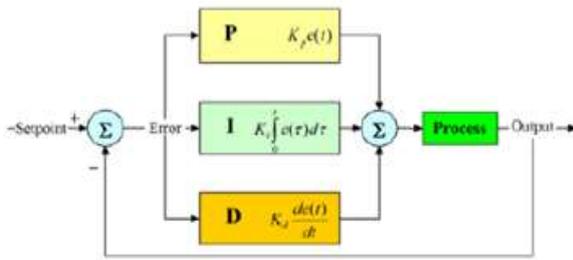
Rancang bangun model sistem adonan *premix* otomatis ini menggunakan *microcontroller* sebagai pengendali utamanya yang berfungsi untuk mengatur beberapa bagian seperti motor *servo* sebagai pengayak bahan baku serta sebagai penjungkit bahan baku, dan katup *hooper*. Katup *hooper* di gerakkan oleh motor *stepper* berdasarkan umpan balik dari sensor berat menggunakan metode PID [1].

Metode Perancangan yang digunakan yaitu sensor *load cell* sebagai penimbang berat bahan baku yang keluar dari *hopper*, serta motor *stepper* sebagai penggerak katup *hopper* bahan baku. Hasil dari perancangan ini yaitu dengan perbandingan adanya pengaruh metode PID pada sensor berat untuk mengatur motor *stepper* pada katup *hopper* setiap bahan baku. Alat berjalan sesuai dengan *input* yang telah ditentukan dan dapat mempercepat produksi *premix* roti manis [2].

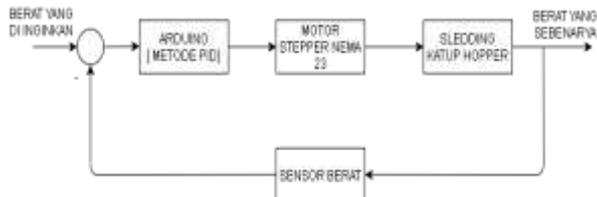
### B. Kontroler *Proportional Integral Derivative*

*Proportional Integral Derivative* atau yang biasa disebut PID adalah kontroler yang berguna untuk menentukan ketepatan sistem instrumentasi dengan adanya karakteristik umpan balik pada sistem tersebut. Komponen PID terdapat 3 jenis, yaitu *Proportional*, *Integratif*, dan *Derivatif*. Dari ketiga komponen dapat digunakan bersama maupun sendiri-sendiri seperti halnya komponen P atau PI atau PID. Tergantung respons *plant* yang diinginkan [3]. Ketiga komponen tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 1.

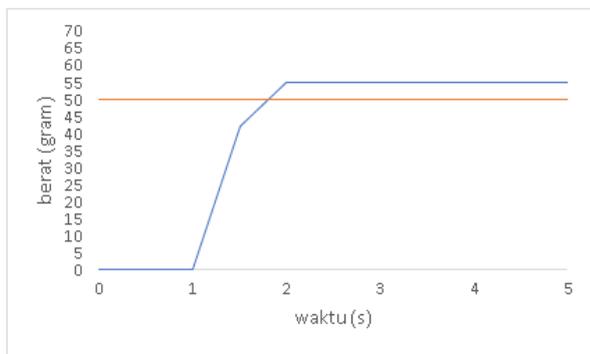
Komponen pengontrol P, I dan D masing-masing memiliki tujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem yang digunakan, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar [4]. Hubungannya antara keluaran



Gambar 1. Blok Diagram PID.



Gambar 2. Blok Diagram Kontrol Mesin *Premix* Roti Manis.



Gambar 3. Grafik Respons Sistem PID dengan *Set Point* 50 Gram.



Gambar 4. Mesin *Premix* Roti Manis.

kontroler  $m(t)$  dan sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  adalah:

$$m(t) = K_t e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Dalam melakukan *tunning* PID akan mendapatkan hasil dari *step response*. Berupa *rise time*, *peak time*, *settling time*.

### C. Ziegler-Nichols

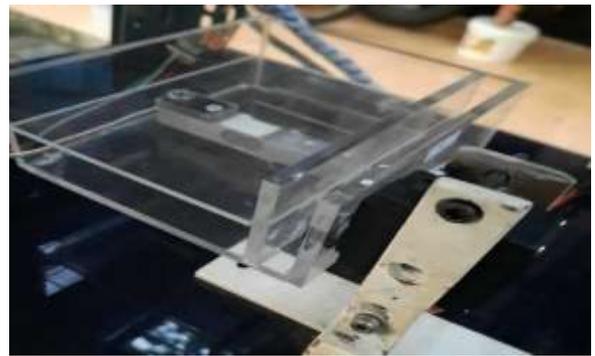
Metode *Ziegler-Nichols* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam mencari nilai PID. Metode ini telah dikembangkan oleh *John G Ziegler* dan *Nathaniel B Nichols*. Metode *Ziegler Nichols* terbagi menjadi metode Kurva S dan metode Oslasi. Pada sistem ini metode yang digunakan adalah metode S. Parameter kendali pada metode S dapat dilihat pada Tabel 1.

### D. Motor Servo DC

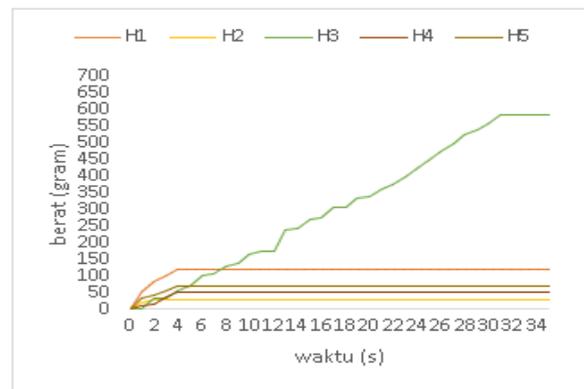
Hubungan matematis sederhana antara posisi sudut poros



Gambar 5. Mekanik Pengayak.



Gambar 6. Mekanik Sensor Berat.



Gambar 7. Grafik Respons Metode *On-Off*.

dan masukan tegangan ke motor DC dapat diturunkan dari hukum fisika. Di titik kendali sistem, motor *servo* DC dapat dianggap sebagai SISO [5]. Oleh karena itu, komplikasi terkait dengan sistem *multi-input* dibuang. Motor *servo* DC memiliki kumparan medan sejajar dengan angker. Arus di kumparan medan dan angker tidak tergantung satu sama lain. Hasil dari, motor ini memiliki kontrol kecepatan dan posisi yang sangat baik.

### E. Motor Stepper Bipolar

*Motor stepper* merupakan perangkat elektromagnetis yang bekerja mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Berputarnya motor *stepper* berdasarkan urutan pulsa yang di berikan. Untuk motor *stepper* bipolar, di perlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun atau berubah – ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Motor *stepper bipolar* torsi yang lebih besar dibandingkan dengan motor *stepper unipolar* untuk ukuran yang sama.

### F. Sensor Berat

Sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital. Contoh lainnya

Tabel 1.  
Penalaan Metode Ziegler Nichols Ke-1

Pengendali	KP	Ti
P	1*(T/L)	-
PI	0.9*(T/L)	3L
PID	1.2*(T/L)	2L

Tabel 2.  
Pengujian Berat Setiap Detik Berdasarkan Sudut

No.	Sudut Motor	Berat
1	30 <sup>0</sup>	3,2 Gram
2	45 <sup>0</sup>	8,7 Gram
3	60 <sup>0</sup>	13 Gram
4	90 <sup>0</sup>	14 Gram
5	120 <sup>0</sup>	16 Gram
6	160 <sup>0</sup>	17 Gram
7	180 <sup>0</sup>	18 Gram
8	240 <sup>0</sup>	32 Gram
9	360 <sup>0</sup>	36 Gram
10	450 <sup>0</sup>	52 Gram
11	480 <sup>0</sup>	54 Gram
12	540 <sup>0</sup>	71 Gram

Tabel 3.  
Nilai Parameter Ziegler Nichols Ke-1

Tipe Kendali	Kn	Ti	Td
P	18,74	0	0
PI	16,86	6,9	0
PID	22,5	4,18	1,04

Tabel 4.  
Pengujian Sensor Berat.

Hopper 1			
No.	Pembacaan Sensor	Alat Ukur	Error
1	584,79 gram	585 gram	0,05%
2	120,11 gram	120 gram	0,09%
Hopper 2			
No.	Pembacaan Sensor	Alat Ukur	Error
1	585,10 gram	585 gram	0,01%
2	120,15 gram	120 gram	0,125%
Hopper 3			
No.	Pembacaan Sensor	Alat Ukur	Error
1	585,10 gram	585 gram	0,01%
2	120,15 gram	120 gram	0,125%
Hopper 4			
No.	Pembacaan Sensor	Alat Ukur	Error
1	585,09 gram	585 gram	0,01%
2	120,24 gram	120 gram	0,1%
Hopper 5			
No.	Pembacaan Sensor	Alat Ukur	Error
1	585,34 gram	585 gram	0,05%
2	119,76 gram	120 gram	-0,2%

diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahan baku. Pengukuran yang dilakukan oleh *load cell* menggunakan prinsip tekanan. Kabel merah adalah *input* tegangan sensor. Kabel hitam adalah *input ground* sensor. Kabel hijau adalah *output* positif sensor. Kabel putih adalah *output ground* sensor.

G. Arduino Mega 2560

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah Board Arduino yang menggunakan ic *microcontroller* ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital *input* / *output*, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai *output* PWM, 16 buah analog *input*, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16. Mhz Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan *power* dari USB ke PC / laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC [3].

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

A. Diagram Blok Kontrol

Pada Gambar 2, menjelaskan blok diagram kontrol mesin *premix* roti manis. Dimana *input* sebagai berat bahan baku dari setiap *hopper* mesin *premix* roti manis. *Input* di kontrol oleh kontroler PID guna mendapatkan hasil yang akurat sesuai *set point*. Selanjutnya kontroler PID memerintahkan *driver* motor *stepper* untuk menggerakkan katup pada setiap *hopper*. Umpan balik yang terjadi pada proses ini di bantu oleh sensor berat. Berat dipengaruhi oleh posisi motor *stepper*, hubungannya ke aliran bahan baku yang keluar dari *hopper*. Dikarenakan tidak ada *flowmeter* khusus bahan baku sejenis tepung, maka penulis mengambil data perhitungan dari data percobaan nilai sudut motor yang menghasilkan berat setiap detiknya. Seperti pada Tabel 2.

Untuk menguji hasil keluaran bahan baku pada masing-masing katup *hopper*, maka penulis melakukan percobaan dengan menggeser katup *hopper* berdasarkan nilai sudut *gear* yang terhubung pada mekanik *sledding hopper*.

B. Perancangan Kontrol PID

Nilai posisi motor yang digunakan sebagai perhitungan pada metode *ziegler nichols* 1 yaitu 100 *step*. Berdasarkan metode *ziegler nichols* ke-1, sebelum melakukan *tunning* PID dengan metode S harus mendapatkan kurva tanggapan *plant* bertujuan untuk memperoleh hasil waktu tunda dan konstanta waktu. Dengan pemodelan motor *stepper*, maka dapat menghasilkan nilai *transfer function* untuk memperoleh kurva tanggapan *plant*. Model matematis, sebagai berikut:

$$B = \frac{R}{2\omega L} \tag{2}$$

$$B = \frac{0,80}{2 \times 3,2 \times 3,80 \cdot 10^{-3}}$$

$$B = 32,89$$

$$\frac{\theta}{V} = \frac{0,83}{(Js+B)(Ls+R)+K2} \tag{3}$$

$$\frac{\theta}{V} = \frac{0,83}{(1,15 \times 10^{-7} + 32,89)(3,80 \cdot 10^{-3} + 0,80) + 0,688}$$

$$\frac{\theta}{V} = \frac{0,83}{(1,15 + 32,89)(3,80 \cdot 10^{-3} + 0,80) + 0,688}$$

$$\frac{\theta}{V} = \frac{0,83}{27,36 + 0,688}$$

Perhitungan nilai *transfer function*, mengacu pada *datasheet* motor *stepper* yang digunakan. Dilanjutkan untuk mendapatkan grafik *tunning* dari nilai *transfer function* tersebut, yang nantinya dijadikan dasar penentuan nilai dari metode *ziegler nichols* 1.

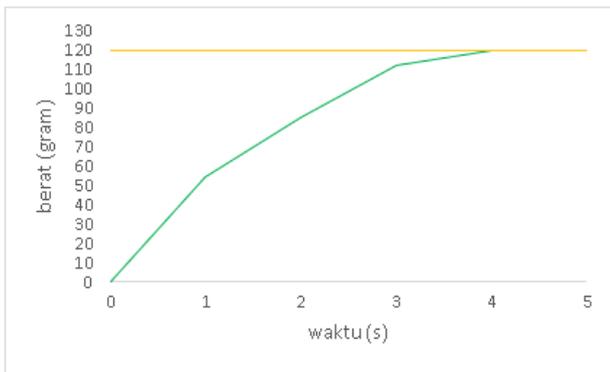
Dengan prinsip dasar perhitungan nilai PID, sebagai berikut:

$$v(t) = (kp \cdot e(t) + \int e(t).dt + ke \cdot \frac{de(t)}{dt}) + b \tag{4}$$

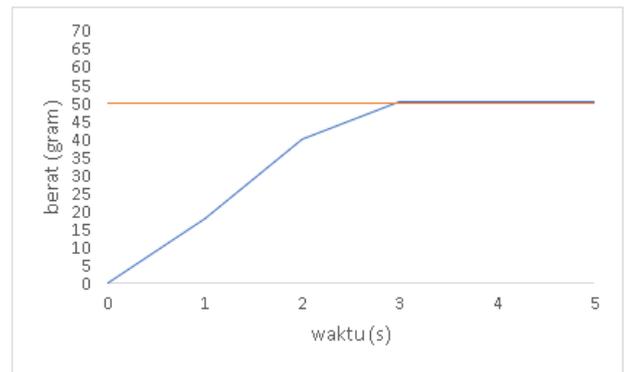
Berdasarkan parameter P,I,D dari metode *ziegler nichols* ke-1. Langkah awal adalah mencari nilai *a* dengan melihat hasil nilai waktu tunda (L) dan waktu konstan (T). Persamaan nya adalah sebagai berikut :

$$a = \frac{T}{L} \tag{5}$$

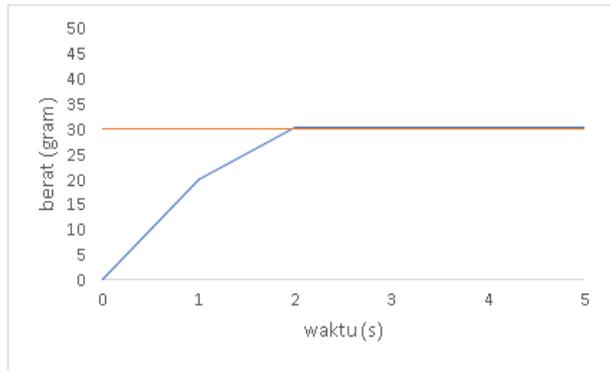
$$L = 2,09 \text{ s}$$



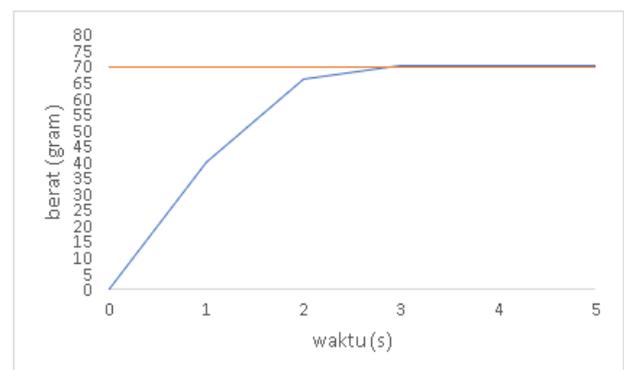
Gambar 8. Respons Sistem Hopper 1.



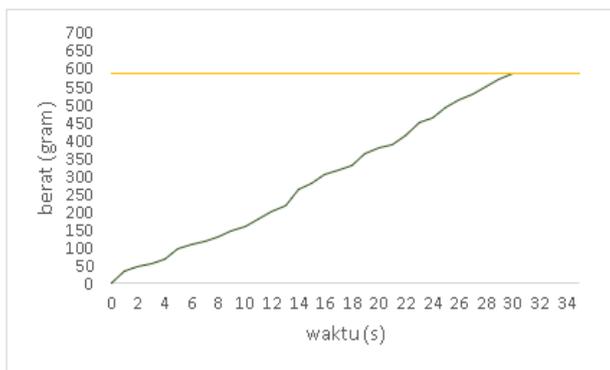
Gambar 11. Respons Sistem Hopper 4.



Gambar 9. Respons Sistem Hopper 2.



Gambar 12. Respons Sistem Hopper 5.



Gambar 10. Respons Sistem Hopper 3.

$$T = 41,2 - L$$

$$T = 39,17 \text{ s}$$

Maka,  $a = \frac{39,17}{2,09} = 18,74 \text{ s}$

Setelah mengetahui nilai  $a$ , langkah selanjutnya adalah menentukan nilai PI dan PID dari parameter *ziegler nichols* ke-1. Seperti pada Tabel 3.

Dari Tabel 3. didapatkan parameter *Ziegler Nichols* ke-1 dengan persamaan :

$$K_i = K_p \cdot \frac{1}{T_i} \tag{6}$$

$$K_d = K_p \cdot T_d \tag{7}$$

Maka, nilai  $K_p = 22,5$ ,  $K_i = 5,37$ ,  $K_d = 23,5$ . Setelah mendapatkan parameter PID, selanjutnya melakukan *tunning* seperti pada Gambar 3.

Dari pengujian PID pada implementasi sistem, di dapatkan grafik respons yang kurang sesuai atau melebihi batas *set point*. Sehingga penulis mencoba mengganti nilai parameter,

menjadi  $K_p = 1,55$ ,  $K_i = 15,8$ ,  $K_d = 0$ . Hasil respons parameter PI yang dilakukan dengan mencoba mengganti nilai parameter sampai mendapatkan respons grafik yang sesuai di sampaikan pada bab pengujian *hopper 1 – hopper 5*.

### C. Mesin Premix Roti Manis

Mesin *premix* roti manis memiliki dimensi keseluruhan 200cm x 40cm x 170cm. Seperti pada Gambar 4, mesin *premix* roti manis dilengkapi dengan 5 bagian mekanik *hopper*, yang masing-masing bagian memiliki fungsi perbedaan letak bahan baku, yang terdiri dari bahan baku gula, garam, susu bubuk, bubuk penghalus dan bubuk pelembut. Masing-masing mekanik *hopper* memiliki dimensi tinggi yang berbeda, sesuai Gambar 4 dimulai dari kiri, terdapat panel kontrol, bergeser ke kanan merupakan mekanik *hopper 1* dengan dimensi tinggi 150cm, mekanik *hopper 2* dimensi tinggi 120cm, mekanik *hopper 3* dimensi tinggi 90cm, mekanik *hopper 4* dimensi tinggi 60cm dan mekanik *hopper 5* dimensi tinggi 50 cm.

Pada setiap mekanik *hopper*, ada beberapa bagian sensor dan *aktuator* guna memperlancar produksi *premix* roti manis. Pada Gambar 5 merupakan posisi letak *servo* pengayak, bertujuan untuk memperlancar keluarnya bahan baku dari *hopper*.

Rancangan untuk mengeluarkan bahan baku dari *hopper*, dibuat model berupa *sledding* yang di gerakkan oleh motor *stepper Nema 23*, sesuai dengan apa yang penulis teliti di buku ini. Gambaran penempatan motor *stepper* dengan mekanik *sledding*. Ketika bahan baku keluar dari *hopper* akan langsung masuk ke tahap pengukuran berat yang di bantu dengan sensor *loadcell* 1 Kg, seperti pada Gambar 6. Pada mekanik sensor berat ini dilengkapi dengan motor *servo* guna mengarahkan tempat bahan baku tersebut menuju jalur pencampuran bahan baku.

#### IV. HASIL DAN ANALISA

##### A. Pengujian Sensor Berat

Pengujian ini mengacu pada kapasitas sensor yaitu 0 gram - 1000 gram, sehingga kelima sensor berat ini mendapatkan tabel pengujian sesuai bahan baku yang nantinya dipakai pada produksi *premix* roti manis. Pengujian ini mendapatkan hasil sesuai Tabel 4.

##### B. Pengujian Metode On-Off

Pada Gambar 7, dari grafik percobaan antara berat dan waktu berdasarkan nilai sudut motor 100 *step*. Dengan melakukan percobaan pada kelima *hopper*. *Hopper* 1 memiliki *set point* 120 gram, *hopper* 2 memiliki *set point* 30 gram, *hopper* 3 memiliki *set point* 585 gram, *hopper* 4 memiliki *set point* 50 gram dan *hopper* 5 memiliki *set point* 70 gram.

Perkiraan waktu produksi pada *hopper* 1 yaitu 3 detik, pada *hopper* 2 yaitu 2 detik, pada *hopper* 3 yaitu 31 detik, pada *hopper* 4 yaitu 3 detik dan pada *hopper* 5 yaitu 3 detik.

##### C. Pengujian Metode PID Hopper 1

Setelah mendapatkan nilai parameter PI, dengan nilai  $K_p = 1,55$  dan nilai  $K_i = 15,8$ . Maka pada pengujian *hopper* 1, dengan *set point* sebesar 120 gram. Mendapatkan respons sistem seperti pada Gambar 8.

Setelah melakukan *tunning* parameter PI, maka didapatkan nilai *overshoot*, *time settling*, *error steady state* dan *rise time* sebagai berikut :

1. Persentase *Overshoot* = 0 %
2. *Settling Time* = 3 s
3. *Rise Time* = 1 s
4. *Error Steady State* = 0,1%

##### D. Pengujian Metode PID Hopper 2

Setelah mendapatkan nilai parameter PI, dengan nilai  $K_p = 1,55$  dan nilai  $K_i = 15,8$ . Maka pada pengujian *hopper* 2, dengan *set point* sebesar 30 gram. Mendapatkan respons sistem seperti pada Gambar 9.

Setelah melakukan *tunning* parameter PI, maka didapatkan nilai *overshoot*, *time settling*, *error steady state* dan *rise time* sebagai berikut :

1. Persentase *Overshoot* = 0 %
2. *Settling Time* = 1,5 s
3. *Rise Time* = 1 s
4. *Error Steady State* = 0,2%

##### E. Pengujian Metode PID Hopper 3

Setelah mendapatkan nilai parameter PI, dengan nilai  $K_p = 1,55$  dan nilai  $K_i = 15,8$ . Maka pada pengujian *hopper* 3, dengan *set point* sebesar 585 gram. Mendapatkan respons sistem seperti pada Gambar 10.

Setelah melakukan *tunning* parameter PI, maka didapatkan nilai *overshoot*, *time settling*, *error steady state* dan *rise time* sebagai berikut :

1. Persentase *Overshoot* = 0 %
2. *Settling Time* = 29 s
3. *Rise Time* = 1 s
4. *Error Steady State* = 0,2%

##### F. Pengujian Hopper 4

Setelah mendapatkan nilai parameter PI, dengan nilai  $K_p = 1,55$  dan nilai  $K_i = 15,8$ . Maka pada pengujian *hopper* 4,

dengan *set point* sebesar 50 gram. Mendapatkan respons sistem seperti pada Gambar 11.

Setelah melakukan *tunning* parameter PI, maka didapatkan nilai *overshoot*, *time settling*, *error steady state* dan *rise time* sebagai berikut :

1. Persentase *Overshoot* = 0 %
2. *Settling Time* = 2,5 s
3. *Rise Time* = 1 s
4. *Error Steady State* = 0,4%

##### G. Pengujian Hopper 5

Setelah mendapatkan nilai parameter PI, dengan nilai  $K_p = 1,55$  dan nilai  $K_i = 15,8$ . Maka pada pengujian *hopper* 5, dengan *set point* sebesar 70 gram. Mendapatkan respons sistem seperti pada Gambar 12.

Setelah melakukan *tunning* parameter PI, maka didapatkan nilai *overshoot*, *time settling*, *error steady state* dan *rise time* sebagai berikut :

1. Persentase *Overshoot* = 0 %
2. *Settling Time* = 2,5 s
3. *Rise Time* = 1 s
4. *Error Steady State* = 0,3%

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Dari penelitian proyek akhir ini, penulis mendapatkan beberapa kesimpulan. Kesimpulan pertama, hasil pengujian pada metode *on-off*, dilakukan percobaan pada posisi 100 *step* dan 200 *step* untuk mengatur posisi katup *hopper*, hasil respons sistem yang sesuai yaitu pada posisi 100 *step*.

Kesimpulan yang kedua, hasil pengujian kontroler PID dengan menggunakan nilai  $K_p = 22,5$ ,  $K_i = 5,37$ ,  $K_d = 23,5$ . Sebagai kontrol posisi katup *hopper*, menghasilkan respons sistem yang belum sesuai karena hasil takaran bahan baku melebihi nilai *set point* yang sudah ditentukan yaitu 50 gram.

Kesimpulan yang ketiga, hasil pengujian kontroler PI dengan menggunakan nilai  $K_p = 1,55$ ,  $K_i = 15,8$ . Sebagai kontrol posisi katup *hopper*, menghasilkan respons sistem yang baik karena dapat menghasilkan takaran berat sesuai dengan *set point* yang diberikan.

Kesimpulan yang keempat, penelitian terkait kontrol motor *stepper* pada mesin *premix* roti manis, menggunakan metode *on-off* mendapat nilai *error* pada produksi sebesar 0,8%. Ketika menggunakan metode PI mendapat nilai *error* pada bahan baku sebesar 0,2%.

##### B. Saran

Penelitian proyek akhir ini masih banyak memiliki kelemahan. Untuk memperbaiki pengembangan alat lebih lanjut, diperlukan beberapa hal. Yang pertama dari segi mekanik, sebaiknya perlu perbaikan dari segi kerangka mesin *premix* roti manis. Supaya dimensi yang dihasilkan bisa proporsional dan efektif.

Dari segi elektrik, sebaiknya diperlukan penyempurnaan supaya ketika kerangka besi tersentuh oleh manusia tidak menyengat.

Dari segi *software*, sebaiknya perlu adanya metode kontroler lain. Tujuannya sebagai pembandingan apakah metode yang baru lebih baik atau masih kurang daripada metode PID.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ridhamuttaqin, A. Trisanto, and E. Nasrullah, "Rancang bangun model sistem pemberi pakan ayam otomatis berbasis fuzzy logic control," *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 3, p. 13, 2013, doi: <https://doi.org/10.23960/elc.v7n3.124>.
- [2] I. Y. Suja'i, E. Kurniawan, and D. Riyanto, "Rancang bangun sistem pencampur dan pengaduk pakan ternak sapi otomatis," *Komputek J. Tek. Univ. Muhammadiyah Ponorogo*, vol. 4, no. 1, pp. 11–19, 2020.
- [3] H. M. Amaro, B. A. Ikawanty, and D. Dewatama, "Kontrol kecepatan putar motor pada proses pembuatan arum manis dengan Metode PID," *J. Elkolind*, vol. 5, no. 1, p. 6, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v5i1.124>.
- [4] A. Hardiansyah, T. Winarno, and A. Komarudin, "Kontrol kecepatan motor pelontar Robot Abu Robocon 2017 dengan Metode PID," *J. Elkolind*, vol. 5, no. 2, p. 6, 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v5i2.130>.
- [5] R. Bindu and M. K. Namboothiripad, "Tuning of PID controller for DC servo motor using genetic algorithm," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 310–314, 2012, [Online]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.413.4779&rep=rep1&type=pdf>.