

Aplikasi Kendali PID Pada Putaran Motor Grinding Kopi Biji Kurma Berbasis Mikrokontroler

Isposari Sendikadisnu, Sungkono, Bambang Priyadi

Abstrak — Kurma adalah buah yang kaya akan nutrisi dan digunakan untuk bahan baku pada industri pengolahan buah kurma, serta menghasilkan hasil samping berupa biji kurma yang masih banyak dibuang dan tidak diolah oleh industri tersebut. Namun biji kurma memiliki potensi salah satunya dapat diolah sebagai bubuk kopi. Pemanfaatan biji kurma dibutuhkan sebuah sistem yang mampu mengolah biji kurma menjadi bubuk kopi. Pada pembuatan bubuk kopi, biji kurma yang sudah disangrai dihaluskan menggunakan mesin penggiling yang berpenggerak motor, input sistem ini berupa *switch*, *keypad* dan *rotary encoder*. *Switch* digunakan untuk mengaktifkan seluruh sistem. Prinsip kerja dari alat penggiling kopi biji kurma, *keypad* berfungsi untuk memasukkan nilai *setpoint*, input tersebut akan diproses oleh mikrokontroler Atmega 32 menggunakan kontrol PID, yang pengaturan nilai K_p , K_i , dan K_d menghasilkan pengontrolan kecepatan motor DC agar konstan terhadap perubahan beban pada mesin penggiling kopi biji kurma. Sedangkan sensor *rotary encoder* berfungsi untuk membaca kecepatan putaran motor DC pada mesin grinding, yang kemudian akan ditampilkan pada LCD. Perancangan kontroler PID menggunakan metode *Ziegler Nichols II* menghasilkan nilai $K_p=0.18$, $K_i=0.24$ dan $K_d=0.03375$. Hasil yang didapatkan antara lain *rise time* (tr) sebesar 0,5 s, *settling time* (ts) 3,75s, *peak time* (tp) sebesar 1,5 s dan *Maximum overshoot* (Mo) sebesar 7,99% pada set point 1000 rpm serta hasil pengujian kecepatan *grinding* untuk beban yang berbeda menghasilkan *error* sebesar 5,125% dan optimal berkerja pada beban 50 gr.

Kata kunci : biji kurma, PID, mikrokontroler

I. PENDAHULUAN

Kopi biji kurma merupakan terobosan baru dunia kuliner minuman jenis kopi yang saat ini semakin digemari karena rasanya yang khas. Kopi biji kurma adalah kopi yang terbuat dari biji buah kurma yang telah di keringkan. Biji kurma mengandung vitamin dan serat yang tinggi dan dapat menjadi sumber alternatif serat (*ditary fiber*) yang prospektif di bandingkan dengan dedak gandum sehingga dapat memberikan kontribusi yang berharga untuk panganan berserat. Pada pembuatan bubuk kopi, biji kurma yang sudah di sangrai di haluskan menggunakan mesin penggiling yang berpenggerak motor.

Akan tetapi mesin penggiling menggunakan motor ini memiliki beberapa kelemahan karena apabila beban yang harus digiling bertambah, maka akan mempengaruhi kecepatan motor yang digunakan pada proses penggilingan.

Oleh karena itu perlu dikembangkan sebuah alat penggilingan kopi biji kurma yang diimplementasikan dengan kontrol PID. Keunggulan dari alat yang dibuat yaitu dapat mengendalikan dan menjaga kecepatan motor penggiling supaya konstan dengan set point yang diinginkan. Sehingga dapat menjadi alternatif solusi pada mesin penggiling yang umumnya digunakan saat ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biji Kurma

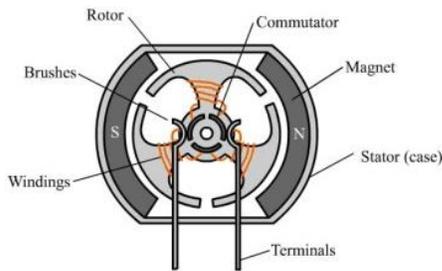
Biji kurma adalah bagian komponen buah kurma yang memiliki 6.10-11.47% dari keseluruhan buah kurma. Di beberapa negara, biji kurma jadi masalah utama terhadap industri pengolahan tersebut karena biji kurma hanya menjadi limbah. Pemanfaatan limbah biji kurma semakin berkembang bukan hanya sebagai bahan makanan tambahan bagi hewan ternak. Di Arab, limbah biji kurma dimanfaatkan untuk membuat minuman kopi bebas kafein

Biji kurma berpotensi digunakan sebagai bahan pangan bagi manusia. Hal tersebut dapat dilihat dari komposisi yang terdapat pada biji kurma yang mengandung 72 - 73.4% karbohidrat, 5 - 6,5% protein, dan 9,9 - 13,6% lemak.

Biji kurma mengandung vitamin dan serat (*dietary fibre*) dengan persentase yang tinggi sebesar 6,5 - 11,6%. Vitamin dan serat tersebut sangat baik untuk kesehatan. sehingga cukup baik untuk dijadikan produk pangan yang sehat.

2.2 Motor DC

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengonversikan energi listrik arus searah menjadi energi mekanis.

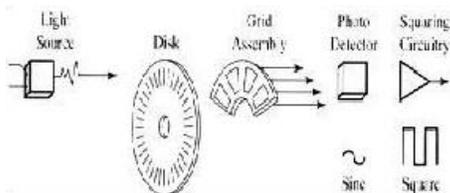


Gambar 1 Konstruksi Motor DC

Konstruksi motor DC seperti pada gambar 1 tersusun dari terminal, *brushes* (sikat), komutator, rotor, *windings* (lilitan atau kumparan yang terdapat pada jangkar atau rotor), magnet, dan stator. Terminal motor terdiri atas 2 bagian yaitu terminal positif (+) dan negatif (-) yang berfungsi sebagai penghubung sumber energi listrik searah dengan motor DC. Stator merupakan *body* atau badan motor yang didalamnya terdapat magnet kutub utara (*north*) dan magnet kutub selatan (*south*), dimana medan magnetik selalu mengarah ke kutub selatan. *Brushes* menyalurkan arus dari sumber energi listrik menuju kumparan rotor yang selanjutnya rotor dan komutator berputar sesuai kaidah tangan kiri Fleming. Komutator berputar karena komutator sendiri adalah bagian dari rotor yang terhubung pada *brushes*.

2.3 Sensor Rotary Encoder

Rotary encoder umumnya menggunakan sensor *optic* untuk menghasilkan *serial pulsa* yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi dan arah. Sehingga posisi sudut poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot, motor *driver* dan sebagainya.



Gambar 2. Rotary Encoder

Pada gambar 2 menjelaskan prinsip kerja dari *Rotary Encoder*. *Rotary Encoder* adalah suatu lempengan berbentuk lingkaran yang disalah satu busurnya mempunyai celah, dan celah ini yang dimanfaatkan sebagai tempat untuk memutus sinyal yang diberikan dalam bentuk cahaya, karena lempengan ini diletakkan di tengah antara sumber cahaya dan juga penerima cahaya, ini artinya setiap lubang itu berputar dalam satu kali periode putaran penuh, tentunya sumber cahaya akan mengenai penerima cahaya, waktu yang diperlukan lempengan ini dalam berputar untuk mengenai cahaya inilah yang akan kita pakai dalam perhitungan dalam menentukan kecepatan putaran.

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah system komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip IC*, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*.

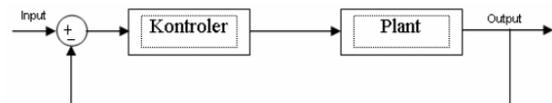
Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Elemen mikrokontroler tersebut diantaranya Pemroses (*processor*), Memori, *Input* dan *output*.

(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	E \bar{A} /VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 3 Skema Mikrokontroler

2.5 Kontrol PID

Kontrol PID adalah sistem kontrol gabungan antara kontrol *Propotional*, *Integral* dan *Derivative*. Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing masing *controller Propotional*, *Integral* dan *Derivative* dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara parallel menjadi kontroler *Propotional plus Integral plus Derivative* (kontroler PID). Elemen – elemen kontroler P, I dan D masing – masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghasilkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar [9].



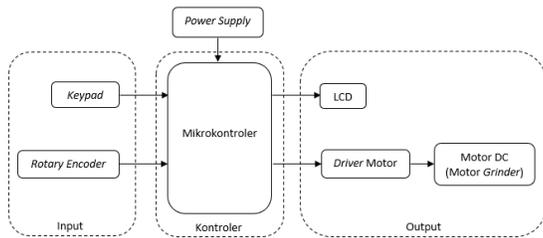
Gambar 4 Blok Diagram Sistem Kontrol PID [10]

III. METODE PENELITIAN

3.1. Spesifikasi Alat

- Dimensi Tabung
 - Tinggi : 60 cm
 - Panjang : 55 cm
 - Bahan : *Stainless steel*
- Sensor : *Rotary Encoder*
- Processor* : ATmega32
- Actuator* : Motor DC 220 VDC
- Display* : LCD 16 x 2
- Tegangan Kerja
 - Mikrokontroler : 4,8 Volt DC
 - Aktuator : Motor DC 220V
- Kapasitas : 200 gr

3.2. Diagram Blok Alat

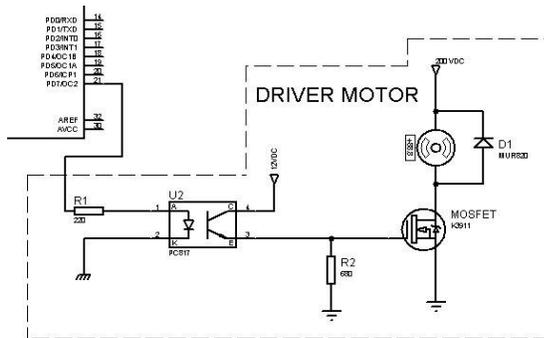


Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari pengontrolan putaran motor DC untuk grinding kopi biji kurma, biji kurma yang sudah di sangrai langsung disalurkan melalui manual valve ke tabung grinding untuk memulai proses grinding biji kurma. Input berupa switch, dan sensor kecepatan rotary encoder. Switch berfungsi untuk mengaktifkan seluruh sistem kerja dari alat grinding kopi biji kurma.

Keypad berfungsi untuk memasukkan nilai set point, inputan tersebut akan diolah oleh kontroler berupa mikrokontroler Atmega 32 dengan menggunakan logika PID, dimana pengaturan nilai Kp, Ki, dan Kd dapat menghasilkan pengendalian kecepatan motor DC supaya konstan terhadap perubahan beban pada mesin grinding kopi biji kurma. Sedangkan sensor rotary encoder sendiri berfungsi untuk membaca kecepatan putaran motor DC pada mesin grinding yang kemudian akan ditampilkan oleh LCD.

3.3 Perancangan Driver Motor DC



Gambar 6. Driver Motor DC

Pada gambar 6 dapat dilihat rangkaian driver motor memanfaatkan masukan arus searah. Tegangan yang dibutuhkan motor adalah 200 V maka driver mosfet dibuat 1,5 kali dari tegangan motor dikarenakan jika dibuat sama dengan tegangan motor mosfet akan rawan rusak ketika terjadi tegangan balik dari motor, dengan perhitungan $200 \times 1,5 = 300$ V sehingga dibutuhkan mosfet dengan spek ± 300 V

Untuk kemampuan arus mosfet, sesuai dengan kemampuan sesuai dengan kemampuan motor dengan arus 2,1 A (name plate). Maka mosfet dibuat 3x dari arus motor yaitu 6,3 A. Sehingga dibutuhkan mosfet dengan spek 300V, 6,5A. hal ini terjadi karena motor pada saat diam memiliki momen inersia sehingga untuk mengalahkan momen inersia ini dibutuhkan arus yang besar. Sesuai yang ada dipasaran yaitu

menggunakan mosfet seri K3911 dengan spesifikasi 600V, 15A.

Berdasarkan hasil pengukuran pin Atmega didapat nilai VOH ATmega sebesar 4.6V dan arus output ATmega sebesar 4mA sampai 20 mA. Untuk menentukan nilai R1 pada rangkaian driver motor DC ini dapat di hitung dengan persamaan :

$$VF_{PC817} = 1.2V \text{ (datasheet)}$$

$$IF = 15mA$$

$$R1 = \frac{V_{oh} - VF}{IF} \dots \dots \dots (1)$$

$$R1 = \frac{4.6 - 1.2}{15 \text{ mA}}$$

$$R1 = 226 \Omega$$

Berdasarkan nilai perhitungan nilai R1 sebesar 226Ω. Karena dengan nilai resistor tersebut tidak ada dipasaran maka menggunakan resistor yang mendekati yaitu 220Ω. Sedangkan untuk menentukan nilai R2 pada rangkaian driver motor DC ini dapat di hitung dengan persamaan :

$$V_{ce_{PC817}} = 0.6 \text{ (datasheet)}$$

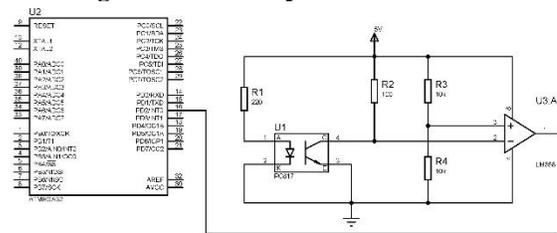
$$R2 = \frac{VCC - V_{ce}}{\left(\frac{Ic \text{ max}}{3}\right)} \dots \dots (2)$$

$$R2 = \frac{12 - 0.6}{16,6 \times 10^{-3}}$$

$$R2 = 686 \Omega$$

Rumus $\frac{Ic \text{ max}}{3}$ bertujuan untuk menjaga kemampuan transistor saat bekerja karena saat Ic dalam kondisi maksimum maka transistor mudah panas. Berdasarkan nilai perhitungan nilai R2 sebesar 686Ω. Karena dengan nilai resistor tersebut tidak ada dipasaran maka menggunakan resistor yang mendekati yaitu 680Ω.

3.5 Perancangan Sensor Kecepatan



Gambar 7. Rangkaian Rotary Encoder

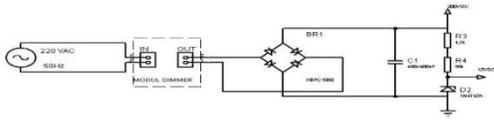
Sensor kecepatan yang digunakan adalah modul rotary encoder. Sensor digunakan untuk membaca kecepatan putar motor selama proses pengadukan. Rotary encoder terhubung dengan mikrokontroler dan rotary encoder akan memberikan input kepada mikrokontroler berupa pulsa. Rotary encoder bekerja dengan menggunakan cahaya dari LED, cahaya dari LED akan mengenai photodetector saat cahaya tersebut melewati slot-slot yang berada pada disc encoder.

Pada alat ini, sensor rotary encoder dihubungkan dengan grinding. Cara yang dilakukan adalah dengan memasang piringan (disc) pada bagian axle grinding yang berputar. Disc harus dipasang dengan kuat untuk mencegah disc terlepas saat berputar dengan kecepatan tinggi.

Bagian lain pada rotary encoder adalah transmitter dan receiver infra merah yang dipasang mengapit disc, seperti

halnya rem cakram pada sepeda motor. Selanjutnya port GND dihubungkan dengan *grounding*, port VCC dihubungkan dengan 12 Volt dan port D0 dihubungkan dengan pin *interrupt* pada mikrokontroler (port D2)

3.6 Perancangan Penyearah Tegangan



Gambar 8. Perancangan Rangkaian Penyearah Tegangan

Pada gambar 8 modul *dimmer* digunakan sebagai pengatur besar kecilnya tegangan AC yang akan disearahkan. Menggunakan modul *dimmer* yang ada di pasaran dengan spek 2000 watt dan pada trimpod tegangan AC di set sebesar 140V sesuai dengan persamaan berikut :

Spek motor : 200VDC
 VAC : tegangan setelah *dimmer*
 VDC : tegangan setelah disearahkan

$$VAC = \frac{VDC}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots(3)$$

$$VAC = \frac{200V}{\sqrt{2}}$$

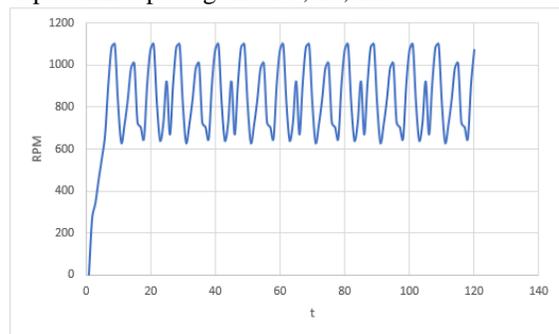
$$VAC = 141V$$

Maka tegangan modul *dimmer* di set 141VAC agar setelah disearahkan tegangan menjadi 200VDC sehingga sesuai dengan spek motor DC

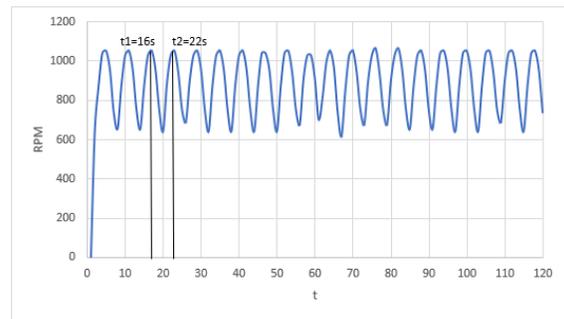
Dioda bridge yang digunakan adalah KBPC1060 dengan spek 10 ampere 600 volt yang difungsikan sebagai sebuah penyearah dari tegangan AC pada *dimmer* ke DC. Kapasitor dengan spek 450V 400uF digunakan sebagai filter tegangan.

3.7 Perancangan Sistem Kontrol PID

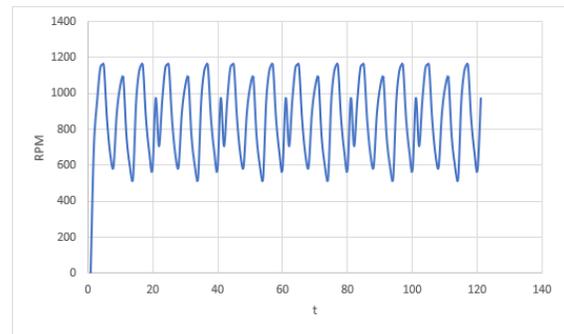
Perancangan PID dilakukan untuk menentukan nilai Kp, Ki dan Kd dari *plan* yang terkontrol, perancangan dilakukan dengan memberi masukan berupa unit step pada *plan* sehingga didapatkan respon. Dari respon tersebut dapat dilihat kurva respon berupa kurva S atau osilasi. Apabila respon berupa kurva S maka digunakan metode *Zieger Nichlos I* dan apabila respon berupa osilasi maka digunakan metode *Zieger Nichlos II*. Dari hasil pemberian respon sistem dengan menggunakan Kp 0.2, 0.3, dan 0.4 didapatkan hasil respon sistem pada yang dapat dilihat pada gambar 9, 10, 11.



Gambar 9. Grafik Pengujian Sistem Nilai Kp = 0.2 Dengan Set Point 1.000 rpm



Gambar 10. Grafik Pengujian Sistem Nilai Kp = 0.3 Dengan Set Point 1.000 rpm



Gambar 11. Grafik Pengujian Sistem Nilai Kp = 0.4 Dengan Set Point 1.000 rpm

Pada gambar grafik 10 dengan nilai Kp = 0,3 merupakan sistem osilasi yang baik dan sesuai dengan perancangan PID metode *Zieger-Nichlos II* dibandingkan dengan gambar 9 dengan nilai Kp = 0,2 dan dengan gambar 11 dengan nilai kp = 0,4. Sesuai dengan aturan tuning PID nilai Kp yang didapat digunakan untuk mencari nilai Pcr. Nilai Pcr diambil dari selisih waktu antara gelombang yang mempunyai amplitudo yang sama yaitu t1 dan t2 sesuai pada gambar grafik 10.

Tabel 1 Tuning PID *Zieger Nichlos II*

Kontroler	Kp	Ti	Td
P	0,5 Kcr	~	0
PI	0,45 Kcr	Pcr/1,2	0
PID	0,6 Kcr	Pcr/2	0,125 Pcr

Dari gambar 10 diperoleh nilai sebagai berikut :

ts (*time sampling*) = 0,25s
 Kp = Kcr = 0,3
 Pcr = (t2 - t1) x ts
 Pcr = (22s - 16s) x 0,25s
 Pcr = 6s x 0,25
 Pcr = 1,5s

t1 = nilai waktu pertama yang memiliki gelombang amplitudo yang sama
 t2 = nilai waktu kedua yang memiliki gelombang amplitudo yang sama

Dari nilai Kcr dan Pcr diperoleh nilai Kp, Ki, dan Kd menurut tabel 1 sebagai berikut :

Kp = 0,6 x Kcr
 = 0,6 x 0,3
 = 0,18
 Ti = 0,5 x Pcr
 = 0,5 x 1,5
 = 0,75

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{0,18}{0,75} = 0,24$$

$$T_d = 0,125 \times P_{cr} = 0,125 \times 1,5 = 0,1875$$

$$K_d = K_p \times T_d = 0,18 \times 0,1875 = 0,03375$$

Jadi dapat diperoleh perhitungan melalui Tuning PID Ziegler Nichols II dengan nilai $K_p = 0.18$, $K_i = 0.24$, dan $K_d = 0.03375$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Rotary Encoder

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor rotary encoder dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai set point melalui program pada mikrokontroler yang selanjutnya melihat dan membandingkan besar kecepatan motor yang terlihat pada LCD dengan pembacaan pada tachometer. Dengan menggunakan tachometer sebagai pembanding maka error sensor dapat diketahui. Sensor rotary encoder terdiri dari 4 buah pin yaitu Vcc, Gnd, D0, dan A0. Pin D0 dari sensor rotary encoder dihubungkan dengan pin dari mikrokontroler (PORT D2).

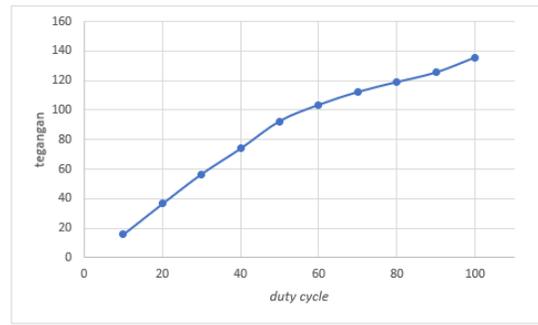
Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Sensor Rotary Encoder

Sample	Sensor (rpm)	Tachometer (rpm)	Error (%)
1	500	496	0,8
2	550	549	0,18
3	600	597	0,05
4	650	649	0,15
5	700	700	0
6	750	751	0,13
7	800	802	0,25
8	850	850	0
9	900	905	0,5
10	950	950	0
11	1000	999	0,1
		Rata rata	0,2372

Hasil pengujian dari tabel 2 menunjukkan bahwa perbandingan antara sensor rotary encoder dengan pembacaan tachometer didapatkan hasil error rata rata 0,2372%.

4.2 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pengujian Driver Motor dilakukan dengan cara mengatur lebar pulsa (duty cycle) melalui program pada mikrokontroler dan melihat tegangan keluaran pada motor.



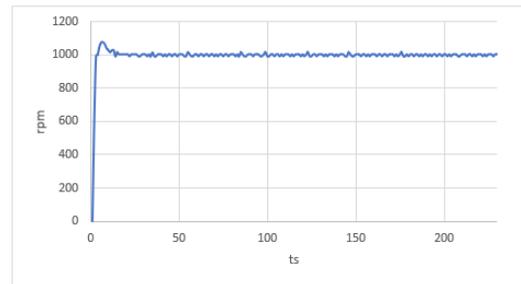
Gambar 12. Grafik Hubungan Duty Cycle Dan Tegangan Motor

Hasil pengujian dari gambar 12 menunjukkan bahwa perubahan duty cycle yang diberikan pada driver motor memberikan pengaruh pada tegangan motor, meskipun perubahan tidak linier.

Semakin besar duty cycle semakin besar pula kecepatan motor begitu sebaliknya semakin kecil duty cycle semakin kecil pula kecepatan motor dikarenakan arus yang mengalir ke motor berubah mengikuti tegangan pada motor.

4.3 Pengujian Performa Kontrol PID Tanpa Beban

Pengujian performa kontrol PID tanpa beban dilakukan dengan memasukkan nilai K_p , K_i , dan K_d yang telah diperoleh pada perancangan Ziegler Nichols II, yaitu $K_p=0.18$, $K_i = 0.24$ dan $K_d = 0,03375$, serta setpoint 1000 rpm.



Gambar 13. Grafik Respon Hasil Perhitungan PID

Dari nilai parameter kontroler Ziegler Nichols II yang telah diterapkan pada gambar 12, didapatkan respon sistem yang dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3 Karakteristik Respon Dengan Ziegler Nichols

No.	Spesifikasi	Hasil
1	Delay Time	0.25 detik
2	Rise Time	0.5 detik
3	Peak Time	1,5 detik
4	Maximum overshoot	7,99%
5	Settling time	3,75 detik

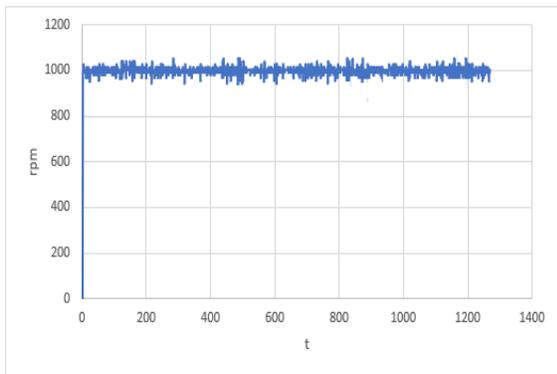
Pada gambar 12 dari pengujian sistem kendali motor dengan setpoint kecepatan sebesar 1000 rpm, respon yang dihasilkan oleh sistem menunjukkan bahwa bentuk ripple yang dihasilkan beresilasi pada kecepatan motor antara 1000 rpm.

Berdasarkan pada tabel 3 dengan mengimplementasi kontrol PID menunjukan bahwa nilai peak time 1,5 detik, settling time dengan nilai 3,75 detik dan memiliki nilai rise time sebesar 0,5 detik serta memiliki *maximum overshoot* sebesar 7,99%

4.4 Pengujian Performa Kontrol PID dengan Beban

Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan set point pada *keypad*. Setelah memasukkan nilai Kp, Ki dan Kd berdasarkan perhitungan *Ziegler Nichols II* Kecepatan akan terkontrol oleh kontrol PID agar sesuai dengan set point. Nilai Kp yang digunakan adalah 0,18, Ki adalah 0,24 dan nilai Kd adalah 0,03375. Set point yang digunakan adalah 1000 rpm dan ada perbedaan beban yang diberikan juga yaitu 50gr, dan 200gr biji kurma

1. Beban 50gr dengan set point 1000 rpm



Gambar 14. Grafik Respon Kecepatan Terhadap Beban 50gr

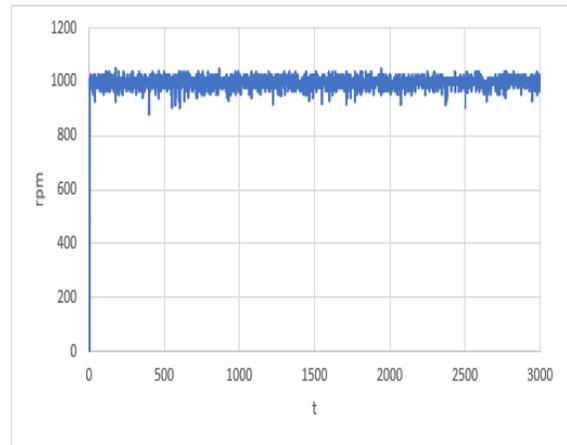
Berdasarkan hasil pengambilan data yang telah diplotkan dalam gambar 14, dapat dianalisa respon sistemnya yang dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 4 Karakteristik Respon Dengan *Ziegler Nichols*

No.	Spesifikasi	Hasil
1	<i>Delay Time</i>	0,35 detik
2	<i>Rise Time</i>	0.5 detik
3	<i>Peak Time</i>	1 detik
4	<i>Maksimum overshoot</i>	2.85%
5	<i>Settling time</i>	2 detik

Pada pengujian beban 50 gr berdasarkan grafik gambar 14 menunjukkan kenaikan maksimum rpm pada saat *steady state* sebesar 1052 rpm, sedangkan penurunan maksimum rpm sebesar 940 rpm. Berdasarkan pada tabel 4 dengan mengimplementasi kontrol PID menunjukan bahwa nilai peak time 1 detik, settling time dengan nilai 2 detik dan memiliki nilai rise time sebesar 0,5 detik serta memiliki *maximum overshoot* sebesar 2,85%

2. Beban 200gr set poin 1000 rpm



Gambar 15. Grafik Respon Kecepatan Terhadap Beban 200 gr

Berdasarkan hasil pengambilan data yang telah diplotkan dalam gambar 15, dapat dianalisa respon sistemnya yang dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 5 Karakteristik Respon Dengan *Ziegler Nichols*

No.	Spesifikasi	Hasil
1	<i>Delay Time</i>	0,25 detik
2	<i>Rise Time</i>	1,25 detik
3	<i>Peak Time</i>	1,75 detik
4	<i>Maximum overshoot</i>	4%
5	<i>Settling time</i>	4,25 detik

Pada pengujian beban 200gr berdasarkan grafik gambar 15 menunjukkan menunjukkan kenaikan maksimum rpm pada saat *steady state* sebesar 1040 rpm, penurunan maksimum rpm sebesar 859 rpm. Berdasarkan pada tabel 5 dengan mengimplementasi kontrol PID menunjukan bahwa nilai peak time 1,75 detik, settling time dengan nilai 3,25 detik dan memiliki nilai rise time sebesar 1,25 detik serta memiliki *maximum overshoot* sebesar 4%.

4.5 Pengujian Kecepatan Grinding Untuk Beban Berbeda

Tabel 6 Karakteristik Respon Dengan *Ziegler Nichols*

Set Point (rpm)	Beban(gr)	Lcd (rpm)	Error(%)
1000	50	1000	0
1000	100	980	2
1000	150	922	7.8
1000	200	893	10.7
Rata Rata Error (%)			5.125

Berdasarkan tabel 6 dapat disimpulkan bahwa *error* rata rata yang dihasilkan dari *grinding* kopi biji kurma dengan set point yang tetap walaupun beban berubah ubah memiliki *error* rata rata 5,125%. Serta *grinder* berfungsi secara optimal pada beban 50gr dengan *error* 0%.

V. PENUTUP

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa motor grinder kopi biji kurma telah berhasil dibuat dan dapat bekerja dengan baik dengan mengontrol kecepatan putaran motor. Berikut merupakan kesimpulan yang didapat :

1. Hasil perancangan PID menggunakan metode *Ziegler Nichols II* dengan nilai $K_p = 0.18$, $K_i = 0.24$, $k_d = 0.03376$. memberikan performa terbaik dengan *delay time* (t_d) = 0.25 s, *rise time* (t_r) = 0.5 s, *peak time* (t_p) = 1.5 s, $M_o = 7.99\%$, *settling time* (t_s) = 3.75 s.
2. Hasil pengujian sensor kecepatan didapatkan hasil yang cukup baik yaitu dengan membandingkan antara pembacaan pada sensor kecepatan yang ditampilkan pada LCD dan pembacaan pada *tachometer* dan didapatkan error rata-rata sebesar 0,2375%.
3. Beban biji kopi dan biji kurma di sini berfungsi sebagai gangguan pada kontrol. Jumlah beban yang diproses pada motor *grinding* dengan metode *PID* mempengaruhi karakteristik sistem. Itu mempengaruhi kecepatan motor DC yang berubah seiring waktu.
4. Hasil pengujian kecepatan *grinding* untuk beban yang berbeda menghasilkan *error* sebesar 5,125% dan optimal berkerja pada beban 50 gr.

Berdasarkan dari perancangan, pengujian dan analisa alat yang sudah dilakukan maka saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya antara lain:

1. Biji kopi kurma yang akan di *grinding* dipastikan tersangrai dengan sempurna (matang) agar pada proses *grinding* tidak merusak saringan grinder.
2. Untuk mengontrol kecepatan motor DC, dapat dikembangkan dengan metode *cascade* maupun *fuzzy logic*.
3. Mengganti motor DC yang memiliki torsi yang lebih tinggi agar dapat menggiling dengan sempurna.
4. Desain pada mata grinder dapat diperbaharui agar mempercepat proses penggilingan.

DAFTAR PUSAKA

- [1] Setiyono, Lutfi. 2011. *Pemanfaatan Biji Kurma (Phoenix dactylifera L.) Sebagai Tepung dan Analisis Perubahan Mutunya Selama Penyimpanan*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- [2] Baliga. dkk. 2011. *A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (Phoenix dactylifera L.)*. Food Research International, 44: 1812-22.
- [3] Hamada JS, Hashim IB, dan Sharif FA. 2002. Preliminary analysis and potential uses of date pits in foods. Food Chemistry 76: 135 – 137.
- [4] Al-Shahib W dan Marshall RJ. 2003. *The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future*. International Journal of Food Sciences and Nutrition 54 (4): 247 – 259.
- [5] Rosalina, Qosim. I, Mujirudin. M. 2017. *Analisis Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)*. Seminar Nasional Teknoka. Vol 02 (02).
- [6] Andrianto, M. 2014. *Kendali Kecepatan Motor Direct Current(DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Controller Terhadap Beban*. Malang: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

- [7] Arianto, Jevry. dan Arifin, Syamsul. 2014. *Perencanaan & Pembuatan Alat Pengaturan Kecepatan Motor AC Kapasitor Satu Fasa Pada Mesin Bubut Dengan Frekuensi*. Malang : Politeknik Negeri Malang, Jurusan Teknik Elektro.
- [8] Chamim, anna. 2010. *Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal Gsm*. Jurnal Informatika Politeknik PPKP Yogyakarta. Vol 04 (01).
- [9] Wicaksono, Handy. Pramudijanto, Josaphat. 2004. *Kontrol PID Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Metode Tuning Direct Syntesis*. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra.
- [10] Ali. M. 2004. *Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID Dengan Software MATLAB*. Jurnal Edukasi@Elektro Vol. 1, No. 1, hlm. 1–8.