

IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL PID PADA KECEPATAN PUTARAN MOTOR PENGIRIS KENTANG

Irfan, Totok Winarno, Edi Sulitio Budi

Abstrak – Kentang (*Solanum tuberosum linn*) merupakan makanan yang mempunyai gizi tinggi dan lengkap kandungan zat gizinya serta dapat digunakan sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras. Kentang juga merupakan tanaman pangan yang mempunyai harga jual tinggi dan dapat mendatangkan keuntungan bagi pengusaha industri makanan olahan, pedagang dan petani yang membudidayakannya. Selain sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras, kentang juga dapat dibuat sebagai makanan olahan dengan cara di potong kecil atau di iris tipis. Untuk memperoleh tingkat efisiensi dan produktivitas irisan kentang maka diperlukan alat pengiris kentang dengan aktuator motor DC yang menggunakan kontrol PID. Kontrol PID adalah kontrol berumpan balik yang sangat umum digunakan dalam berbagai keperluan industri. Dalam hal ini kontrol PID akan membandingkan nilai *set point* dengan kecepatan motor DC yang dibaca oleh rotary encoder. Hasil perbandingan ini akan menghasilkan suatu nilai error. Kemudian kontrol PID akan memberikan respon berdasarkan konstanta Kp, Ki, dan Kd. Penentuan nilai konstanta Kp, Ki, dan Kd menggunakan metode *Ziegler - Nichols*. Berdasarkan metode osilasi *Ziegler-Nichols*, respon sistem didapat dengan member nilai tuning $K_p = 1.44$ $K_i = 31$ dan $K_d = 7.75$. Dengan nilai *setpoint* pada kecepatan 120 RPM mendapatkan hasil irisan kentang dengan ketebalan rata-rata yaitu 2 mm dalam waktu 28 detik dengan kapasitas kentang sebanyak 200 gram.

Irfan adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: irfan.nusantara02@gmail.com.

Totok Winarno adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

Edi Sulitio Budi adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

Kata Kunci – Pengirisan, Motor DC, PID.

I. PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum linn*) merupakan makanan yang bernilai gizi tinggi dan lengkap serta dapat digunakan sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras. Kentang juga merupakan tanaman pangan bernilai ekonomi tinggi yang dapat mendatangkan keuntungan bagi pengusaha industri makanan olahan,

pedagang dan petani yang membudidayakannya. (Koswara, 1992).

Oleh karena itu berdasarkan referensi diatas dibuat sebuah alat Agrobisnis yaitu alat pengiris kentang. Alat tersebut digunakan untuk mengiris kentang dengan ketebalan irisan 2 mm. Dengan pengaturan nilai *setpoint* kecepatan maka proses pengirisan kentang dapat dilakukan secara akurat dan cepat.

Untuk mendapatkan kecepatan sesuai dengan *setpoint* yang inginkan maka pada alat ini menggunakan metode PID sebagai kontrol sistem secara keseluruhan. Dengan mencari osilasi PID menggunakan metode *Ziegler-Nichols* maka akan didapatkan nilai Kp, Ki, dan Kd yang tepat dan sesuai dengan sistem yang diinginkan. Nilai Kp, Ki, dan Kd tersebut dapat diubah-ubah untuk memperoleh hasil respon sistem dengan lonjakan maksimum sebesar 25% dan kecepatan Motor yang konstan. Sehingga kecepatan Motor dapat berputar sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan.

Sistem pengontrolan kecepatan pada alat ini dikontrol dengan Arduino Uno dengan sensor Rotary Encoder untuk mengetahui berapa nilai kecepatan pada motor dan nilai kecepatan ditampilkan pada lcd.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino Uno

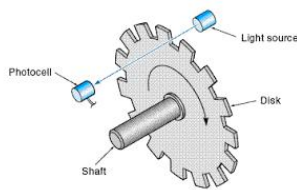
Arduino UNO adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya. (Zaratul Nisa Saputri : 2014)



Gambar 2.1 Arduino Uno
(Sumber : Zaratul Nisa Saputri : 2014)

2.2 Sensor Rotary Encoder

Encoder adalah alat yang menghasilkan keluaran digital sebagai akibat dari pergeseran sudut atau linear. *Rotary encoder* adalah divais elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder*. *Rotary encoder* tersusun dari led dan phototransistor dan juga suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan.



Gambar 2.2. Bentuk fisik sensor *rotary encoder* (sumber : Lukman Hakim, 2013)

2.3 Motor DC

Motor DC (Direct Current) merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor arus searah digunakan dimana kontrol torsi dan kecepatan dengan rentang yang lebar diperlukan untuk memenuhi kebutuhan suatu aplikasi. . (Gesit Ari Nugroho : 2006)



Gambar 2.3. Motor DC

2.4 PID (*Proportional Integral Derivative*)

PID (*Proportional Integral Derivative*) controller merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / *feedback* pada sistem tersebut. Kontrol PID merupakan penggabungan semua dari ketiga mode kontrol (*proportional*, *integral*, dan *derivatif*) memungkinkan untuk mendapatkan sebuah pengontrol yang tidak mempunyai error keadaan tunak serta dapat mereduksi kecenderungan terjadinya osilasi. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant.

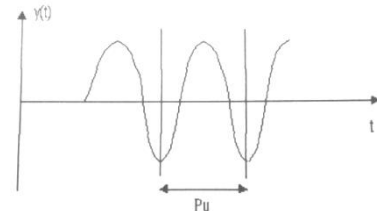
Ada 3 macam control PID yaitu control PI, PD, PID. PI adalah kontrol yang menggunakan komponen *proportional* dan *Integratif*. PD adalah

kontrol yang menggunakan komponen *proportional* dan *derivatif*. Dan PID adalah kontrol yang menggunakan komponen *proportional*, *integratif*, dan *derivatif*. (<http://library.binus.ac.id> : 2011)

2.4.1 Metode perancangan kontroler PID menggunakan metode osilasi ziegler-nichols

Metode ini didasarkan pada reaksi sistem closed loop. Plant disusun serial dengan kontroler PID. Semula parameter-parameter integrator disetel tak berhingga dan parameter differensial disetel nol ($K_i = \infty$ dan $K_d = 0$). Parameter *proportional* kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem yang berosilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan tetap (*sustain oscillation*).

Nilai penguatan *proportional* pada saat sistem mencapai kondisi *sustain oscillation* disebut *ultimate gain* (K_u). Sedangkan periode dari *sustained oscillation* disebut *ultimate period* (T_u).



Gambar 2.4. kurva Respon yang berosilasi Sumber : (Eka Candra Wijaya, 2004)

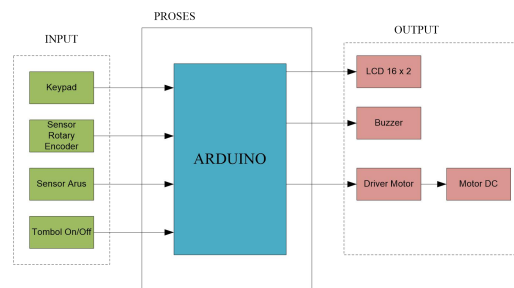
Dari kondisi *sustain oscillation* tersebut akan didapatkan nilai K_u dan T_u . Sehingga nilai K_p , K_i , dan K_d dapat diperoleh berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2.1 Rumus K_p , K_i , dan K_d berdasarkan Metode Ziegler-Nichols

Tipe Kontroler	K_p	K_i	K_d
P	$0,5 K_u$		
PI	$0,45 K_u$	$\frac{1}{2} P_u$	
PID	$0,6 K_u$	$0,5 P_u$	$0,125 P_u$

III. METODOLOGI

3.1 Perancangan *Hardware*



Gambar 3.1. Diagram Blok Perancangan *Hardware*

3.2 Spesifikasi Alat :

- a. Dimensi alat
 - Panjang = 40 cm
 - Lebar = 30 cm
 - Tinggi = 40 cm
 - Berat = ± 10 kg
- b. Sistem
 - Kontroler = Arduino UNO
 - Display = LCD 16x2

3.3 Prinsip kerja Alat :

Alat pengiris kentang dihubungkan pada jala-jala tegangan 220 volt. Kemudian menentukan nilai *setpoint* dengan menggunakan *keypad*. Ketika tombol ON ditekan maka alat akan mulai bekerja. Arduino uno akan mengaktifkan motor sehingga motor akan berputar dengan kecepatan konstan 120 RPM dengan sudut pisau 20°. Kemudian *rotary encoder* akan mendeteksi kecepatan putar pada motor sehingga motor dapat berputar stabil meskipun ukuran kentang yang berbeda-beda. Untuk mendapatkan kecepatan yang konstan menggunakan metode PID. Untuk pengaman sistem digunakan sensor arus ketika terdapat gangguan pada sistem. Buzzer akan aktif ketika sensor arus mendeteksi adanya kenaikan arus motor melebihi 5 ampere yang disebabkan dengan adanya barang lain yang mempengaruhi torsi dan kecepatan putar motor. Data-data kecepatan motor dengan arus dimasukkan pada *display* LCD. sehingga kualitas irisan kentang memiliki ketebalan yang sama yaitu 2 mm dengan kapasitas 200 gram kentang. Dengan kualitas irisan kentang pada ketebalan 2 mm maka saat digoreng akan mendapatkan hasil yang renyah.

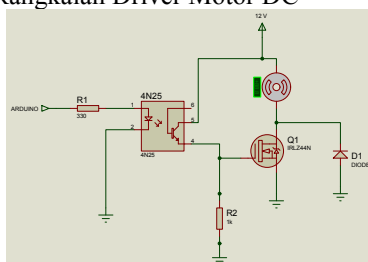
3.4 Desain mekanik



Gambar 3.2 Mekanik

3.5 Perancangan Elektrik

3.5.1 Rangkaian Driver Motor DC



Gambar 3.3 Rangkaian Driver Motor DC

Rangkaian ini digunakan untuk mengatur tegangan pada motor sesuai dengan nilai PWM yang diberikan oleh Kontroller. Motor DC yang digunakan dalam sistem ini memiliki tegangan sumber 12 Volt dengan $I_{min} = 0,9A$ dan $I_{max} = 5A$. Driver motor DC ini menggunakan mosfet tipe IRLZ44N karena pada datasheet IRLZ44N arus maksimalnya bisa sampai 47A.

Berdasarkan datasheet IRLZ44N memiliki tegangan Gate-to-Source Voltage (V_{GS}) ±16V jadi syarat batas maksimal agar mosfet ON < 16V. Pada rangkaian ini nilai $V_{GS} = V_{R1}$. Jadi dapat dihitung nilai R minimal dan R maksimal pada rangkaian ini.

Berdasarkan datasheet arduino, tegangan output pada saat HIGH (V_{OH})_{max} = 5V dan (V_{OH})_{min} = 4V . Pada datasheet optocoupler tipe 4n25 dengan tegangan $V_f = 1,5v$ dan $I_f = 10mA$ sedangkan arus $I_{c_{max}} = 60 mA$ dan $I_{CEO} = 50 nA$., maka :

- $R1 = \frac{V_{OH}-V_f}{I_f}$
- $R_{min} = \frac{4v-1,5v}{10mA} = 250\Omega$
- $R_{max} = \frac{5v-1,5v}{10mA} = 350\Omega$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka untuk rangkaian ini dipilih R1 dengan nilai 330Ω karena masih berada pada range 250Ω sampai 350ΩK.

Pembatasan resistansi pulldown dengan batas minimal dapat ditentukan dari $I_{c_{max}}$ optocoupler tipe 4n25 sedangkan batas maksimal ditentukan dari I_{CEO} optocoupler tipe 4n25. Maka :

Resistansi minimal :

- $V_{GS} = I_{c_{max}} \times R2$
- $2v = 60mA \times R2$
- $R2 = \frac{2v}{60mA}$
- $= \frac{2v}{0,06A} = 33,33 \Omega$

Resistansi Maksimal :

- $V_{GS} = I_{CEO} \times R2$
- $2v = 50nA \times R2$
- $R2 = \frac{2v}{50nA}$
- $= \frac{2v}{0,00005A} = 40K \Omega$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka untuk rangkaian ini dipilih R2 dengan nilai 1kΩ karena masih berada pada range 33,33 Ω sampai 40k Ω . Resistor dipasang pulldown agar tegangan mosfet pada saat dibawah 5V tidak pada posisi mengambang.

Selain itu dipasang diode sebagai pengaman. Karena hal ini disebabkan motor merupakan beban induktif. Pada beban induktif biasanya akan terjadi lonjakan tegangan yang sangat besar pada saat perpindahan kondisi ON dan OFF. Maka dari itu, pemasangan diode bertujuan agar lonjakan tegangan tersebut tidak mempengaruhi kinerja MOSFET.

3.6 Perancangan PID

Pada perancangan kontrol PID dilakukan dengan menganalisa respon PID berdasarkan nilai Kp, Ki, dan Kd yang telah dirancang sebelumnya menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols. Respon PID ini akan menunjukkan apakah nilai Kp, Ki, dan Kd yang telah dirancang mampu menghasilkan output yang sesuai dengan set point yang diberikan.

Pada pengujian ini kontrol PID diberikan set point sebesar 50 RPM. Berikut ini adalah respon yang dihasilkan menggunakan metode osilasi Ziegler - Nichols. Semula parameter-parameter integrator disetting tak berhingga dan parameter differensial disetting nol ($K_i = \infty$; $K_d = 0$). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan tetap (Sustain Oscillation).

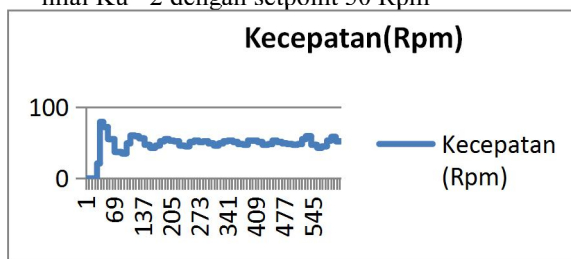
Nilai penguatan proporsional pada saat sistem mencapai kondisi Sustain oscillation disebut ultimate gain (Ku). Sedangkan periode dari gelombang osilasi disebut ultimate period (Tu). Setelah didapat nilai Ku dan Pu maka konstanta Kp, Ki, dan Kd dapat diperoleh berdasarkan tabel berikut :

Tabel 3.1 Rumus Tuning PID Ziegler-Nichols

Type Controller	Kp	Ki	Kd
P	0,5 Ku		
PI	0,45 Ku	1/2 Pu	
PID	0,6 Ku	0,5 Pu	0,125 Pu

Berikut perancangan PID untuk menampilkan respon sistem :

1. Respon osilasi pada kondisi tanpa beban dengan nilai Ku= 2 dengan setpoint 50 Rpm



Dihasilkan :

Ku = 2 dan Pu = 68

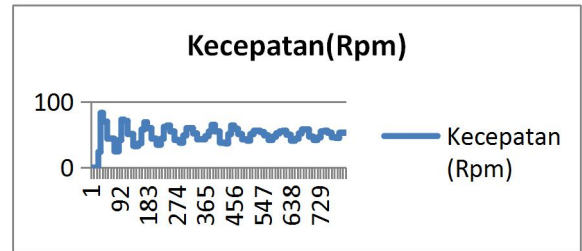
Sehingga :

$$K_p = 0.6 \times K_u = 0.6 \times 2 = 1.2$$

$$K_i = 0.5 \times P_u = 0.5 \times 68 = 34$$

$$K_d = 0.125 \times P_u = 0.125 \times 68 = 8.5$$

2. Respon osilasi pada kondisi tanpa beban dengan nilai Ku= 2.4 dengan setpoint 50 Rpm



Dihasilkan :

Ku = 2.4 dan Pu = 86

Sehingga :

$$K_p = 0.6 \times K_u = 0.6 \times 2.4 = 1.44$$

$$K_i = 0.5 \times P_u = 0.5 \times 86 = 43$$

$$K_d = 0.125 \times P_u = 0.125 \times 86 = 10.75$$

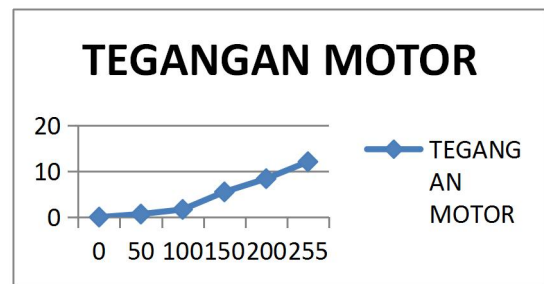
IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Rangkaian Driver Motor

Pengujian rangkaian driver motor DC ini dilakukan dengan menggunakan PWM dari arduino. Nilai PWM akan diubah - ubah mulai dari 0 - 255. Sedangkan motor DC diberi tegangan sumber 12V. Berikut ini adalah tabel perubahan tegangan motor DC terhadap duty cycle PWM.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Driver Motor DC

Duty Cycle PWM	Tegangan Motor (Volt)
0	0
50	0,66
100	1,67
150	5,50
200	8,39
255	11,89



Gambar 4.1 Perubahan Tegangan Motor DC Terhadap Duty Cycle PWM

Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa perubahan duty cycle PWM yang diberikan pada rangkaian driver motor DC memberikan pengaruh pada tegangan motor DC. Meskipun perubahan tidak linear, hal ini menunjukkan bahwa rangkaian driver sudah bekerja sesuai dengan perancangan.

4.2 Pengujian Sensor Kecepatan

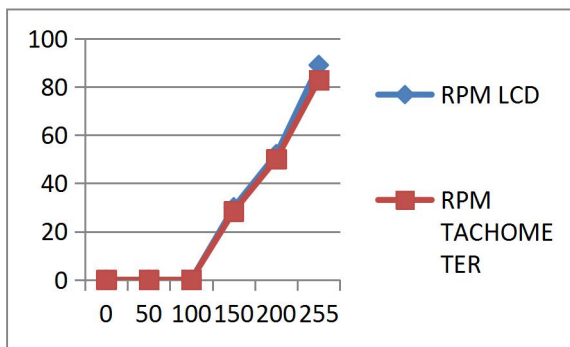
Pengujian pada sensor kecepatan bertujuan untuk mengetahui apakah hasil pembacaan sensor kecepatan yang ditampilkan pada LCD sudah sesuai dengan RPM yang sesungguhnya yang diukur

menggunakan alat ukur Tachometer. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai error pembacaan sensor kecepatan.

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian sensor kecepatan berdasarkan perubahan nilai PWM.

Tabel 4.2 Hasil pengujian sensor kecepatan

Duty cycle PWM	RPM pada LCD	RPM pada Tachometer	Error
0	0	0	0%
50	0	0	0%
100	0	0	0%
150	30	28,4	5,63%
200	52	50,0	4%
255	89	82,8	7,48%



Gambar 4.2 Perbandingan Pembacaan Sensor Kecepatan dengan Alat Ukur Tachometer

$$\%Error = \frac{RPM\ SISTEM - RPM\ TACHOMETER}{RPM\ TACHOMETER} \times 100\%$$

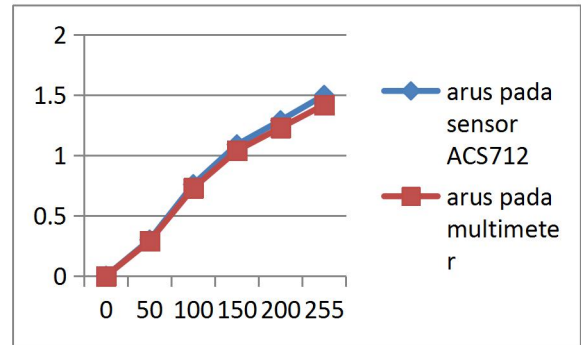
Dari hasil pengujian sensor kecepatan menunjukkan bahwa terdapat selisih antara pembacaan sensor Kecepatan dan pembacaan alat ukur Tachometer. Akan tetapi selisih tersebut apabila diprosentasekan dengan pembacaan Tachometer tidak terlalu besar sehingga error tersebut masih dapat ditoleransi.

Selain itu pembacaan sensor kecepatan yang tampil di LCD tidak dapat menunjukkan suatu nilai secara konstan. Tetapi berubah-ubah pada range tertentu. Misalnya pada kecepatan 60 RPM, nilai angka pada LCD tidak akan menampilkan nilai 60 RPM secara konstan. Akan tetapi range 56 RPM sampai dengan 65 RPM.

4.3 Hasil Pengujian Pembacaan Modul Sensor Arus ACS712 Pada Motor DC

PWM	Arus pada sensor ACS712	Arus Pada Multimeter
0	0	0
50	0,30	0,29
100	0,76	0,73

150	1,09	1,04
200	1,29	1,23
255	1,50	1,42



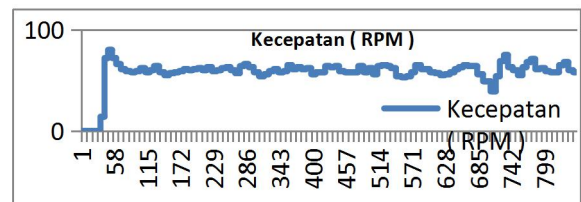
Gambar 4.3 Perbandingan Pembacaan Sensor Arus dengan Alat Ukur Multimeter Digital

Analisa :

Dari tabel diatas terdapat perbedaan hasil pembacaan arus antara modul sensor arus ACS712 dengan multimeter, hal ini terjadi dikarenakan faktor pembacaan arus pada modul sensor ACS712 dan multimeter yang kurang akurat dan selalu berubah-ubah nilai arusnya.

4.4 Pengujian PID

Pada Kondisi dibebani Dengan Set Point 60 RPM






Gambar 4.1 Respon kontrol PID

Pengujian dilakukan dengan metode osilasi Ziegler – Nichols dengan nilai Kp= 1.44, Ki= 31, dan Kd= 7.75. Hasilnya menunjukkan respon osilasi yang baik dengan kondisi respon sistem yang menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan yang stabil. Pada saat awal pengirisan kentang nilai RPMnya menurun pada kisaran 40 RPM itu dikarenakan terjadi hentakan awal pisau pengiris kentang terhadap beban kentang yang menyebabkan kecepatan motor menurun sehingga selanjutnya kecepatan motor distabilkan oleh kontrol PID dengan hasil nilai steady state error 11,67% dengan overshoot 18,3%.

4.5 Pengujian sistem

Hasil pengirisan kentang dilakukan dengan mengambil 3 data sampel dari beberapa percobaan, dari percobaan tersebut . Percobaan diuji terhadap Kecepatan putaran motor saat proses pengirisan kentang. Hasil irisan kentang bisa dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3 Hasil irisan kentang

Kecepatan	Ketebalan rata-rata	Gambar Hasil irisan
120 RPM	2 mm	
140 RPM	1 mm	
160 RPM	1 mm	

5 PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian sensor kecepatan, nilai RPM yang ditampilkan pada LCD tidak dapat menunjukkan pada suatu nilai tertentu secara konstan. Misalnya pada kecepatan 120 RPM, nilai yang ditampilkan pada LCD berubah-ubah antara 100-140 RPM. Hal ini bisa saja disebabkan karena peletakan sensor rotary encoder kurang presisi dan lubang – lubang yang ada pada rotary encoder tidak presisi, sehingga frekuensi yang dihasilkan selalu berubah-ubah
2. Hasil perancangan nilai K_p , K_i , dan K_d menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols dalam kondisi dibebani menghasilkan nilai $K_p=1,2$ $K_i=34$ dan $K_d=8,5$. Respon yang dihasilkan dengan parameter tersebut juga masih jauh dari *setpoint* dan terus berosilasi.
3. Berdasarkan hasil pengujian kontrol PID menggunakan metode osilasi *Ziegler-Nichols* dalam kondisi dibebani Didapatkan respon yang mendekati nilai dari *setpoint* pada saat proses pengirisan kentang dengan nilai $K_p=1,44$ $K_i=31$ dan $K_d=7,75$.

B. Saran

1. Untuk pengembangan alat ini, disarankan untuk merancang sistem mekanik yang lebih baik. Hal ini bertujuan agar alat mampu bekerja secara optimal.
2. Pada perancangan pendorong kentang, disarankan untuk menggunakan motor DC dan ulir sebagai pendorongnya supaya tekanan dorongannya tetap konstan. Selain itu untuk pisau pengirisnya diusahakan menggunakan bahan stainless steel/ dilapisi cairan stainless stell agar tidak mudah berkarat.
3. Dalam penggunaan sensor *rotary encoder* dengan lubang yang lebih banyak menjadi lebih spesifik untuk menentukan kedetailan feedback performasi kontrol. Sehingga frekuensi tidak berubah-ubah.
4. Untuk peningkatan dan pengembangan performa dari metode kontrol PID dapat digunakan sebagai acuan untuk perbandingan pada penelitian berikutnya dengan metode yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ari Nugroho, Gesit. 2006. Sistem Power Window Pada Suzuki Baleno. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Semarang : Universitas Negeri Semarang.

[2] Hakim, Lukman. 2013. Implementasi Perhitungan Posisi Robot Dengan FPGA Menggunakan Rotary Encoder. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.

[3] <http://library.binus.ac.id/>. Diakses Tahun 2011.

[4] Nisa Saputri, Zaratul. 2014. *Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduino UNO*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik. Malang : Universitas Brawijaya.

[5] Wijaya, Eka Candra. 2004. *Auto Tuning PID Berbasis Metode Osilasi Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 Pada Pengendalian Suhu*. Semarang : Universitas Diponegoro.