

Implementasi Kontrol PI Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC Pada Alat Pengupas Kulit Ari Kedelai

Rizza Ade Fratama, Herwandi, Ratna Ika Putri

Abstrak – Tempe merupakan makanan tradisional khas Indonesia yang terbuat dari hasil fermentasi kedelai dengan jamur *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae*. Terdapat tiga tahapan dalam proses pembuatan tempe yaitu pengupasan, perebusan dan peragian (*Inokulasi*). Proses pengupasan umumnya masih menggunakan cara klasik yaitu di injak-injak sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama dan keahlian. Untuk mengatasi permasalahan tersebut terdapat inovasi baru yaitu alat pengupas kulit ari kedelai dengan menggunakan motor DC. Dengan menggunakan alat diharapkan dapat mengupas kulit ari kedelai dengan waktu yang singkat. Namun kecepatan motor saat proses pengupasan tidak stabil karena dipengaruhi oleh kedelai sehingga proses pengupasan tidak maksimal. Untuk memaksimalkan kinerja alat tersebut maka dibutuhkan kontroler untuk mengatur kecepatan putaran motor DC agar tetap konstan sesuai *set point* dengan tingkatan pembebanan yang berbeda-beda. Metode kontrol yang digunakan adalah metode PI yang ditanamkan pada sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno. Kontrol PI akan membandingkan nilai *set point* dengan kecepatan motor DC yang dibaca oleh *rotary encoder*. Nilai konstanta K_p dan K_i dapat ditentukan dengan metode osilasi *Ziegler-Nichols*. Berdasarkan pengujian di dapat respon sistem yang baik dengan nilai $K_p = 0.909$ $K_i = 4.166$ dan presentase hasil pengupasan 70%.

Kata Kunci – *Pengupas kulit ari kedelai, Motor DC, PI*

I. PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang penting dalam rangka ketahanan pangan penduduk di Indonesia. Tempe adalah pangan tradisional khas Indonesia yang berasal dari hasil *fermentasi* kedelai. Saat ini pembuatan tempe masih dilakukan dengan cara tradisional. Tahapan proses pembuatan tempe terdiri dari pengupasan kulit ari kedelai, perebusan, dan peragian (*inokulasi*) [1].

Pada tahapan prosesing pembuatan tempe pada proses pengupasan kulit ari kedelai dilakukan secara manual setelah kedelai direndam dengan air bersih selama semalam dengan suhu ruang [2]. Selain menggunakan cara manual teknik mengupas biji kedelai juga masih banyak menggunakan cara klasik yaitu dengan merendam dan menginjak-injak dalam suatu wadah hingga kulit ari biji kedelai tercupas.

Kekurangan dari pengupasan kulit ari kedelai dengan cara ini adalah kedelai dapat hancur karena tekanan yang tidak tetap, hasil pengupasan terbatas dan bergantung pada kemampuan manusia [3]. Untuk mempermudah proses

pengupasan dengan waktu yang singkat dengan menggunakan alat pengupas kedelai menggunakan motor DC sebagai aktuator.

Penulisan skripsi ini akan dibuat sebuah alat pengupas kulit ari kedelai menggunakan kontrol PI. Kontroler PI adalah kontroler berumpan balik yang paling populer di dunia industri. Selama lebih dari 50 tahun, kontroler PI terbukti dapat memberikan performansi kontrol yang baik meski mempunyai algoritma sederhana yang mudah dipahami [4]. Kontrol PI digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor DC agar tetap stabil sesuai *set point* menggunakan arduino Uno sebagai kontroler utama. Arduino uno dipilih sebagai kontroler utama karena kebutuhan I/O yang sesuai dan harganya yang murah. Alat pengupas kulit ari kedelai menggunakan kontrol PI ini bertujuan untuk mempermudah proses pengupasan kulit ari kedelai dengan waktu yang singkat, hasil pengupasan yang baik dan higienis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembuatan Tempe

Terdapat berbagai metode pembuatan tempe di Indonesia secara umum terdiri dari tahap perebusan, pengupasan, pemisahan kulit kedelai, perendaman dan pengasaman, pencucian, inokulasi dengan ragi, pembungkusan, dan fermentasi.

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan tempe secara umum:

- 1) Pengupasan dan pemisahan kulit, kulit biji kedelai dikupas pada langkah ini agar miselium fungi dapat menembus biji kedelai selama proses fermentasi.
- 2) Perebusan, langkah awal pembuatan tempe adalah perebusan biji kedelai yang berfungsi sebagai proses *hidrasi* agar biji kedelai menyerap air sebanyak mungkin. Fungsi lainnya untuk melunakkan biji kedelai agar dapat menyerap asam pada tahap perendaman.
- 3) Perendaman dan pengasaman, setelah kulit di pisah dari kedelai, biji kedelai direndam. Tujuan dari langkah ini ialah untuk *hidrasi* biji kedelai dan membiarkan terjadinya *fermentasi asam laktat* secara alami agar diperoleh keasaman untuk pertumbuhan fungi. Fermentasi asam laktat terjadi dicirikan oleh munculnya bau asam dan buih pada air rendaman akibat pertumbuhan bakteri *Lactobacillus*. Bila pertumbuhan bakteri asam laktat tidak optimum (misalnya di negara-negara *subtropis*), asam perlu ditambahkan pada air rendaman. Fermentasi asam laktat dan pengasaman juga bermanfaat meningkatkan nilai gizi dan menghilangkan bakteri-bakteri beracun.
- 4) Pencucian, proses ini dilakukan untuk menghilangkan kotoran yang mungkin dibentuk oleh bakteri asam laktat dan agar biji kedelai tidak terlalu asam. Bakteri dan kotorannya dapat menghambat pertumbuhan fungi.

Rizza Ade Fratama adalah mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail: rizzaadefratama@gmail.com

Ratna Ika Putri adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail: ikaputri_ratna@yahoo.com

Herwandi adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail:

5) Inokulasi, dilakukan dengan penambahan inokulum, yaitu *ragi* tempe atau *laru*. Inokulum dapat berupa kapang yang tumbuh dan dikeringkan pada daun waru atau daun jati (disebut *usar*; digunakan secara tradisional), spora kapang tempe dalam medium tepung (terigu, beras, atau tapioka; banyak dijual di pasaran), ataupun kultur *R. oligosporus* murni. Inokulasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

- (1) penebaran inokulum pada permukaan kacang kedelai yang sudah dingin dan dikeringkan, lalu dicampur merata sebelum pembungkusan; atau
- (2) inokulum dapat dicampurkan langsung pada saat perendaman, dibiarkan beberapa lama, lalu dikeringkan.

6) Pembungkusan, biji-biji kedelai dibungkus atau ditempatkan dalam wadah untuk fermentasi. Berbagai bahan pembungkus atau wadah dapat digunakan (misalnya daun pisang, daun waru, daun jati, plastik, gelas, kayu, dan baja), asalkan memungkinkan masuknya udara karena kapang tempe membutuhkan oksigen untuk tumbuh. Bahan pembungkus dari daun atau plastik biasanya diberi lubang-lubang dengan cara ditusuk-tusuk.

7) Fermentasi, biji - biji kedelai yang sudah dibungkus dibiarkan untuk mengalami proses *fermentasi*. Pada proses ini kapang tumbuh pada permukaan dan menembus biji-biji kedelai, menyatukannya menjadi tempe. Proses yang Optimal dalam fermentasi tempe dilakukan pada suhu 35°C / lebih rendah, karena akan berjalan baik pada kisaran suhu hangat ruangan, selain itu proses insersi lag phase harus membutuhkan suhu yang cukup. Jika suhu dibawah 25°C dapat mempercepat *Aspergillus flavus* dan *Mytoxin* yang beracun. Pemilihan suhu inkubasi sangat menentukan kecepatan fermentasi. lingkungan pendukung yang terdiri dari suhu ± 30°C, pH awal 6,8 serta kelembaban nisbi 70-80% (Bimantara, 2015)

Dalam proses pembuatan tempe, proses pemisahan kulit ari kedelai bertujuan supaya *ragi* tempe dapat tercampur merata kesemua bagian, sehingga dihasilkan tempe dengan peragian yang baik.

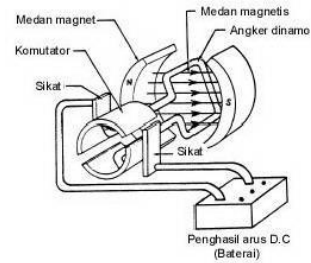
2.2 Motor DC

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan, misalnya memutar pompa, *fan* atau *blower* dll.

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

Prinsip kerja motor DC daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi energi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus berfungsi sebagai tempat berlangsungnya 2 proses perubahan

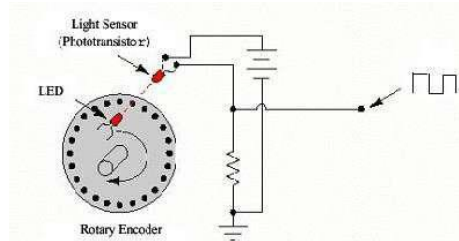
energi [5]. Daerah tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 1. Struktur Motor DC

2.3 Rotary Encoder

Rotary encoder adalah sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan motor. Prinsip kerja dari sensor ini yaitu dengan menghubungkan poros (*shaft*) pada sebuah piringan sensor. Dimana piringan sensor ini terdiri dari beberapa jalur (*track*) yang berupa lingkaran-lingkaran yang konsentris dan setiap jalur di hubungkan dengan sebuah sumber cahaya dan *detector* cahaya.



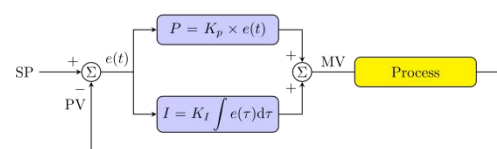
Gambar 2. Prinsip Kerja *Rotary Encoder* *)

*) <http://hades.mech.northwestern.edu>

Sumber cahaya ini berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi cahaya, dan cahaya ini akan mengkonduksikan detektor cahaya jika mengenai bagian yang transparan dari piringan tersebut. Sehingga, keluaran dari detektor cahaya akan berlogika rendah. Dimana fungsi dari detektor cahaya untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sehingga, masing-masing jalur (*track*) dapat diketahui *Most Significant Bit* (MSB) dan *Low Significant Bit* (LSB) pada outputnya yang berupa bilangan biner yang menyusun sebuah sandi BCD.

2.4 Kontrol PI

Kontrol PI adalah sistem kontrol gabungan antara kontrol Proportional dan Integral. Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler Proportional dan Integral dapat saling menutupi dengan menggabungkan keduanya secara paralel menjadi kontroler Proportional plus Integral (PI). Elemen-elemen kontroler P dan I masing masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghasilkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar [6].



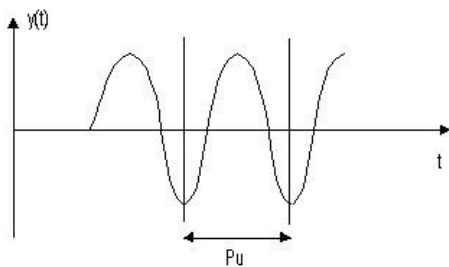
Gambar 3. Blok Diagram Kontroler PI

Karakteristik controller PI sangat dipengaruhi oleh konstribusi besar dari kedua parameter P dan I. Penyetelan konstanta K_p dan T_i akan mengakibatkan penonjolan sifat dari masing-masing elemen. Satu atau dua konstanta tersebut akan memberikan konstribusi pengaruh pada respon sistem secara keseluruhan.

2.6 Metode Tuning Osilasi Ziegler-Nichols

Metode ini didasarkan pada reaksi sistem *closed loop*. *Plant* disusun serial dengan kontroler PI. Semula parameter integrator disetel 0 dan parameter diferensial disetel nol ($K_p = 0; K_d = 0$). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan magnitud tetap (*Sustain oscillation*).

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



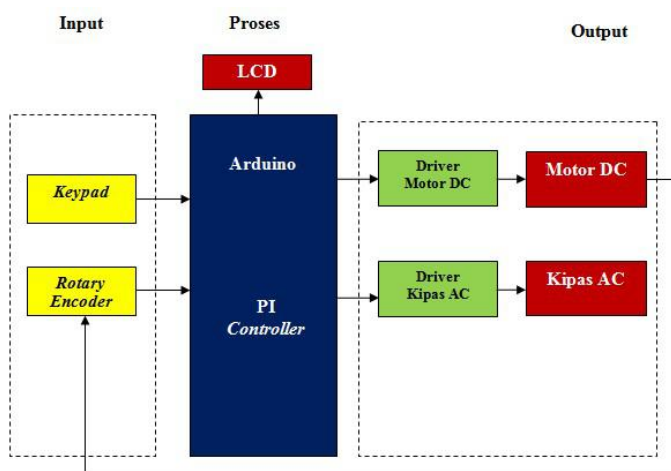
Gambar 4. Kurva respon yang berosilasi

Dari kondisi *sustain oscillation* tersebut akan didapat nilai K_u dan P_u . Sehingga nilai K_p dan K_i dapat diperoleh berdasarkan tabel berikut.

Tabel 1. Penentuan nilai parameter PI

	K_c	T_I	T_D
P	$K_u/2$		
PI	$K_u/2.2$	$P_u/1.2$	
PID	$K_u/1.7$	$P_u/2$	$P_u/8$

III. METODOLOGI



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

Berikut adalah penjelasan dari gambar 5 diagram blok sistem kontrol kecepatan putar motor DC pada alat pengupas kulit ari kedelai :

1. *Rotary Encoder* merupakan sensor kecepatan yang berfungsi untuk mengetahui kecepatan putar motor DC pada alat pengupas kulit ari kedelai.
2. *Keypad* berfungsi untuk memasukan atau menentukan nilai *set point* kecepatan motor DC pada alat pengupas kulit ari kedelai menggunakan kontrol PI.
3. *Arduino Uno* digunakan sebagai *controller* yang berfungsi sebagai kontrol dan pengolah data pada alat pengupas kulit ari kedelai dengan menggunakan kontrol PI.
4. LCD berfungsi untuk menampilkan data yang telah diproses oleh mikrokontroler. LCD ini nantinya akan menampilkan nilai *set point* (rpm), nilai K_p , nilai K_i dan kecepatan putar motor DC yang terbaca oleh sensor *rotary encoder*.
5. *Driver Motor DC* digunakan sebagai *switching* sumber tegangan motor DC pada alat pengupas kulit ari kedelai menggunakan kontrol PI.
6. Motor DC berfungsi sebagai aktuator untuk menggerakkan piringan grinda sebagai komponen utama pengupas kulit ari kedelai pada alat pengupas kulit ari kedelai menggunakan kontrol PI.
7. *Driver Kipas AC* berfungsi sebagai *switching* sumber tegangan dari kipas AC.
8. Kipas AC berfungsi sebagai *blower* untuk memisahkan kulit ari kedelai dengan biji kedelai setelah melewati proses pengupasan.

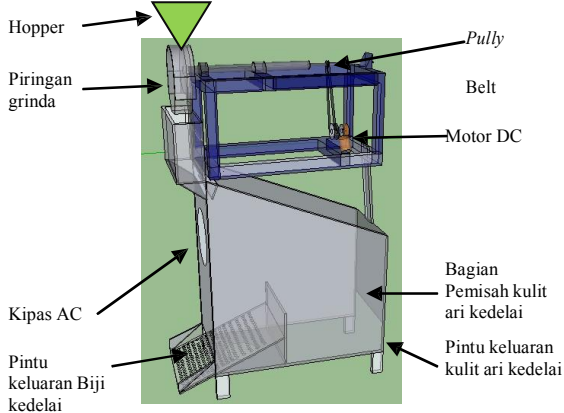
Prinsip kerja dari alat pengaturan kecepatan putar motor DC pada alat pengupas kulit ari kedelai seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 berfungsi untuk mempertahankan kecepatan motor DC terhadap gangguan sesuai *set point* sehingga mendapatkan hasil pengupasan yang baik. Kedelai dimasukkan kedalam *hopper* dan kondisi pintu *hopper* dalam keadaan tertutup. *Set point* berupa kecepatan motor dimasukkan

menggunakan *keypad* dan akan dibaca oleh mikrokontroler. Kecepatan motor DC dibaca oleh sensor *rotary encoder* yang terhubung dengan masukan mikrokontroler. Jika tombol *start* ditekan maka motor DC akan berputar sesuai *set point* dan kipas AC akan aktif. Kipas AC berfungsi sebagai blower untuk memisahkan kulit ari kedelai dari bijinya setelah melewati proses pengupasan. Motor akan berputar sesuai *set point*. Pintu *hopper* yang tertutup tadi dibuka sesuai ketentuan dan proses pengupasan berjalan. Mikrokontroler membaca keluaran *set point* dan *rotary encoder*. Selisih antara kecepatan set point dan kecepatan aktual motor DC merupakan *error* yang dijadikan masukan pada kontrol PI yang di tanamkan pada mikrokontroler. Perancangan kontroler PI berupa K_p dan K_i ditentukan berdasarkan metode Ziegler-Nichols. Kontroler PI akan mengolah *error* untuk mendapatkan dan mempertahankan kecepatan motor DC. Keluaran kontroler PI berupa PWM dengan range 60% sampai 90% dengan frekuensi 500 Hz digunakan untuk menggerakkan motor melalui driver motor. Proses akan berhenti jika tombol OFF ditekan.

3.1 Perancangan Hardware Mekanik

Perancangan mekanik meliputi bagian pengupas kulit ari kedelai, bagian pemisah kulit ari dengan bijinya, corong dan lain – lain. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan software *Google Sketchup*. Mekanik ini dirancang dengan ukuran sebagai berikut :

- Panjang : 60 cm
- Lebar : 40 cm
- Tinggi : 160cm



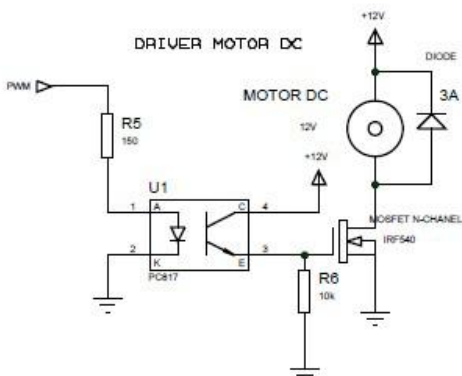
Gambar 6. Desain Hardware Mekanik

3.2 Perancangan Rangkaian Elektronik

Perancangan rangkaian elektronik meliputi perancangan rangkaian *driver* motor DC, perancangan sensor *rotary encoder*, perancangan rangkaian LCD, perancangan driver kipas AC dan perancangan kontrol PI pada alat pengupas kulit ari kedelai. Berikut penjelasan setiap rangkaian elektronik:

3.2.1 Perancangan Rangkaian Driver Motor DC

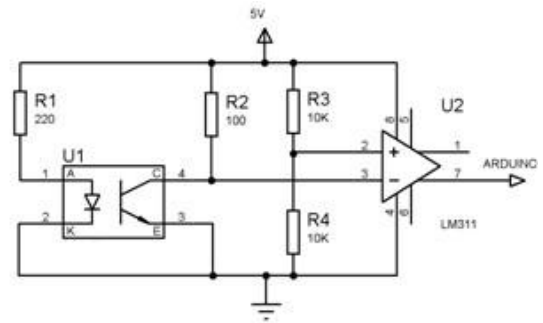
Rangkaian ini digunakan untuk mengatur tegangan pada motor sesuai dengan nilai PWM yang diberikan oleh kontroller. Rangkaian driver motor DC ini menggunakan IRF540 dan optocoupler PC817 sebagai pengaman arduino.



Gambar 7. Rangkaian Driver Motor DC

3.2.2 Perancangan Rangkaian Rotary Encoder

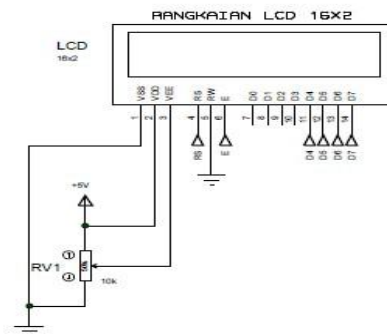
Rangkaian ini digunakan untuk membaca kecepatan motor DC dengan cara menghitung periode pulsa yang keluar dari rangkaian ini. Pulsa tersebut muncul akibat lubang – lubang pada piringan yang berputar dan dibaca oleh optocoupler. Berdasarkan *datasheet*, berikut ini adalah rangkaian dari modul sensor kecepatan :



Gambar 8. Rangkaian Sensor Rotary Encoder

3.2.3 Perancangan Rangkaian LCD

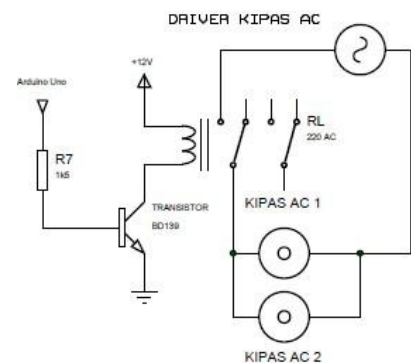
LCD berfungsi sebagai display. LCD yang digunakan berukuran 16x2. Pin D4, D5, D6, dan D7 terhubung langsung dengan port output pada arduino sedangkan V_{DD} dihubungkan ke +5V dan V_{SS} , V_{EE} , R/W dihubungkan ke ground pada arduino. Untuk mengatur kontras pada LCD pin Enable pada LCD menggunakan variable resistor dengan nilai 10 k Ω . Berikut gambar skema rangkaian LCD dengan arduino uno.



Gambar 9. Rangkaian LCD

3.2.4 Perancangan Driver Kipas AC

Driver kipas AC merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengaktifkan kipas AC menggunakan arduino Uno. Kipas AC ini digunakan sebagai blower untuk memisahkan kulit ari kedelai dengan bijinya. Menggunakan Relay 12 DC dan Transistor BD 139 sebagai saklar elektrik.



Gambar 10. Rangkaian Driver Kipas AC

3.2.5 Perancangan Kontrol PI

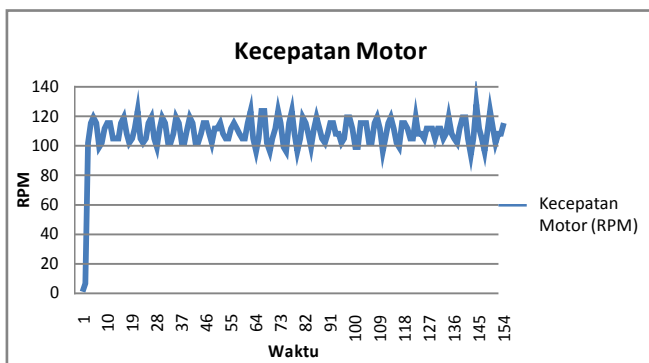
Metode yang digunakan dalam perancangan nilai konstanta PI adalah metode osilasi Ziegler-Nichols.

Hal pertama yang perlu dilakukan adalah menyetel parameter.

Tabel 2 Hasil Pengujian Driver Motor DC

Proporsional dengan nol dan parameter diferensial disetel nol ($K_c = 0 ; T_d = 0$). Parameter integral kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem beresilasi. Nilai penguatan integral pada saat sistem mencapai kondisi *sustained oscillation* disebut *ultimate gain* (K_u). Periode dari *sustained oscillation* disebut *ultimate period* (P_u).

Dari nilai K_u dan P_u tersebut maka diperoleh konstanta K_p dan K_i berdasarkan tabel 1. Berdasarkan pengujian diperoleh nilai T_i dengan respon yang baik di bandingkan dengan nilai K_i yang berbeda. Berikut respon osilasi pada kondisi tanpa beban dengan $K_u = 2$ dengan rpm 110.



Gambar 11. Grafik osilasi hasil pengujian.

Berdasarkan gambar 11 diperoleh nilai K_u dan P_u yaitu:

$$K_u = 2 \text{ dan } P_u = 5$$

Sehingga di peroleh nilai K_p dan K_i dengan perhitungan sebagai berikut :

$$K_p = \frac{K_u}{2} = \frac{2}{2} = 0.909$$

$$K_i = \frac{P_u}{5} = \frac{5}{5} = 1.000$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini meliputi hasil pengujian tiap – tiap blok sistem, antara lain rangkaian driver motor DC, rangkaian sensor kecepatan dan LCD. Dari hasil pengujian tersebut akan dilakukan analisa dan pembahasan untuk mengetahui apakah sistem tersebut telah bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

4.1 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pengujian rangkaian driver motor DC ini dilakukan dengan menggunakan PWM dari Arduino. Nilai PWM akan diubah – ubah mulai dari 0 sampai 255. Sedangkan motor DC diberi tegangan sumber 12 V. Berikut ini adalah tabel perubahan tegangan motor DC berdasarkan perubahan nilai PWM.

Duty cycle PWM	Tegangan Output Driver Motor (Volt)	Kecepatan Motor (RPM)
0	0	0
10	0.58	0
20	0.95	0
30	1.32	0
40	1.75	0
50	2.21	0
60	2.64	0
70	3.2	24.6
80	3.73	31.3
90	4.83	39
100	5.02	48.1
110	5.63	55.8
120	6.14	62.9
130	6.54	68.8
140	7.23	74.5
150	7.65	82
160	8.2	85.6
170	8.53	91.4
180	9.02	96.5
190	9.47	100.4
200	9.98	104.3
210	10.52	108.8
220	11.03	113.4
230	11.55	120
240	12.11	127
255	12.23	130.1

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 sebenarnya yang dibaca oleh alat ukur *tachometer*. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian sensor kecepatan berdasarkan perubahan nilai *duty cycle PWM*.

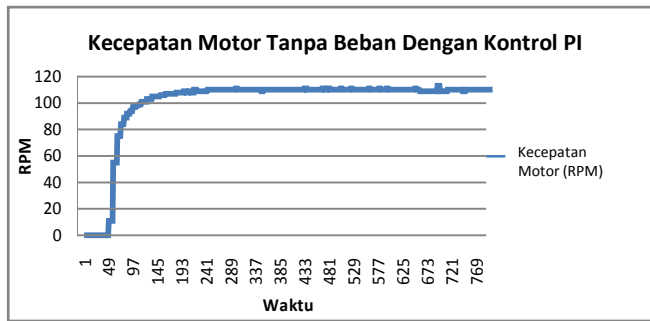
Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Kecepatan

Duty cycle PWM	RPM Pada LCD	RPM Tachometer	Error
0	0	0	0
20	0	0	0
40	0	0	0
60	17.1	18.3	6.55
80	32.38	32.5	0.36
100	48.1	48.2	0.20
120	61.8	62.4	0.64
140	73.5	73.8	0.40
160	79.55	79.8	0.31
180	92.50	94	1.59
200	101.75	102.9	1.11
220	109.15	109.6	0.82
240	121.13	121.3	0.14
255	126	126.5	0.39

4.3 Pengujian Kontrol PI

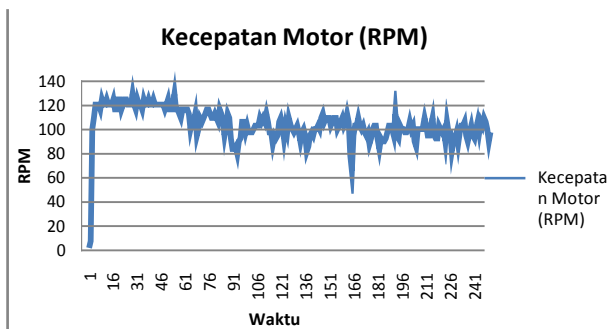
Pengujian kontrol PI dilakukan dengan menganalisa respon PI berdasarkan nilai Kp dan Ki yang telah dirancang sebelumnya menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols. Respon PI ini akan menunjukkan apakah nilai Kp dan Ki yang telah dirancang mampu menghasilkan *output* yang sesuai dengan *set point* yang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

Pada pengujian awal untuk mengetahui respon kecepatan motor tanpa beban dan tanpa kontrol PI dengan *set point* 110 rpm.



Gambar 12. Respon tanpa kontrol PI dan tanpa beban.

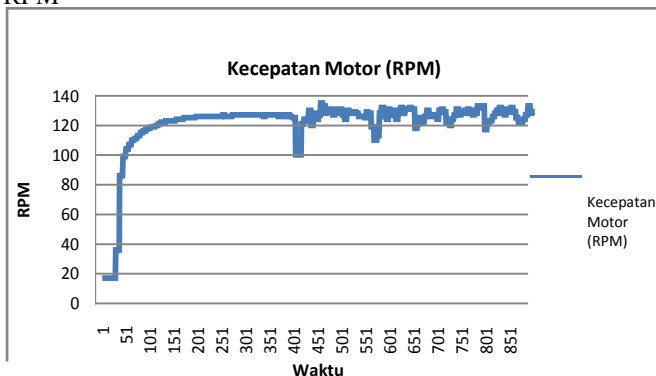
Kemudian dilakukan percobaan dengan *set point* 120 Rpm. Tapi tanpa menggunakan kontrol PI.



Gambar 13. Respon tanpa kontrol PI dengan beban

Gambar 13. merupakan respon kecepatan dari motor tanpa kontrol PI namun menggunakan beban. dengan *set point* 120 rpm. Sebelum beban di masukkan motor berputar sesuai *set point* namun saat diberi beban kecepatan motor berkurang dan tidak dapat mempertahankan kecepatan sesuai *set point*.

Kemudian Pengujian dilakukan dengan $K_p = 0.909$ dan $K_i = 4.166$ Pada Kondisi dengan Beban dengan *set point* 110 RPM

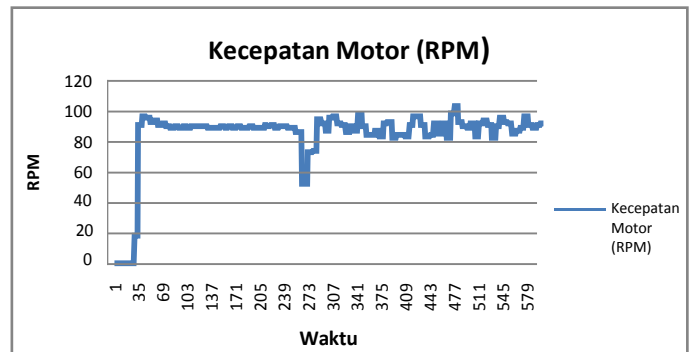


Gambar 14. Respon Sistem dengan $K_p = 0.909$ dan $K_i = 4.166$

Berdasarkan gambar 14 grafik respon dari kecepatan motor menggunakan beban dengan nilai $K_p = 0.909$ dan $K_i = 4.166$ dengan metode tuning Osilasi dengan *time sampling* 100 ms dapat membentuk kurva respon yang memiliki performa respon sebagai berikut :

- Max. Overshoot (MO%)* = 0%
- Rise time* = 0.56s
- Error stady state% (Ess%)* = 4.54%
- Settling Time* = 5.11s

Kemudian selain menggunakan tuning dengan metode osilasi juga digunakan metode *try end error*. Di harapkan sistem memiliki respon yang baik. Berikut grafik respon dari sistem dengan *set poin* 90 dan nilai $K_p=1.2$ dan $K_i=13$.



Gambar 15. Respon Sistem dengan $K_p=1.2$ dan $K_i=13$

Berdasarkan gambar 15 grafik respon dari kecepatan motor tanpa beban dengan nilai $K_p = 1.2$ dan $K_i = 13$ menggunakan metode *try and error* dengan *time sampling* 100 ms dapat membentuk kurva respon yang memiliki performa respon sebagai berikut :

- Max. Overshoot(MO%)* = 0.8%
- Rise time* = 0.06s
- Error Stady State (Ess %)* = 13.62%
- Settling time* = 3.8s

Dengan menggunakan metode *try and error* respon sistem menjadi lebih baik yaitu *rise time* yang semakin cepat.

4.4 Pengaruh Kecepatan motor terhadap waktu

pengujian menggunakan kedelai kering. Setiap pegujian kedelai menggunakan kedelai 100 gram.

Tabel 4. Kecepatan motor terhadap waktu pengupasan

Kecepatan Motor (RPM)	Waktu Pengupasan Kulit Kedelai (Dengan Kontrol PI)
80	2.3 menit
90	2.02 menit
100	1.38 menit
110	1.08 menit

Berdasarkan pengujian dengan RPM yang berbeda dan kapasitas kedelai sama yaitu 100 gram. Kecepatan motor mempengaruhi lama waktu proses pengupasan. Dengan rpm 110 di dapat waktu paling cepat pada proses pengupasan yaitu 1.08 menit.

Untuk hasil pengupasan dengan rpm yang berbeda hasil pengupasan tidak jauh berbeda. Dapat dikatakan kedelai

terkelupas dengan pengertian terbelah menjadi dua dengan prosentase 70%. Berikut gambar 16 adalah gambar hasil pengupasan.



Gambar 16. Hasil pengupasan

arduino uno atmega 328P. Universitas Maritim Raja Ali Haji.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil pengujian sensor *rotary encoder* sebagai sensor kecepatan dapat dikatakan cukup baik karena memiliki error rata - rata sebesar 0.89%. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan sensor *rotary encoder* yang tampil pada LCD dengan alat ukur *tachometer*.
2. Hasil perancangan kontrol PI menggunakan metode osilasi Ziegler – Nichols didapat nilai $K_p = 0.909$ dan $K_i = 4.166$. Hasil pengujian menggunakan beban kedelai kering 100 gram dengan *setpoint* 110 rpm menghasilkan performa sistem $Max.Overshoot (MO\%) = 0 \%$, $Rise\ time = 0.56\ s$, $Error\ Steady\ State (Ess\%) = 4.54 \%$, $Settling\ Time = 5.11\ s$.
3. Hasil perancangan kontrol PI menggunakan metode *try and error* diperoleh performa sistem yang baik dengan nilai $K_p=1.2$ dan $K_i =13$. Hasil pengujian menggunakan beban kedelai kering 100 gram dengan *setpoint* 90 rpm menghasilkan performa sistem $Max.Overshoot = 0.8\%$, $Rise\ time = 0.06s$, $Error\ steady\ state\ \% = 13.62\%$, $Settling\ time = 3.8s$. Dengan menggunakan metode *try and error* ini nilai *rise time* dapat dipersingkat.
4. Besarnya nilai *setpoint* mempengaruhi waktu proses pengupasan pada alat pengupas kulit ari kedelai menggunakan beban berupa kedelai kering 100 gram. Dengan menggunakan nilai $K_p = 0.909$ dan $K_i = 4.166$ dengan *setpoint* 110 rpm menghasilkan waktu pengupasan paling cepat yaitu 1.08m dengan pesentase hasil pengupasan 70%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwinaningsih, Erna Ayu. 2010. Karakteristik Kimia Dan Sensori Tempe Dengan Variasi Bahan Baku Kedelai/Beras Dan Penambahan Angkak Serta Variasi Lama Fermentasi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [2] Antoni, reza, dkk. 2008. Perancangan sistem pengaturan kecepatan motor dc menggunakan *ZIX BEE PRO* berbasis

- [3] Cahyarini, Rita Dewi dkk., 2014. Identifikasi Keragaman Genetik Beberapa Varietas Lokal Kedelai di Jawa Berdasarkan Analisis Isozim. *Agrosains* 6(2): 79-83, 2004.
- [4] Lutfi, musthofa, dkk. 2010. Modifikasi Dan Uji Kinerja Orbapas (Alat Pengupas Biji Kedelai). Universitas Brawijaya. Malang
- [5] Bimantara Tidar Naula. 2015 “ Implementasi Kontrol PID Pada Pengaturan Suhu Untuk Perbusan Kedelai Dalam Proses Pembuatan Tempe.” Skripsi Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang.
- [6] Utari, diah M. 2010. Kandungan Asam Lemak, Zink, Dan Copper Pada Tempe, Bagaimana Potensinya Untuk Mencegah Penyakit Degeneratif?. Departemen Gizi Kesmas Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia.
- [7] Wicaksono, Handy. 2004. Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC . Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

