

Pengendali Frekuensi Generator AC 3 FASA Dari Perubahan Arus Beban

Ricky Kristya Widyantoro , Fathoni, Subiyantoro

Abstrak - Penelitian dari pembuatan laporan skripsi ini adalah modul untuk pengaturan frekuensi generator AC 3 fasa magnet tidak permanen. Pada penelitian sebelumnya, menggunakan Generator AC 1 fasa dengan frekuensi tidak dikontrol. Oleh karena itu alat ini dibuat agar frekuensinya dapat dikontrol, serta digunakan sebagai modul praktikum khususnya untuk pembelajaran di lab Elektronika Daya.

Pada modul pembelajaran ini akan dianalisa pengaruh arus beban terhadap frekuensi generator AC 3 Fasa. Supply pada modul ini menggunakan Power Supply sebagai sumber untuk menggerakkan motor DC yang dihubungkan ke generator AC 3 fasa menggunakan *pulley*. Numpad digunakan untuk memasukkan frekuensi yang diinginkan dengan range $\geq 50\text{Hz} - \leq 100\text{Hz}$, frekuensi $\geq 50\text{Hz}$ agar sama dengan dengan frekuensi tegangan AC dari PLN. Dan apabila terjadi perubahan beban otomatis frekuensi akan ikut berubah, untuk menjaga frekuensi generator konstan di *set point* yang diinginkan maka dikontrol dengan PWM (*Pulse With Modulation*) menggunakan mikrokontroler Amega 16 dengan metode PI. Hasil dari skripsi ini adalah modul praktikum pengendali frekuensi generator AC 3 fasa dengan frekuensi konstan dari perubahan arus beban.

Hasil dari pengujian yang dilakukan, alat tersebut dapat digunakan sebagai modul pengendali frekuensi generator AC 3 fasa dengan penggerak motor DC yang dikontrol menggunakan mikrokontroler. Pada saat kita masukkan input frekuensi 100Hz tanpa beban maka frekuensi generator akan beresilasi diantara *setpoint* yaitu antara 96Hz hingga 106Hz. Dan ketika dibeban dengan resistor 2k2 Ohm dengan *setpoint* yang sama frekuensi generator akan beresilasi yaitu diantara 93Hz hingga 106Hz. Sehingga meskipun beban berubah maka frekuensi akan tetap stabil di frekuensi yang sudah dimasukkan.

Kata Kunci : motor DC, generator AC, frekuensi, kontrol PI.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan hal yang sangat penting dalam seluruh kehidupan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidup. Pengembangan dan penerapan

system pembangkit energy listrik alternative yang dapat diperbaharui (renewable) dengan memanfaatkan beberapa sumber energi seperti : air, angin, dan surya serta untuk system pengisian baterai. Salah satunya diperoleh dengan melakukan konversi energi mekanik ke energi listrik melalui alat yang dikenal dengan nama generator sinkron. Karena hal ini menyangkut konversi energi mekanik, mahasiswa perlu mengetahui atau menambah wawasan bagaimana generator mengkonversi energi agar dapat menghadapi tantangan dalam bidang renewable energy sesuai dengan yang diharapkan pada lingkup kerjanya. Dalam hal ini berdasarkan modul yang dibutuhkan untuk praktikum elektronika daya di laboratorium Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zerocrossing Detector

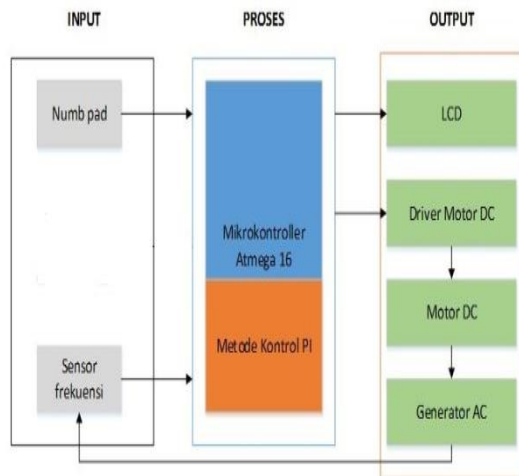
Zerocrossing Detector (sensor frekuensi) adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif

2.2 Sistem Kontrol PID

Sistem Kontrol PID (*Proportional - Integral - Derivative controller*) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu system instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada system tersebut (Feedback). Sistem control PID terdiri dari tiga buah cara pengaturannya itu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing - masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing - masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan system kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapsinyal keluaran system terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

III. METODOLOGI

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Berikut penjelasan fungsi dari masing-masing blok diagram sistem pada gambar 1 :

1. Numb Pad
Digunakan untuk memasukkan nilai *set point* frekuensi dan Running motor DC.
2. Sensor Frekuensi
Digunakan untuk membaca frekuensi dari generator, menggunakan rangkaian *zerocross detector*.
3. Mikrokontroler ATmega 16
Sebagai pengontrol sistem kerja rangkaian melalui software.
4. LCD
Digunakan untuk menampilkan *setpoint*serta indicator frekuensi dan *supplay* PWM pada saat itu.
5. Driver Motor
Berfungsi untuk menggerakkan motor sesuai dengan perintah dari kontroler .
6. Motor DC
Berfungsi sebagai penggerak untuk generator AC dengan secara mekanik dalam hal ini menggunakan *pulley*.
7. Generator AC 3 fasa
Aktuator yang menghasilkan frekuensi dan dikontrol menggunakan kecepatan putar motor DC yang dikontrol melalui driver motor.

3.2 Desain Mekanik



Gambar 2 Desain Mekanik

Berikut spesifikasi alat yang akan digunakan dalam penelitian:

a.)Dimensi Papan Alas

Panjang : 73 cm

Lebar : 44 cm

Tinggi : 4 cm

b.) Dimensi Control Box

Panjang : 73 cm

Lebar : 15 cm

Tinggi : 12 cm

c.) Diameter Pulley

Diameter pulley Generator : 4,5 cm

Diameter pulley Motor DC : 3 cm

d.)Dimensi Vanbelt

Panjang : 44 cm

Lebar : 1 cm

Tipe : A

e.)Bahan

Papan alas : : Kayu

Control Box :Acrylic

Pulley : Alumunium

Vanbelt :Karet

f).Warna

Papan alas : : Hitam

Control Box:Hitam

g.).Frekuensi Generator AC 3 fasa

Frekuensi (yang dikontrol) :50Hz -100Hz

Frekuensi (maksimum) : 221Hz

h.).Penggunaan Listrik

Trafo Exciter : 24 VDC (maks Tegangan), 3 Ampere (maks Arus)

Motor DC : 24 VDC, 7.3 Ampere (maks RPM)

3.3 Rangkaian Driver Motor DC

Untuk mengontrol frekuensi diperlukan tegangan maksimum 24 VDC dan arus maksimum 7,3 ampere tanpa beban (pada saat starting motor arus menjadi 2 – 3 kali lipat) oleh karena itu digunakan mosfet IRF3205 dengan Ids sampai 80 ampere. Disini 24 VDC diperoleh dari Power Supply 24V.

3.4 Rangkaian Sensor Frekuensi *Zerocross Detector*

Sensor *zerocross detector* digunakan untuk mencuplik sinyal sinus pada saat persilangan nol baik di transisi naik maupun turundan untuk menghitung frekuensi melalui *Image Capture*, yang nantinya disalurkan menuju *microcontroller ATMEGA 16*. Frekuensi variabel keluaran *zerocross* dipengaruhi oleh frekuensi keluaran dari Generator AC 3 fasa, dimana semakin tinggi frekuensi generator, maka semakin besar frekuensi yang dikeluarkan menuju *microcontroller ATMEGA 16*.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pengujian rangkaian driver motor DC ini dilakukan dengan mengubah-ubah nilai PWM dari *Micocontroller Atmega16* dari 0 hingga 255, dan motor DC diberi tegangan 24 VDC. Tabael 1 menampilkan perubahan frekuensi generator AC yang telah di *-coupled* dengan motor DC berdasarkan perubahan nilai PWM dari *Microcontroller Atmega16*. Semakin tinggi nilai PWM maka fkekuensi generator tanpa beban juga semakin naik.. Sedangkan tabel 2 menampilkan perubahan tegangan output terhadap perubahan frekuensi. Semakin naik frekuensi maka tegangan output juga akan naik,

Tabel 1 Tabel Hasil Pengujian Driver Motor DC

PWM	Frekuensi Generator (Tanpa Beban)
0	0
50	20
100	112
150	169
200	200
250	221

Tabel 2 Tabel Hasil Pengujian Frekuensi terhadap Tegangan Output

Frekuensi (Hz)	Tegangan Output (V)
50	5,4
60	7
70	8
80	9
90	11
100	12,5

4.2 Pengujian Sensor *Zerocross*

Pengujian mikrokontroler *Atmega16* bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian *minimum system Atmega16* ini berfungsi dengan baik atau tidak. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3 Tabel Hasil Pengujian Sensor *Zerocross*

PWM	Sensor (Hz)	Osiloskop (Hz)	Error (%)
0	0	0	0
72	50	50,3	0,5964
78	60	63,3	5,2132
84	70	71,2	1,8232
90	80	80,4	0,4975
95	90	91	1,0989
98	100	100,8	0,7936

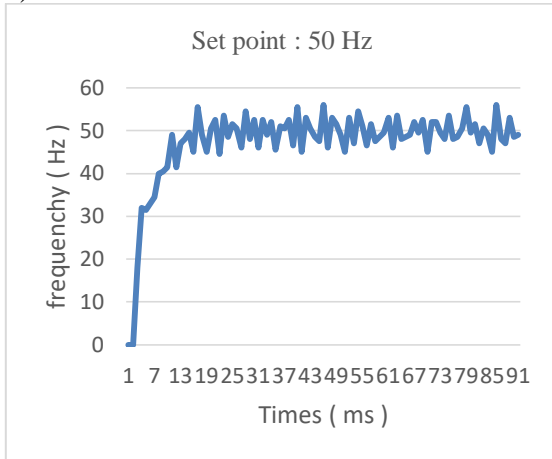
Hasil pengujian sensor *zerocross* membuktikan bahwa terdapat perbedaan hasil *sensing* sensor dengan *osiloskop*. Rata-rata dari *error* setiap *sensing* terhadap perubahan PWM adalah 1,6704%. Hal ini menunjukkan bahwa *error* tersebut masih dapat ditoleransi dan *zerocross* tersebut layak digunakan.

Selain itu, hasil *sensing* sensor yang tertampil pada LCD tidak dapat menampilkan nilai yang pasti, selalu berubah-ubah namun pada *range* tertentu. Hasil *sensing* pada osiloskop juga demikian. Hal ini yang menyebabkan terjadinya *error* namun tidak terlalu besar.

4.3 Pengujian Metode Osilasi PI *Ziegler-Nichols* pada Frekuensi Generator

Pengujian metode osilasi PI *Ziegler-Nichols* pada frekuensi generator dilakukan dengan memasukkan *Kp* dengan nilai 0,45 dan *Ki* dengan nilai 0,27 yang diperoleh melalui cara sebelumnya di Bab 3, serta menganalisis respon frekuensi generator yang diberikan metode PI tersebut. Hal ini bertujuan untuk menentukan apakah metode ini lebih baik atau kurang baik jika dibandingkan dengan tanpa kontrol.

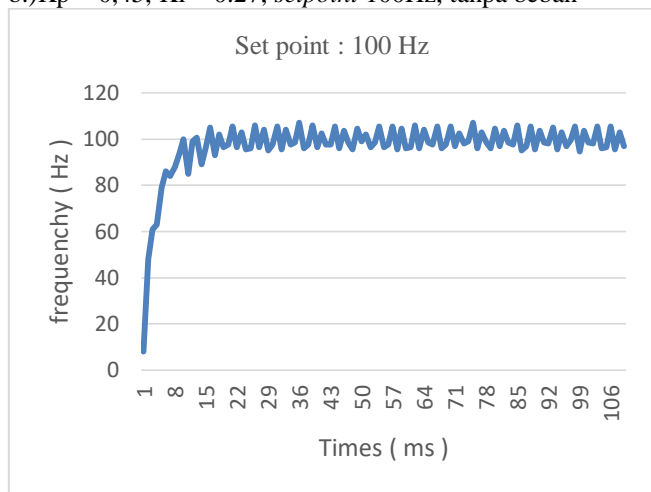
a.) $K_p = 0,45$, $K_i = 0.27$, *setpoint* 50Hz, tanpa beban
 b.)



Gambar 3 Respon Frekuensi Generator Terkontrol Tanpa Beban (*Setpoint* 50Hz)

Gambar 3 menunjukkan bahwa frekuensi generator dengan kontrol tanpa beban mulai *steady state* di *peak time* (tp)700ms.Hal ini dikarenakan motor DC yang di-couple dengan generator mengalami *starting* yang berat. Selain itu pada grafik juga menunjukkan bahwa frekuensi generatorpada waktu *steady state* tidak tepat pada *setpoint* 50Hz, namun selalu beresilasi antara 45Hz hingga 56Hz.

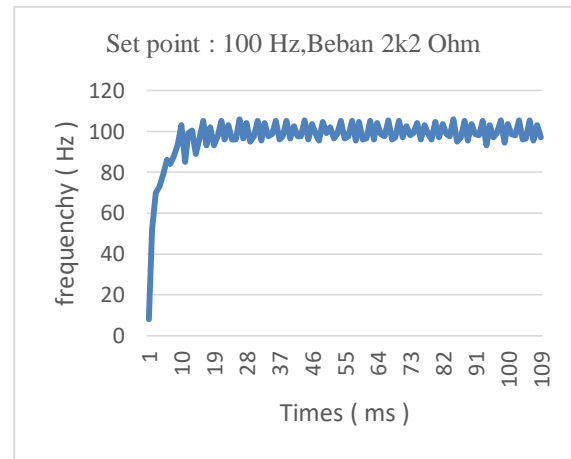
b.) $K_p = 0,45$, $K_i = 0.27$, *setpoint* 100Hz, tanpa beban



Gambar 4 Respon Frekuensi Generator Terkontrol Tanpa Beban(*Setpoint* 100Hz)

Gambar 4 menunjukkan bahwa frekuensi generator dengan kontrol tanpa beban mulai *steady state* di *peak time* (tp)600ms,lebih cepat daripada saat frekuensi di setpoint 50Hz .Sama seperti pada setpoint 50Hz pada grafik juga menunjukkan bahwa frekuensi generatorpada waktu *steady state* tidak tepat pada *setpoint* 100Hz, namun selalu beresilasi antara 96Hz hingga 105Hz

c.) $K_p = 0,45$, $K_i = 0.27$, *setpoint* 100Hz, beban 2k2.



Gambar 5 Respon Frekuensi Generator dengan Beban 2k2

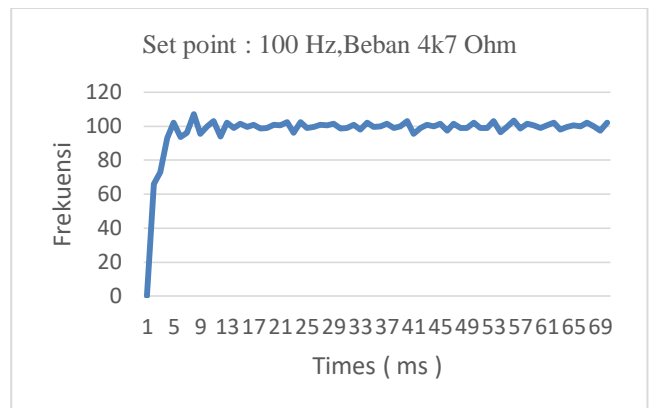
Gambar 5 menunjukkan bahwa frekuensi generator dengan $K_p = 0,45, K_i = 0,27$, dengan beban 2k2 memiliki *maximum peak* (Mp) sebesar 106Hz dengan *peak time* (tp) 2600 ms, dan frekuensi terendah 93Hz *peak time* (tp) 1900 ms. *Percent Overshoot* (PO) yang dihasilkan oleh frekuensi generatoryang terkontrol dengan beban dapat diketahui dengan rumus:

$$PO = \frac{\text{Maximum peak} - \text{Setpoint}}{\text{Setpoint}} \times 100\%$$

$$= \frac{106 - 100}{100} \times 100\%$$

PO = 6%

c.) $K_p = 0,45$, $K_i = 0.27$, *setpoint* 100Hz, beban 4k7



Gambar 6 Respon Frekuensi Generator dengan Beban 4k7

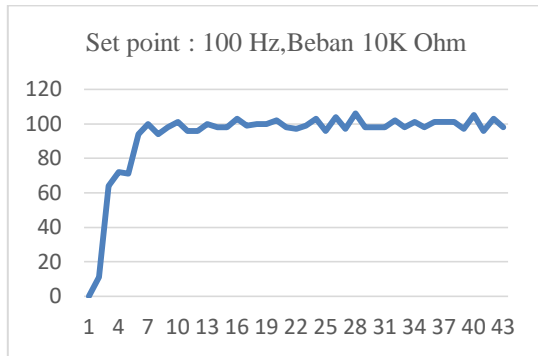
Gambar 6 menunjukkan bahwa saat frekuensi generatordengan beban 4k7 memiliki *maximum peak* (Mp) sebesar 107Hz dengan *peak time* (tp) 800 ms, dan frekuensi terendah sebesar 94Hz di *peak time* (tp) 940 ms *Percent Overshoot* (PO) yang dihasilkan oleh frekuensi generator dengan beban dapat diketahui dengan rumus:

$$PO = \frac{\text{Maximum peak} - \text{Setpoint}}{\text{Setpoint}} \times 100\%$$

$$= \frac{107 - 100}{100} \times 100\%$$

PO = 7%

d.)Kp = 0,45, Ki = 0.27, setpoint 100Hz, beban 10k



Gambar 7 Respon Frekuensi Generator dengan Beban 10K

Gambar 7 menunjukkan bahwa saat frekuensi generatordengan beban 10k memiliki *maximum peak* (Mp) sebesar 106Hz dengan *peak time* (tp) 2800 ms, dan frekuensi terendah sebesar 96Hz di *peak time* (tp) 2500 ms *Percent Overshoot* (PO) yang dihasilkan oleh tegangan output tanpa beban dapat diketahui dengan rumus:

$$PO = \frac{Maximum\ peak - Setpoint}{Setpoint} \times 100\%$$

$$= \frac{106 - 100}{100} \times 100\%$$

PO = 6

Dari hasil percobaan tanpa beban dan menggunakan beban 2k2Ω, 4k7Ω, dan 10kΩ. Terlihat bahwa selisih antara *MaximumPeak* dan *Minimum Peak* tidak terdapat perbedaan yang signifikan atau hasilnya relatif sama, hal ini membuktikan bahwa kontrol frekuensi berjalan dengan baik. Begitu juga dengan PO (Percentage Overshoot). Berikut table 4.4 perbandingan selisih frekuensi (fmaks - fmin) dan PO (Percentage Overshoot):

Tabel 4.4 perbandingan selisih frekuensi (fmaks - fmin) dan PO (Percentage Overshoot)

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pengendali frekuensi generator telah berhasil telah berhasil dibuat dan bekerja dengan baik, khususnya pengaturan frekuensi yang dapat dikontrol dari kecepatan putar motor DC. Dan berikut ini adalah kesimpulan lain yang didapatkan:

1. Dengan mengimpelentasikan metode PI (*Proportional Integral*) dengan parameter Kp = 0,45 dan Ki = 0,27 pada frekuensi generator, metode PI mampu mempercepat sistem menuju *setpoint* yang ditentukan. Akan tetapi mengakibatkan respons sistem mengalami fluktuatif di range *set point* yang sudah ditentukan. Pada saat frekuensi di *set point* 50Hz tanpa beban, respon frekuensi tidak stabil sempurna di set point 50Hz tetapi fluktuatif diantara range 45Hz – 56Hz.

2. Perbandingan antara frekuensi dan tegangan output generator adalah berbanding lurus dan linier. Semakin tinggi frekuensi generator maka semakin tinggi tegangan output yang dihasilkan generator. Di range frekuensi minimal yaitu 50 Hz generator menghasilkan tegangan output 5,4 V, dan pada range frekuensi maksimal yaitu 100 Hz generator menghasilkan tegangan output sebesar 12,5 V
3. *Percent Overshoot* (PO) yang ditimbulkan respon frekuensi dengan beban 2k2Ω sebesar 6 %, dengan beban 4k7Ω sebesar 7 %, dan dengan beban 10kΩ sebesar 6%.
4. Jika beban semakin besar maka rise time mencapai keadaan steady state semakin cepat. Dengan beban 2k2 Ω rise time mencapai steady state pada 1000 ms, dengan beban 4k7 Ω rise time mencapai steady state pada 800 ms, dan dengan beban 10k Ω rise time mencapai keadaan steady state pada 700 ms.
5. Dari hasil percobaan tanpa beban dan menggunakan beban 2k2Ω, 4k7Ω, dan 10kΩ. Terlihat bahwa selisih antara *MaximumPeak* dan *Minimum Peak* tidak terdapat perbedaan yang signifikan atau hasilnya relatif sama, hal ini membuktikan bahwa kontrol frekuensi berjalan dengan baik.

5.2 Saran

Pengendali frekuensi generator ac 3 fasa yang telah dibuat masih banyak kekurangan. Perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan agar alat ini dapat bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang disarankan untuk perbaikan dan penyempurnaan yaitu:

1. Dari segi mekanik, sebaiknya perlu dipertimbangkan masalah keregangangan pada vanbelt. Karena keterbatasan alat untuk merenggangkan vanbelt pada keadaan paling baik (tidak bisa diregangkan)
2. Dari segi elektronik, perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan pada *wiring* elektronik sehingga pembacaan sensor pada *microcontroller* lebih akurat dan untuk menghindari *error* pada sistem.
3. Dari segi *software*, perlu adanya metode kontrol lain sebagai perbandingan apakah metode baru yang digunakan lebih baik atau kurang baik dibandingkan metode PI (*Proportional Integral*) yang digunakan saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Frank D. Petruzela (The McGraw-Hill Companies, Inc) (2001). *Sistem distribusi daya, mencakup operasi dan aplikasi transformer, distribusi in-plant. Alat kendali industrial, mencakup saklar yang dioperasikan secara manual dan mekanis, transducer dan sensor, aktuator.*
- [2] Hartono Fandy (2016). *Pengaturan Kecepatan Dan Posisi Motor AC 3 Fasa Menggunakan DT AVR Low Cost Micro System.* Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Huda, Deni Nurul (2014). *Pengujian Untuk Kerja Speed Drive VF-S9 Dengan Beban Motor Induksi 3 Fasa 1 Hp.* Jurnal Teknik Listrik Politeknik Negeri Bandung.
- [4] Ningsih Ana, Oyas Wahyunggoro, M Isnaeni BS (2015) *Judul Penelitian "Kendali Penstabil Frekuensi dan Tegangan Untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Beban*

- Komplemendengan Pengendali PID dan PWM.* Jurnal Teknik Elektro Universitas Gajah Mada.
- [5] Said Abubakar , Supri Hardi , Rizal Alfayumi (2017). *Sistem Pengendali Tegangan pada Generator Induksi 3 Fasa Menggunakan Kontrol PI*. Journal of Electrical Technology Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [6] Sadli, M. (2014). *Disain Kontroler PI dengan Decoupling Pada Sistem Kendali Level Coupled Tank*. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh Utara.
- [7] Andrianto, M. 2014. *Kendali Kecepatan Motor Direct Current (DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Controller Terhadap Beban*. Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Malang.
- [8] Firmansyah, Fajar Shofa. 2015. *Pengaturan Kecepatan Motor DC Pada Proses Packing Bubuk Kopi Biji Salak Menggunakan Kontrol PID*. Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Malang.
- [9] Pradana, Rino Wahyu. 2015. *Implementasi Kontrol PID Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Untuk Pengemasan Kedelai Dalam Proses Pembuatan Tempe*. Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Malang.
- [10] Wahyudi. 2008. *Tuning Parameter Kontrol Proporsional Integral Menggunakan Sugeno Fuzzy Inference System*. Transmisi. Jurnal Teknik Elektro. Jilid 10, Nomor 2, hlm 97-102