



**SISTEM KONTROL TEGANGAN (DC-DC *BUCK CONVERTER*)  
DENGAN METODE *ZIEGLER NICHOLS***

**SKRIPSI**

Oleh :

**AFIF FANDI DWI SAKTIANTO**

**181910201037**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2023**



**SISTEM KONTROL TEGANGAN (DC-DC BUCK CONVERTER)  
DENGAN METODE ZIEGLER NICHOLS**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai tugas akhir untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro  
(S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Afif Fandi Dwi Saktianto

181910201037

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2023**

## PERSEMBAHAN

Segala puja dan puji syukur kehadirat Allah Swt dengan segala limpahan karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan kenikmatan, ketabahan, kelancaran dan kemudahan sehingga penelitian skripsi ini terselesaikan. Shalawat serta salam selalu tucurahkan kepada Baginda Rasulullah saw. Penelitian ini dipersembahkan kepada:

1. Keluarga penulis khususnya kakek nenek yang selalu memberi nasihat. Kedua orang tua Bapak Suparlan dan Ibu Siti Harliati yang telah membesarkan, dan selalu mendidik, mendoakan yang terbaik kepada anak-anaknya. Kepada kakak Ilham Pandu Ashari yang selalu sabar. Dan adikku Iing Ragil Safitri yang selalu nurut kepada kakak-kakaknya.
2. Semua guru yang telah mengajarkan kebaikan dunia dan akhirat mulai dari taman kanak-kanak hingga sekarang.
3. Seluruh bapak ibu tenaga pengajar atas ilmu yang telah diajarkan dan bimbingan yang diberikan selama ini dengan penuh kesabaran.
4. Teman-teman seperjuangan mulai dari taman kanak-kanak hingga teman Satelite-18 yang telah mendukung dan memotivasi dan memberi semangat untuk meraih kesuksesan bersama.
5. UKM Robotika Universitas Jember tempat menuntut ilmu khususnya di bidang robotika.
6. Almamater tercinta, Fakultas Teknik Universitas Jember sebagai tempat untuk menimba ilmu khususnya di bidang teknik elektro.
7. Teman-teman yang selalu memberikan motivasi selama mengerjakan tugas akhir ini.

Dan akhir kata dipersembahkan untuk semua orang yang tidak dapat ditulis satu persatu, dan untuk orang yang telah memberikan motivasi.

**MOTTO**

“Suatu hari nanti anda akan menemukan sesuatu yang sudah lama anda minta kepada Tuhan, mungkin sejak kecil, yang bahkan sudah anda lupakan, tetapi Tuhan tidak melupakannya”

**(Habib Umar bin Hafidz)**

“Langkah pertama dalam pencarian ilmu adalah mendengarkan, kemudian mendengarkan dengan diam dan penuh perhatian, kemudian melindungi, mengamalkan, dan menyebarkan”

**(Sufyan bin Uyainah)**



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afif Fandi Dwi Saktianto

Nim : 181910201037

Menyatakan karya ilmiah berjudul “Sistem Kontrol Tegangan (Dc-Dc *Buck Converter*) dengan Metode *Ziegler Nichols*” adalah karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan hasil jiplakan. Saya bertanggung jawab dengan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Oleh karena itu, pernyataan ini saya buat dengan jujur dan tanpa adanya paksaan dari pihak manapun. Saya bersedia mendapat sanksi jika pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Januari 2023

Yang menyatakan,

Afif Fandi Dwi Saktianto

181910201037

**SKRIPSI**

**SISTEM KONTROL TEGANGAN (DC-DC *BUCK CONVERTER*)  
DENGAN METODE *ZIEGLER NICHOLS***

Oleh:

Afif Fandi Dwi Saktianto

NIM 181910201037

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Guido Dias Kalandro, S. S T., M.Eng.

## RINGKASAN

**Sistem Kontrol Tegangan (Dc-Dc *Buck Converter*) dengan Metode *Ziegler Nichols***; Afif Fandi Dwi Saktianto; 181910201037; 2023; 71 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kontes Robot Indonesia (KRI) merupakan kompetisi dalam bidang robotika yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. Kontes Robot Indonesia (KRI) diikuti oleh tim mahasiswa dari Perguruan. Salah satu divisi yang diperlombakan pada Kontes Robot Indonesia yaitu KRSBI beroda. Selama pengoperasian robot terjadi pergerakan robot yang tidak stabil dikarenakan nilai tegangan yang berubah-ubah pada motor dc yang digunakan. Sehingga dibutuhkan sebuah rancang bangun sistem kontrol dc-dc *buck converter*.

Pemrograman yang dipakai pada tugas akhir ini menggunakan arduino IDE dengan mikrokontroler arduino nano. Sedangkan pengujian yang dilakukan terdiri dari pengujian sensor yaitu sensor tegangan dari *voltage divider* dan pengujian keseluruhan yaitu pengujian ini dilakukan dengan variasi beban yaitu beban resistor dan beban motor. Pengujian dc-dc *buck converter* tanpa menggunakan metode *Ziegler Nichols* yaitu pengaturan nilai keluaran tegangan diatur menggunakan potensiometer sedangkan proses pengujian dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols* dengan memasukkan nilai set point pada program.

Pada proses tuning PID dengan metode *Ziegler Nichols* tipe 1 dengan simulasi MATLAB untuk mengetahui nilai *delay time* atau L dan nilai T atau *rise time*, untuk memperoleh nilai parameter Kp sebesar 9.6, nilai Ki sebesar 0.075 dan nilai Kd sebesar 0.18. Dari parameter yang telah didapatkan diketahui bahwa sistem respon nilai *rise time* 0,301 detik, dan *settling time* sebesar 1,17 detik.

Pengujian pertama yaitu pengujian sensor hal ini dikarenakan fungsi dari sensor tegangan sebagai umpan balik saat menggunakan metode PID *Ziegler Nichols*. Pengujian sensor tegangan yang sudah dilakukan dan diperoleh data sesuai tabel di atas maka dapat dianalisis bahwa semakin kecil selisih pembacaan sensor dan multimeter maka diperoleh error persen yang cukup kecil dan sensor tegangan

dengan menggunakan resistor pembagi tegangan mempunyai ketelitian yang cukup baik.

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian beban resistor tanpa menggunakan metode. Pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi dapat dianalisis bahwa semakin besar nilai resistansi beban yang diberikan maka semakin besar pula nilai efisiensi yang dihasilkan. Berdasarkan pengujian resistor tanpa pengendali dapat dianalisis bahwa pengaruh nilai resistansi beban berpengaruh terhadap nilai arus yang dihasilkan. Yaitu semakin besar nilai resistansi yang diberikan pada *buck converter* maka nilai nilai arus yang dihasilkan semakin kecil. Dari sisi tegangan dapat dilihat semakin besar nilai tegangan keluaran maka semakin besar nilai arus yang dihasilkan. Dan daya keluaran *buck converter* berbanding lurus dengan nilai arus dan tegangan hal ini dikarenakan perhitungan nilai daya diperoleh dari perkalian arus dan tegangan.

Pengujian beban resistor dengan menggunakan metode dapat dianalisis bahwa bahwa pengaruh perubahan nilai resistansi beban mempengaruhi nilai daya yang dihasilkan baik input maupun output. Semakin besar nilai resistansi maka semakin kecil daya yang dihasilkan baik daya input maupun output. Kemudian variasi input pada *buck converter* dengan metode PID *Ziegler Nichols* beban resistor dengan set point yang sama berpengaruh pada daya input yang dihasilkan. Semakin kecil tegangan input pada *dc-dc buck converter* maka semakin kecil nilai arus dan daya yang dihasilkan.

Pengujian menggunakan beban motor tanpa menggunakan metode dengan variasi keluaran tegangan sebesar 5 volt, 10 volt, 15 volt, dan 20 volt dapat dianalisis bahwa Semakin besar nilai arus maka semakin besar juga nilai tegangan yang dihasilkan. Dan sebaliknya semakin kecil tegangan keluaran maka arus input maupun output yang dihasilkan semakin kecil. Kemudian pengaruh daya terhadap variasi nilai tegangan keluaran yaitu semakin besar tegangan yang diatur pada set point keluaran maka semakin besar daya yang dihasilkan pada sistem kontrol tegangan *dc-dc buck converter*. Dan pengujian dengan menggunakan metode dapat dianalisis semakin besar tegangan masukan maka semakin besar daya yang dihasilkan dengan variasi input berbeda tetapi set point sama yaitu sebesar 22 volt.

## PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puja dan Puji syukur kehadiran Allah Swt atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah saw, keluarga dan sahabatnya menjadi teladan di dunia dan akhirat. Tujuan penulisan skripsi untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis khususnya kakek nenek yang selalu memberi nasihat. Bapak Suparlan dan Ibu Siti Harliati yang telah membesarkan, dan selalu mendidik, dan mendoakan yang terbaik kepada anak-anaknya. Kepada kakak saya Ilham Pandu Ashari yang selalu sabar. Dan adikku Iing Ragil Safitri yang selalu nurut kepada kakak-kakaknya.
2. Semua guru yang telah mengajarkan kebaikan dunia dan akhirat mulai dari taman kanak-kanak hingga sekarang.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku DPU dan bapak Guido Dias Kalandro, S.T., M.Eng. selaku DPA yang telah membimbing hingga terselesaikannya penelitian ini.
4. Bapak Dr. Ir. Azmi Saleh, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik semasa kuliah.
5. Bapak Dr. Ir. Satryo Budi Utomo, S.T., M.T. dan bapak Dr. Ir. Azmi Saleh, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan demi memperbaiki penelitian ini.
6. Seluruh keluarga besar Laboratorium Renewable energy, Laboratorium Elektronika dan Terapan dan UKM Robotika UNEJ yang telah memfasilitasi peralatan maupun bahan dalam pengerjaan penelitian ini.
7. Bapak Ir. Kurniawan Hidayat, S.T. sebagai pemberi saran dan juga pembimbing lapangan dalam proses pengerjaan.
8. Dulur SATELITE Elektro 2018 yang telah berjuang bersama sejak awal perkuliahan 2018 hingga terselesaikannya masa studi ini.

9. Sahabat-sahabat LPM yang berjuang bersama-sama semoga kita sukses serta semoga senantiasa dalam lindungan Allah.
10. Sahabat-sahabat Lab RE semoga senantiasa dalam lidungan Allah.
11. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
12. Teman-teman seperjuangan mulai dari taman kanak-kanak hingga sekarang yang telah mendukung dan memotivasi dan memberi semangat untuk meraih kesuksesan bersama

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT, harapan penulis adalah informasi dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembacanya.

Jember, 10 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>SKRIPSI</b> .....	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Batasan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>1.6 Sistematika Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Penelitian Terkait</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Buck Converter</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3 Pulse Width Modulation (PWM)</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4 Mikrokontroler</b> .....	<b>13</b>
<b>2.5 Sensor Tegangan</b> .....	<b>14</b>
<b>2.6 Pengendali PID</b> .....	<b>14</b>
2.6.1 Pengendali <i>Proportional</i> .....	16
2.6.2 Pengendali <i>Integral</i> .....	16
2.6.3 Pengendali <i>Derivative</i> .....	16
<b>2.7 Metode PID Ziegler Nichols</b> .....	<b>16</b>
2.7.1 <i>Ziegler-Nichols tipe 1 (open loop)</i> .....	17

2.7.2 Ziegler-Nichols tipe 2 ( <i>closed loop</i> ) .....	18
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Diagram Alir .....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Studi Literatur dan Perumusan Masalah .....	20
3.1.2 Perancangan dan Simulasi Alat .....	20
3.1.3 Pengujian Alat .....	20
3.1.4 Pengambilan data dan Analisis Data .....	21
3.1.5 Penyusunan Laporan .....	21
<b>3.2 Rencana Pengujian Alat .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Diagram Block Sistem .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Perancangan Buck Converter .....</b>	<b>23</b>
3.4.1 Menentukan <i>Duty Cycle</i> .....	24
3.4.2 Perhitungan Induktor .....	24
3.4.3 Pemilihan Kapasitor .....	24
3.4.4 Sensor Pembagi Tegangan .....	25
<b>3.5 PID Ziegler Nichols .....</b>	<b>26</b>
3.5.1 Perhitungan Nilai $k_p$ : .....	27
3.5.2 Perhitungan Nilai $k_i$ : .....	27
3.5.3 Perhitungan Nilai $k_d$ : .....	27
<b>BAB 4. PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 Pengujian Sensor Tegangan .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 Pengujian Beban Resistor .....</b>	<b>31</b>
4.2.1 Pengujian Beban Resistor Tanpa Pengendali .....	32
4.2.2 Pengujian Beban Resistor dengan Pengendali .....	37
<b>4.3 Pengujian Beban Motor .....</b>	<b>42</b>
4.3.1 Pengujian Motor Tanpa Pengendali PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	42
4.3.2 Pengujian Motor dengan Pengendali PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	46
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>50</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	9
2.2 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan <i>Buck Converter</i> .....	9
2.3 <i>Buck Converter</i> Saklar dalam Keadaan Tertutup .....	10
2.4 <i>Buck Converter</i> Saklar dalam Keadaan Terbuka .....	11
2.5 Sinyal PWM dengan Amplitudo Tetap .....	12
2.6 Arduino .....	13
2.7 Rangkaian Pembagi Tegangan .....	14
2.8 Block Diagram Pengendali PID .....	15
2.9 Sistem Diberi Input Step .....	17
2.10 Proses Desain Penentuan Parameter L dan T .....	17
2.11 Sistem closed loop dengan Menggunakan Kp .....	18
2.12 Proses Mendesain Menentukan Parameter Motor .....	18
3.1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian .....	21
3.2 Diagram Block Sistem .....	23
3.3 Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	23
3.4 Rangkaian Pembagi Tegangan .....	25
3.5 Proses Pencarian Parameter L Dan T Simulink Matlab .....	26
3.6 Grafik Penentuan Nilai KP .....	27
3.7 Grafik <i>Ziegler Nichols</i> .....	28
4.1 Grafik Pengujian Sensor Tegangan .....	31
4.2 Pengujian Dc-Dc <i>Buck Converter</i> Beban Resistor .....	32
4.3 Pengaruh Nilai Beban Terhadap Daya .....	35
4.4 Efisiensi Daya Beban Resistor .....	36
4.5 Grafik PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	37
4.6 Pengujian Beban Resistor Menggunakan PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	41
4.7 Pengujian dengan Beban Motor .....	42
4.8 Grafik Daya Beban Motor Tanpa Kendali PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	44

4.9 Grafik Efisiensi Beban Motor Tanpa Menggunakan Metode PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	45
4.10 Grafik PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	46
4.11 Grafik Karakteristik Daya Beban Motor PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	49



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Spesifikasi Arduino Nano .....	14
2.2 Parameter PID .....	17
2.3 Parameter PID untuk <i>Ziegler Nichols</i> tipe 1 .....	18
2.4 Parameter PID <i>Ziegler Nichols</i> Tipe 2 .....	19
3.1 Parameter <i>Buck Converter</i> .....	23
3.2 Perhitungan Nilai $K_p$ , $K_i$ , $K_d$ .....	27
3.3 Hasil <i>output</i> PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	28
4.1 Pengujian Sensor Tegangan .....	30
4.2 Pengujian Beban 10 Ohm Tanpa PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	32
4.3 Pengujian Beban 20 Ohm Tanpa PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	33
4.4 Pengujian Beban 33 Ohm Tanpa PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	33
4.5 Pengujian Beban 39 Ohm Tanpa PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	33
4.6 Hasil Simulasi <i>Buck Converter</i> Menggunakan <i>Ziegler Nichols</i> .....	38
4.7 Beban Resistor 10 Ohm Menggunakan PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	39
4.8 Beban Resistor 20 Ohm Menggunakan PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	39
4.9 Beban Resistor 33 Ohm Menggunakan PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	39
4.10 Beban Resistor 33 Ohm Menggunakan PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	39
4.11 Beban Motor Tanpa PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	43
4.12 Simulasi Matlab Menggunakan Metode <i>Ziegler Nichols</i> Beban Motor ..	47
4.13 Pengujian Beban Motor dengan PID <i>Ziegler Nichols</i> .....	47

## BAB 1. PENDAHULUAN

Topik yang dibahas pada bab 1 ini meliputi: (1) latar belakang; (2) rumusan masalah; (3) tujuan penelitian; (4) batasan penelitian; (5) manfaat penelitian; dan (6) sistematika penelitian. Lebih jelasnya diuraikan sebagai berikut.

### 1.1 Latar Belakang

Untuk meningkatkan prestasi mahasiswa di bidang akademik, wawasan dan kecintaan khususnya di bidang robotika maka diselenggarakan Kontes Robot Indonesia (KRI). Kontes Robot Indonesia (KRI) merupakan kompetisi rancang bangun dalam bidang robotika yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia dan diikuti oleh mahasiswa perguruan tinggi. Divisi yang diperlombakan pada Kontes Robot Indonesia adalah Kontes Robot Abu Indonesia (KRAI), Kontes Robot Tematik Indonesia (KRTMI), Kontes Robot Sar Indonesia (KRSRI), Kontes Robot Tari Indonesia (KRTI), dan Kontes Robot Sepakbola Indonesia (KRSBI).

KRSBI atau Kontes Robot Sepakbola Indonesia dibagi menjadi 2 divisi yaitu beroda dan humanoid. Khususnya pada divisi KRSBI-B atau Kontes Robot Sepakbola Indonesia Beroda merupakan kompetisi robot tingkat nasional yang diselenggarakan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia dengan penyelenggara Pusat Prestasi Nasional yang berpedoman pada pertandingan sepakbola robot Internasional *robocup middle size* dan merupakan kompetisi antar mahasiswa dari berbagai perguruan tinggi se-Indonesia.

Kontes Robot Sepakbola Indonesia Beroda diselenggarakan sejak 1997. Kontes KRSBI-B dilakukan di dalam ruangan dengan ukuran lapangan sebesar 6 x 9 meter dengan menggunakan bola futsal. Dalam satu tim terdiri dari 3 robot yaitu 2 robot sebagai penyerang dan 1 robot sebagai penjaga gawang. Semua robot tersebut harus mempunyai kemampuan mendeteksi bola, menghampiri bola, mendeteksi lawan, komunikasi antar robot dan mampu mengeksekusi bola baik itu mengumpan kepada kawan, menghindari lawan dan mampu menembakkan bola kearah gawang. Tujuan dari perlombaan divisi KRSBI-B yaitu mencetak gol sebanyak mungkin ke gawang lawan (Sukmayadi et al., n.d.).

Selama pengoperasian robot diperoleh hambatan yaitu tegangan catu daya pada bagian input yang masuk pada motor berlebih sehingga menyebabkan pergerakan robot yang tidak stabil dan dibutuhkan sebuah sistem kontrol tegangan agar memperoleh daya yang bernilai konstan. Sistem kontrol yang digunakan yaitu DC-DC *converter*. DC-DC *converter* merupakan rangkaian elektronika yang menghasilkan tegangan searah (*Direct Current/DC*) dengan menggunakan sumber energi berupa baterai atau *power supply* yang dengan nilai tegangan masukan lebih kecil atau lebih besar dan dapat menghasilkan tegangan keluaran yang dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan (Buntulayuk et al., 2018).

Pada robot saat ini belum mempunyai sistem untuk mengontrol tegangan yang masuk pada motor. Sistem tersebut yaitu *dc-dc buck converter*. *Buck converter* merupakan rangkaian yang dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah dari tegangan masukannya. Pada *buck converter* menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) sebagai kendali pensaklaran, pada proses PWM menghasilkan gelombang berbentuk kotak dengan frekuensi tetap atau kendali siklus kerja (*duty cycle*) yang bervariasi. Besar siklus kerja (*duty cycle*) akan mempengaruhi besar tegangan keluaran yang dihasilkan.

Untuk menjaga kestabilan nilai keluaran tegangan pada *buck converter*, maka diperlukan suatu sistem kendali untuk menjaga tegangan keluaran agar tidak melebihi tegangan *set point* agar tidak terjadi kegagalan atau kerusakan pada alat. Terdapat banyak macam sistem kendali yang umumnya digunakan seperti *fuzzy*, *Proportional Integrative* (PI) dan *Proportional Integrative Derivative* (PID). Masing-masing jenis sistem kontrol tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada penelitian ini menggunakan sistem kontrol PID *Ziegler Nichols*.

Oleh karena itu penelitian ini berfokus pada rancang bangun sistem kontrol tegangan (DC-DC *buck converter*) menggunakan beban motor PG45 yang digunakan pada robot KRSBI-Beroda dengan penambahan metode *Ziegler Nichols*. Penelitian ini berfokus pada DC-DC *buck converter* yang diuji pada motor PG45 yang digunakan Robot KRSBI-B untuk menurunkan tegangan masukan menjadi tegangan yang diinginkan. Penelitian ini menggunakan sumber tegangan masukan sebesar 48 Volt dan diharapkan nilai keluaran tegangan yang stabil untuk pengujian menggunakan beban resistif berupa resistor dan beban induktif yaitu motor.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas terdapat beberapa masalah, diantaranya yaitu:

1. Bagaimana membuat rancang bangun sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter*?
2. Bagaimana pengaruh variasi beban terhadap nilai arus dan tegangan keluaran sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter*?
3. Bagaimana efisiensi sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter* dengan metode *Ziegler Nichols*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Membuat rancang bangun sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter*.
2. Mengetahui pengaruh variasi beban terhadap nilai arus dan tegangan keluaran sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter*.
3. Mengetahui efisiensi sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter* dengan metode *Ziegler Nichols*.

## 1.4 Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan penelitian, maka penulis memberikan batasan masalah pada penelitian ini. Adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Membuat rancang bangun sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter*.
2. Sistem kendali yang digunakan yaitu *Ziegler Nichols*.
3. Pengujian menggunakan beban resistif dan induktif.
4. Tidak membahas mengenai motor.
5. Tidak membahas mengenai *image processing*.
6. Tidak membahas tentang komunikasi antar robot.
7. Tidak membahas pergerakan robot.
8. Mengetahui efisiensi sistem kontrol tegangan DC-DC *buck converter*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui efisiensi sistem kontrol tegangan (DC-DC *buck converter*) dengan metode *Ziegler Nichols* sebagai kontrol.

### 1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan laporan tugas akhir sebagai berikut:

1. BAB 1. PENDAHULUAN, tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.
2. BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA, tentang teori-teori yang mendukung pada penelitian.
3. BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN, tentang metode yang digunakan.
4. BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN, tentang hasil pengujian alat dan analisa hasil penelitian.
5. BAB 5. PENUTUP, tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berfungsi untuk menjelaskan mengenai teori yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diuji dan yang akan dilakukan. Sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan dengan baik sesuai dengan teori yang sudah ada dan penggunaan teori tersebut untuk analisis data. Pada tinjauan pustaka membahas mengenai bagian dari alat yang digunakan dan diimplementasikan pada penelitian yang dilakukan.

### 2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian ini akan dilakukan studi literatur terkait kasus atau masalah dalam penelitian sebagai kegiatan pencarian referensi. Referensi berasal dari buku, artikel, jurnal, majalah, internet atau skripsi yang berkaitan dengan topik *buck converter*. Referensi berkaitan dengan penelitian yang terkait adalah.

Tahun 2018 oleh Zulkifli M Sihombing yang berjudul Pengendali PWM pada *buck converter* dengan *PID Control*. Penelitian tersebut berfokus pada simulasi pengendali PWM pada *buck converter* serta untuk mengetahui efisiensi dari *buck converter*, mengetahui perbedaan *buck converter* dengan pengendali dan tanpa pengendali. Penelitian ini yaitu membandingkan data nilai data arus dan tegangan dengan parameter yaitu induktor pada frekuensi 100 kHz dan 500 kHz dengan pengendali maupun tanpa pengendali. Pada penelitian ini tanpa rancang bangun hanya fokus pada simulasi dan tanpa beban. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dihasilkan sebuah kesimpulan yaitu kombinasi ketiga input yaitu P, I, D menghasilkan keluaran yang maksimal yaitu *overshoot* sebesar 0 volt (Sihombing, 2018).

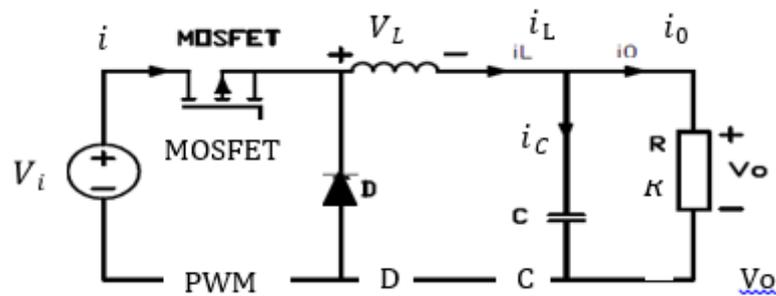
Tahun 2019 terdapat penelitian yang dilakukan oleh Umi Azizah tentang Rancang Bangun *Buck converter* pada *Solar Charge Berbasis Cohen Coon*. Pada penelitian tersebut menggunakan PID sebagai kontrol dan *set point* yang diinginkan sebesar 14 volt agar mampu diterapkan untuk mengisi baterai 12 volt. Beban yang digunakan yaitu beban statis berupa resistor kapur dan beban dinamis berupa baterai. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan disarankan menggunakan metode lain untuk menentukan parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dapat diganti

menggunakan metode lain seperti menggunakan metode *ziegler nichols* sebagai kontrol. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sehingga diperoleh sebuah kesimpulan yaitu nilai resistansi yang kecil menyebabkan respon yang kurang stabil dengan metode *cohen coon* dan nilai *steady state* yang cukup lama (Umi, 2019).

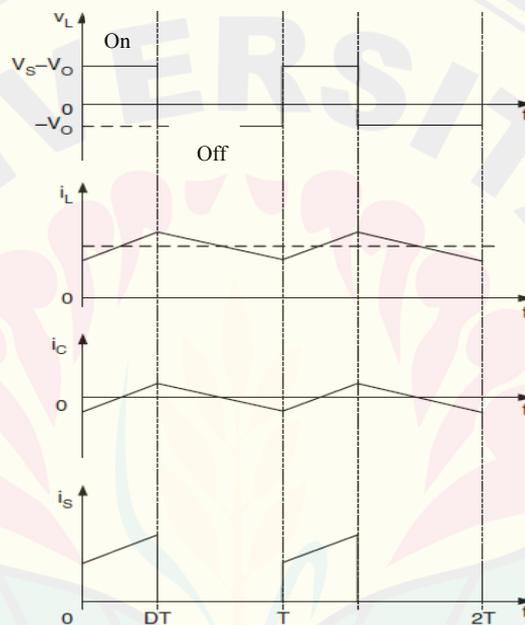
## 2.2 Buck Converter

*Buck converter* merupakan konverter yang berfungsi untuk mengubah tegangan input menjadi tegangan output yang lebih rendah. Untuk mengatur keluaran pada *buck converter* menggunakan komponen pensaklaran. Komponen pensaklaran (*switching*) seperti Thyristor, MOSFET, IGBT, dan lainnya. Fungsi dari *switching* adalah mengatur kerja dari *duty cycle* untuk mengatur besar kecilnya nilai tegangan keluaran dari *buck converter*.

Pada rangkaian *buck converter* terdapat komponen penyusunnya. Komponen yang terpasang pada rangkaian *buck converter* yaitu sumber tegangan DC, MOSFET, dioda, induktor, kapasitor, rangkaian kontrol (*drive circuit*), serta beban. Setiap komponen pada rangkaian *buck converter* mempunyai fungsi dan kegunaan masing-masing. MOSFET yang digunakan berfungsi untuk mengatur kerja dari *duty cycle* sehingga keluaran tegangan dapat sesuai dengan set point yang diinginkan. Rangkaian kontrol atau *drive circuit* digunakan untuk mengendalikan dan mengontrol bagian gate MOSFET. Rangkaian kontrol berupa ic atau rangkaian *driver* mosfet transistor. Induktor berfungsi untuk menyimpan arus. Arus akan disimpan pada induktor pada saat MOSFET dalam keadaan hidup dan arus akan dikeluarkan pada saat MOSFET dalam keadaan mati. Kemudian kapasitor berfungsi untuk menyimpan tegangan dan juga berfungsi sebagai filter pada rangkaian *buck converter*. Komponen terakhir yaitu dioda yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari induktor ketika MOSFET dalam keadaan mati (Sihombing,2018). Berikut adalah rangkaian dari *buck converter* dan bentuk keluaran gelombang baik arus maupun tegangan *buck converter*.

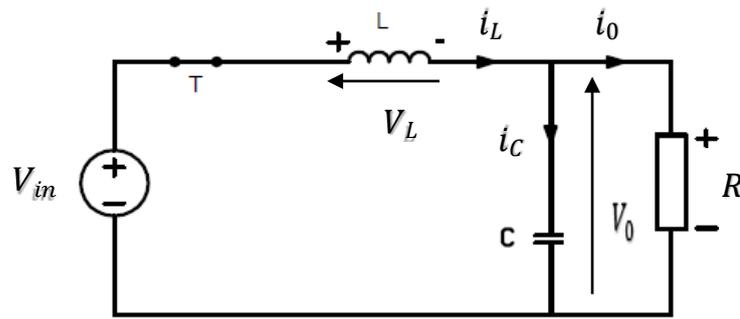


Gambar 2.1 Rangkaian *Buck Converter*  
Sumber : (Sihombing, 2018)



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan *Buck Converter*  
Sumber: (Sihombing, 2018)

Grafik di atas merupakan grafik bentuk gelombang arus dan tegangan yang dihasilkan *buck converter* dikarenakan pada *buck converter* mempunyai 2 kondisi yaitu kondisi pertama ketika saklar dalam keadaan tertutup atau tegangan input mampu melewati beban dan kondisi kedua yaitu saklar dalam keadaan terbuka dimana kondisi saklar dalam keadaan mati sehingga tegangan input tidak melewati beban sehingga tidak ada arus maupun tegangan yang mampu melewati beban atau *buck converter* dalam keadaan mati. Berikut gambar *buck converter* dalam keadaan tertutup maupun dalam keadaan terbuka.



T state on, D state off

Gambar 2.3 Buck Converter Saklar dalam Keadaan Tertutup

Sumber : (Sihombing, 2018)

Pada saat saklar tertutup yaitu kondisi dimana tegangan input melewati beban dengan melalui induktor dan beban sehingga tegangan kembali ke sumber. Karena sumber tegangan yang melewati induktor bernilai konstan maka arus akan naik secara linier. Berikut adalah perhitungan pada saat saklar tertutup.

Perhitungan waktu on sebagai berikut:

$$t_{on} = D \times T_s \quad (2.1)$$

Atau secara umum dapat ditulis :

$$V_{in} = V_L + V_o \text{ dan } V_L = V_{in} - V_o \quad (2.2)$$

$$L \frac{di_L}{dt} = V_{in} - V_o \quad (2.3)$$

$$L di = (V_{in} - V_o) dt \quad (2.4)$$

$$L di = (V_{in} - V_o) t_{on} \quad (2.5)$$

$$di = \frac{(V_{in} - V_o)}{L} t_{on} \quad (2.6)$$

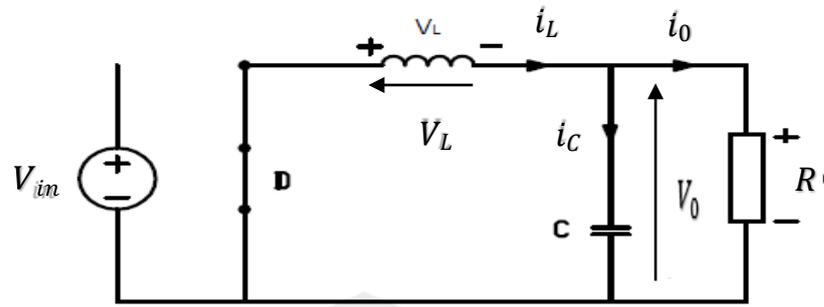
Keterangan:

$D$  = Duty cycle (0 sampai dengan 1)

$V_o$  = Tegangan keluaran (V)

$L$  = Induktansi (H)

$V_{in}$  = Tegangan masukan (V)



T state off, D state on

Gambar 2.4 Buck Converter Saklar dalam Keadaan Terbuka

Sumber : (Sihombing, 2018)

Kondisi kedua yaitu saklar dalam keadaan terbuka dimana kondisi ini merupakan kondisi saat saklar keadaan mati dan tegangan masukan tidak melewati beban. Saat saklar dalam keadaan terbuka mengakibatkan arus yang berasal dari bagian input tidak dapat mengalir melewati MOSFET sehingga arus hanya berasal dari induktor dan kapasitor dan mengakibatkan dioda menjadi aktif. Urutan aliran arus pada saat kondisi saklar terbuka yaitu dari induktor menuju beban dan melewati dioda dan akan kembali menuju induktor. Dikarenakan tegangan induktor yang lebih kecil maka *buck converter* akan mengalami penurunan tegangan secara linier. Berikut adalah perhitungan persamaan saat saklar dalam keadaan terbuka.

Perhitungan waktu on sebagai berikut:

$$t_{on} = (1 - D) \times T_s \tag{2.7}$$

Secara umum persamaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$V_L = V_L \tag{2.8}$$

$$L \frac{di_L}{dt} = V_o \tag{2.9}$$

$$L di = V_o dt \tag{2.10}$$

$$L di = V_o t_{off} \tag{2.11}$$

$$di = \frac{V_o}{L} t_{off} \tag{2.12}$$

Keterangan:

$D$  = Duty cycle (0 sampai dengan 1)

$V_L$  = Tegangan induktor (V)

$V_o$  = Tegangan keluaran (V)

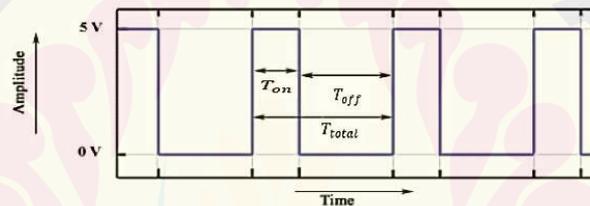
$L$  = Induktansi (H)

$T_s$  = Periode

$t_{off}$  = waktu off

### 2.3 Pulse Width Modulation (PWM)

*Pulse Width Modulation* (PWM) merupakan sebuah metode untuk mengatur nilai keluaran dari *buck converter*. PWM adalah cara memanipulasi lebar sinyal atau tegangan yang dinyatakan dalam suatu siklus periode. PWM dinyatakan dalam bentuk gelombang persegi yang mempunyai perbandingan pulsa tinggi atau keadaan *on* terhadap pulsa rendah atau keadaan *low* yang mempunyai nilai skala 0% hingga 100%. Penerapan PWM yaitu untuk pemodulasian data telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulasi tegangan (*voltage regulation*), efek audio (*audio effect*) dan penguatan (*gain*) (Fisika et al., 2018).



Gambar 2.5 Sinyal PWM dengan Amplitudo Tetap

Sumber : (Sihombing, 2018)

Gambar di atas merupakan pengaturan dari PWM. Pengaturan PWM adalah sinyal digital dengan nilai amplitudo tetap, tetapi lebar *duty cycle* yang aktif setiap periode dapat bervariasi. Periode adalah waktu ketika pulsa tinggi bernilai 1 atau  $T_{on}$  ditambah waktu pulsa rendah bernilai 0 atau  $T_{off}$ , atau dapat dituliskan dengan persamaan :

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (2.13)$$

$T_{on}$  merupakan bagian dari siklus kerja *duty cycle*. Siklus kerja adalah lamanya pulsa tinggi yang mempunyai nilai 1 atau  $T_{on}$  dalam satu periode. Jika nilai  $T_{on}$  dan  $T_{off}$  diketahui maka *duty cycle* diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$D = \frac{T_{on}}{(T_{on} + T_{off})} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad (2.14)$$

Atau;

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (2.15)$$

Keterangan:

$D$  = *Duty cycle* (0 sampai dengan 1)

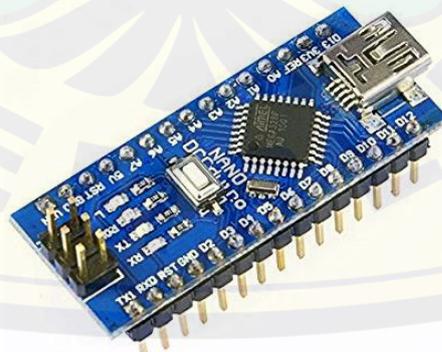
$V_{in}$  = Tegangan masukan (V)

$V_{out}$  = Tegangan keluaran (V)

$T$  = Periode

## 2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komponen yang sangat sering digunakan untuk sistem elektronika modern. Penggunaan mikrokontroler dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Baik didalam kehidupan kita sehari-hari rumah, kantor, rumah sakit, bank, sekolah, dan industri. Mikrokontroler juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai penggunaan aplikasi misalnya untuk sistem pengendalian suatu plan, sistem otomasi industri, akuisisi data, alat monitoring, sistem telekomunikasi, dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler yaitu selain harga relatif murah dan mikrokontroler dapat di program beberapa kali dan dapat diterapkan pada beberapa alat. Salah satu contoh dari mikrokontroler yaitu Arduino. Arduino merupakan modul rangkaian sistem minimum mikrokontroler yang dapat digunakan untuk menghasilkan karya dan mampu melakukan tugas kompleks. Penerapan dari arduino biasanya digunakan untuk sebuah proyek seperti sistem otomasi dan sistem kontrol. Arduino juga dapat digabungkan dengan modul elektronika yang lain sehingga proses perakitan jauh lebih efisien (Risal, 2017). Berikut ini adalah spesifikasi dan gambar dari mikrokontroler arduino Nano:



Gambar 2.6 Arduino

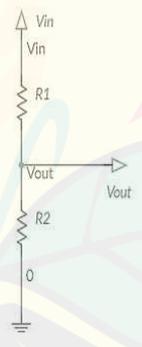
Sumber: (<https://www.arduino.cc>)

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan operasi	5 Volt
Tegangan Input	7 - 12 Volt
Digital I/O	22 Pin
PWM	6 Pin
Analog Input	8 Pin
Memory	32 KB Flash PEROM (0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i> ), 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM
Frekuensi <i>Clock</i>	16 MHz

## 2.5 Sensor Tegangan

Sensor Tegangan merupakan sebuah sensor yang digunakan untuk membaca nilai tegangan dari listrik dengan arus searah. Hasil proses pembacaan nilai keluaran tegangan tersebut dikonversi nilai analog agar dapat terbaca oleh mikrokontroler. Dimana nilai analog pada arduino atau ADC bernilai 0 hingga 1023 dan dikonversi oleh mikrokontroler sebesar 0 hingga 5 volt. Sensor ini berprinsip pada rangkaian pembagi tegangan yaitu menggunakan 2 buah resistor yang dirangkai secara seri. Berikut adalah gambar dari rangkaian sensor tegangan.



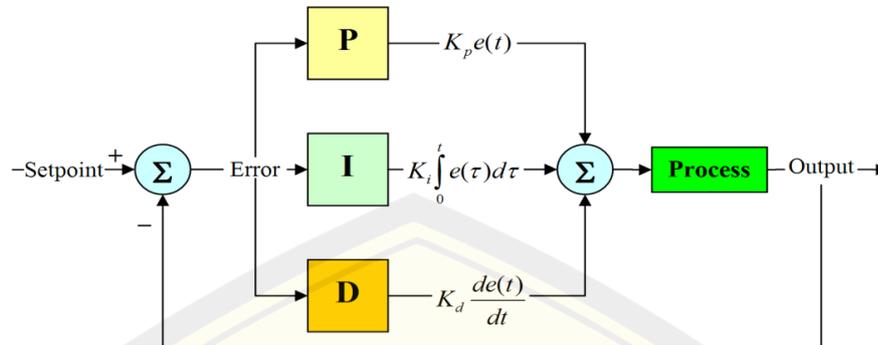
Gambar 2.7 Rangkaian Pembagi Tegangan

Sumber : (Penulis)

## 2.6 Pengendali PID

Pengendali Proportional Integral Derivative (PID) adalah sebuah kontroler yang menggunakan umpan balik untuk mengatur nilai keluaran dan pengendali PID diaplikasikan pada sistem kontrol pada sebuah industri. Pada PID secara kontinu menghitung nilai kesalahan sebagai beda antara set point yang diinginkan dan

variabel proses terukur. Block diagram pengendali PID ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Block Diagram Pengendali PID

Sumber : (Ananda, 2020)

$$u(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \quad (2.16)$$

Keterangan:

$u(t)$  = Keluaran pengendali

$P_{out}$  = Keluaran pengendali Proportional

$I_{out}$  = Keluaran pengendali Integral

$D_{out}$  = Keluaran pengendali Derivative

Pada gambar 2.8 set point akan diinputkan di awal proses kemudian terjadi penjumlahan parameter PID yaitu nilai  $k_p$ ,  $k_i$  dan  $k_d$ . Keluaran PID berubah secara otomatis mengikuti perubahan yang diperoleh pada hasil pengukuran sensor dan set point yang ditentukan. Nilai  $k_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$  akan mempengaruhi hasil output yang dihasilkan. Setiap pengendali mempunyai karakteristik masing-masing seperti pengendali *proportional*, *integral* dan *derivative*. Pada bagian sinyal keluaran pengendali PID dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.17)$$

Keterangan:

$u(t)$  = Sinyal keluaran pengendali PID

$K_P$  = Konstanta *proportional*

$K_I$  = Konstanta *integral*

$K_D$  = Konstanta *derivative*

$e(t)$  = Sinyal kesalahan (Referensi – keluaran plant)

### 2.6.1 Pengendali *Proportional*

Pengaruh pengendali *proportional* terhadap sistem yaitu:

1. Mempengaruhi kestabilan.
2. Mampu memperbaiki respon transien. Khususnya *rise time* dan *settling time*.
3. Dapat mengurangi *error steady state*.
4. Semakin besar *error* maka semakin besar sinyal kendali yang dihasilkan pengendali (sebanding).

### 2.6.2 Pengendali *Integral*

Pengaruh pengendali *integral* terhadap sistem adalah:

1. Mampu menghilangkan *error steady state*.
2. Respon lebih lama dibandingkan dengan kontrol *proportional*.
3. Dapat menimbulkan ketidakstabilan pada sistem.
4. Hasil output kontrol *integral* adalah hasil penjumlahan secara terus-menerus dari perubahan nilai masukan.

### 2.6.3 Pengendali *Derivative*

Pengaruh penggunaan pengendali *derivative* terhadap sistem sebagai berikut:

1. Dapat memberikan efek peredaman pada sistem yang berisolasi.
2. Mampu memperbaiki hasil respon transien, karena memberikan aksi saat ada perubahan error.
3. Nilai *derivative* hanya berubah ketika suatu sistem terjadi perubahan *error* sehingga suatu sistem mencapai nilai set point dimana *error derivative* tidak berfungsi.

## 2.7 Metode PID *Ziegler Nichols*

Salah satu cara menentukan atau tuning parameter dari PID yaitu cara dengan coba-coba (*trial and error*). Proses pencarian dengan *trial and error* yaitu mengubah parameter-parameter PID dengan melihat tabel respon PID. Untuk mengetahui respon PID yaitu dengan melihat karakteristik setiap parameter nilai-nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  sesuai dengan tabel 2.2.

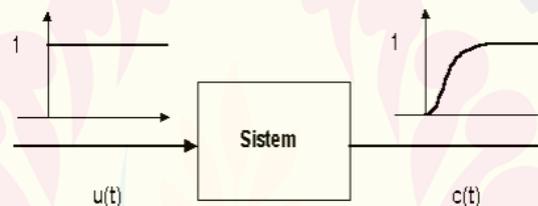
Tabel 2.2 Parameter PID

Parameter	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Setting Time</i>	S-S Error
K <sub>p</sub>	Berkurang	Bertambah	0	Berkurang
K <sub>i</sub>	Berkurang	Bertambah	Bertambah	Menghilangkan
K <sub>d</sub>	<i>Minor Change</i>	Berkurang	Berkurang	<i>Minor Change</i>

Setelah mendapatkan hasil gelombang yang sesuai dilanjutkan dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols*. Pada metode ini mencari parameter-parameter PID dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan. Metode ini memiliki 2 tipe, yaitu tipe 1 (*open loop*) dan tipe 2 (*closed loop*).

### 2.7.1 *Ziegler-Nichols* tipe 1 (*open loop*)

*Ziegler-Nichols open loop* sistem diberi *input step* pada saat simulasi dengan menggunakan matlab hingga respon yang diperoleh stabil. Berikut adalah gambar sistem *Ziegler Nichols* tipe 1.



Gambar 2.9 Sistem Diberi Input Step

(Fauziansyah, 2015)

Kemudian dari hasil respon sistem *open loop* melalui simulasi matlab tersebut diperoleh parameter *Ziegler Nichols* tipe 1 yaitu L dan T. Berikut adalah proses desain menentukan parameter L dan T.



Gambar 2.10 Proses Desain Penentuan Parameter L dan T

(Fauziansyah, 2015)

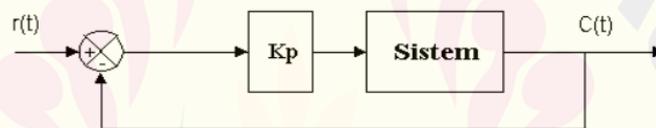
Ketika nilai parameter  $L$  merupakan delay waktu *rise time* dan  $T$  merupakan waktu *rise time* sudah diperoleh langkah selanjutnya yaitu menghitung parameter  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  metode *Ziegler Nichols* tipe 1 sesuai dengan rumus pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Parameter PID untuk *Ziegler Nichols* tipe 1

Type Of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$T/L$	$\infty$	0
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

### 2.7.2 *Ziegler-Nichols* tipe 2 (closed loop)

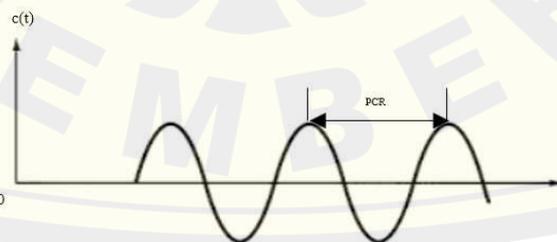
*Ziegler Nichols* tipe 2 ini menggunakan sistem *closed loop* untuk *feedback* respon pada suatu sistem. Pada metode ini yang hanya menggunakan parameter nilai  $K_p$  pada simulasi matlab. Sistem dibuat hingga beresolasi terus menerus hanya mengatur nilai  $K_p$  sebagai acuan untuk mendapatkan parameter yang lain. Berikut adalah gambar sistem *Ziegler Nichols* tipe 2.



Gambar 2.11 Sistem closed loop dengan Menggunakan  $K_p$

(Fauziansyah, 2015)

Setelah sistem berada dalam kondisi yang beresolasi secara terus menerus maka nilai parameter  $k_p$  tersebut dapat digunakan untuk menentukan parameter  $k_i$ , dan  $k_d$ . Besar nilai  $K_p$  ketika sistem beresolasi terus menerus merupakan nilai  $K_{cr}$ . Nilai tersebut merupakan acuan pada saat menggunakan metode *ziegler nichols* tipe 2. Gambar 2.12 merupakan gambar proses mendesain menentukan parameter motor saat beresolasi secara terus menerus.



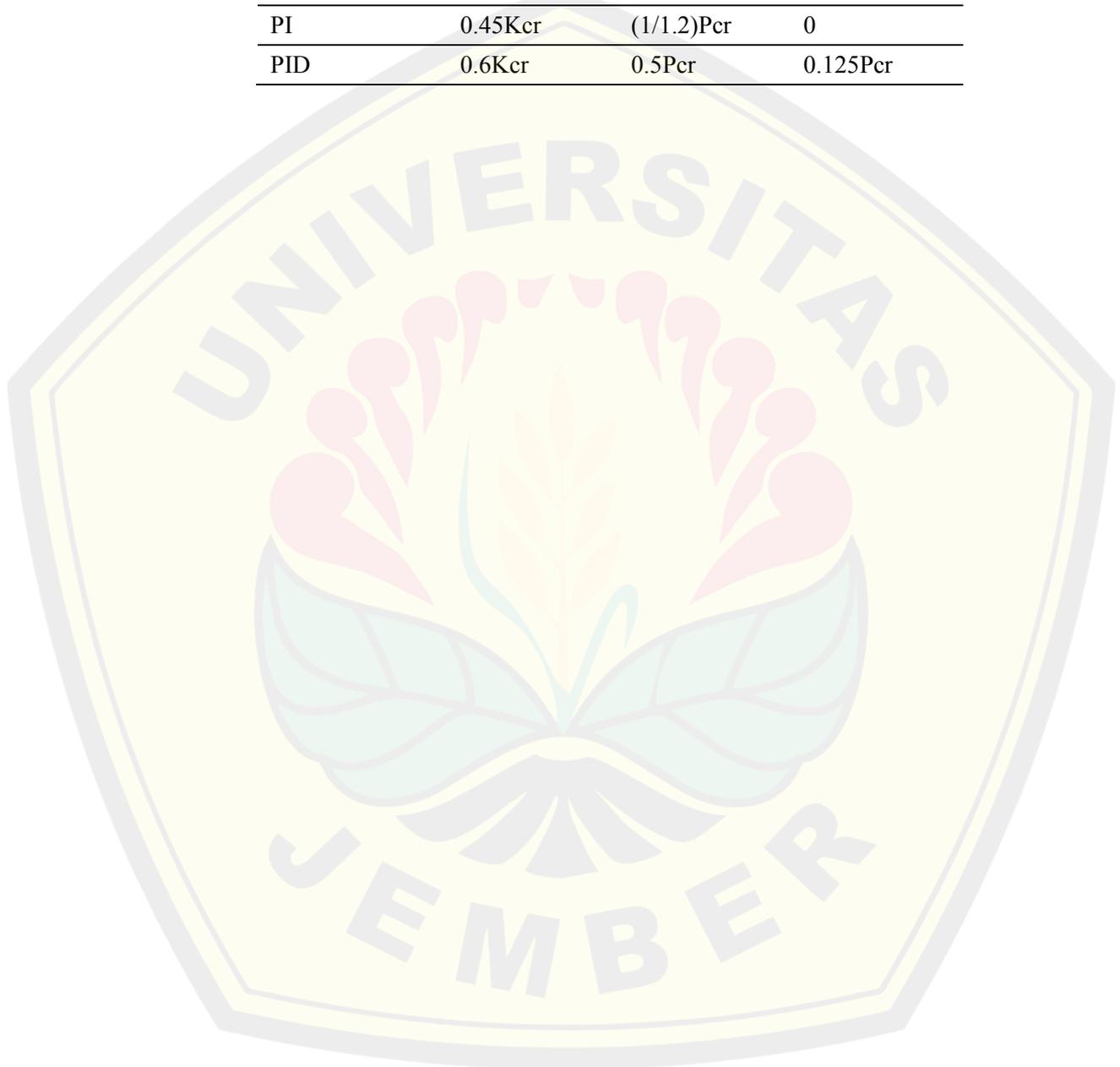
Gambar 2.12 Proses Mendesain Menentukan Parameter Motor

(Fauziansyah, 2015)

Setelah mendapatkan nilai parameter  $K_{cr}$  dan  $P_{cr}$  melalui simulasi matlab maka diperoleh parameter lain seperti  $k_i$  dan  $k_d$ . Nilai-nilai parameter  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  dapat dihitung dengan rumus parameter PID untuk *Ziegler Nichols* tipe 2 sesuai dengan tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Parameter PID *Ziegler Nichols* Tipe 2

Type Of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5K_{cr}$	$\infty$	0
PI	$0.45K_{cr}$	$(1/1.2)P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5P_{cr}$	$0.125P_{cr}$



### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan kerangka dari proses pemecahan masalah yang menjelaskan tahap-tahap penyelesaian masalah secara singkat beserta penggambarannya. Secara umum metodologi penelitian disusun untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Keseluruhan kegiatan penelitian disusun sesuai dengan diagram alir.

#### 3.1 Diagram Alir

Tahapan penelitian merupakan alur atau tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan suatu penelitian yang dilakukan secara runtut. Tahapan penelitian dilakukan mulai dari pencarian literatur mengenai penelitian yang akan dilakukan, penentuan rumusan masalah, pembuatan alat, melakukan pengujian alat yang sudah dibuat, dan langkah terakhir adalah analisis data dan kesimpulan. Berikut adalah tahapan penelitian.

##### 3.1.1 Studi Literatur dan Perumusan Masalah

Merupakan sebuah tahapan awal untuk mencari referensi literatur atau bacaan mengenai penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur dapat diperoleh dari buku, jurnal, *ebook*, internet yang bertujuan untuk menambah referensi dan juga ilmu untuk mengurangi kesalahan. Ketika sudah membaca literatur maka diperoleh beberapa masalah yang akan diteliti berupa *buck converter*.

##### 3.1.2 Perancangan dan Simulasi Alat

Merupakan suatu langkah merangkai suatu komponen menjadi menjadi rangkaian utuh atau pemasangan semua komponen didalam satu rangkaian utuh baik simulasi maupun perancangan hardware serta pembuatan program arduino dengan metode PID *Ziegler Nichols* dengan tujuan keluaran tegangan berupa set point yang diinginkan.

##### 3.1.3 Pengujian Alat

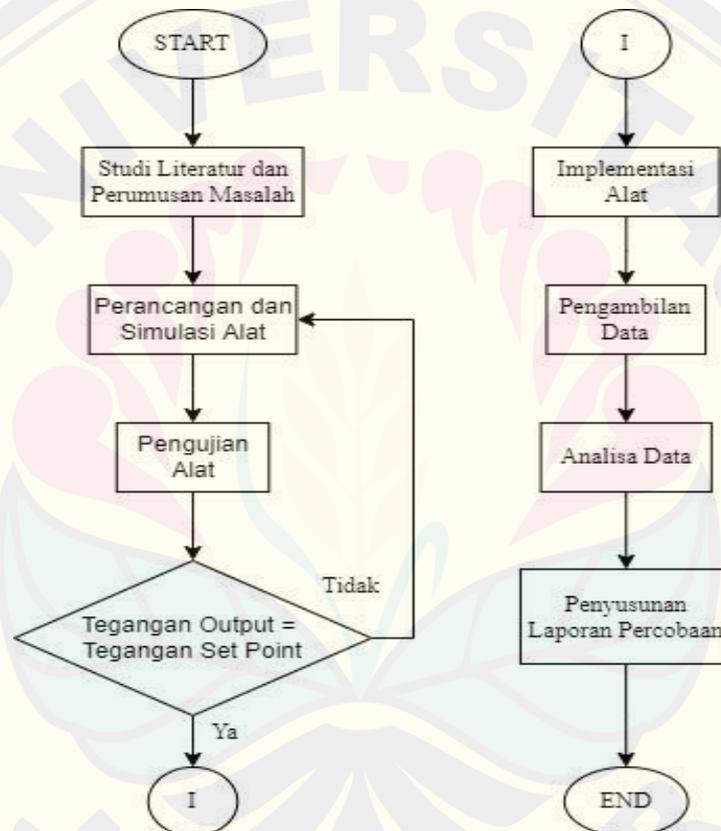
Yaitu berupa pengujian alat yang sudah dibuat serta proses pengambilan data tanpa menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* dan menggunakan metode *Ziegler Nichols*.

### 3.1.4 Pengambilan data dan Analisis Data

Yaitu untuk mengetahui tegangan keluaran apakah sesuai dengan set point serta pemberian alasan ketika terjadi perbedaan nilai dengan set point dengan metode PID *Ziegler Nichols*. Selanjutnya penulisan laporan sesuai data dan hasil penelitian yang dilakukan.

### 3.1.5 Penyusunan Laporan

Merupakan penyusunan laporan mulai dari proses perancangan, pengambilan data, analisis data hingga pemberian kesimpulan terhadap data yang diperoleh serta pemberian saran untuk penelitian yang akan datang.



Gambar 3.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

### 3.2 Rencana Pengujian Alat

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan rencana pengujian alat guna mendapatkan hasil keluaran yang diinginkan. Pengujian alat yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

### 1. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dengan *voltage divider*. Pengujian bertujuan untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor dalam melakukan pembacaan nilai tegangan pada saat proses pengujian keseluruhan sistem alat.

### 2. Pengujian Tanpa Menggunakan Metode PID *Ziegler Nichols*

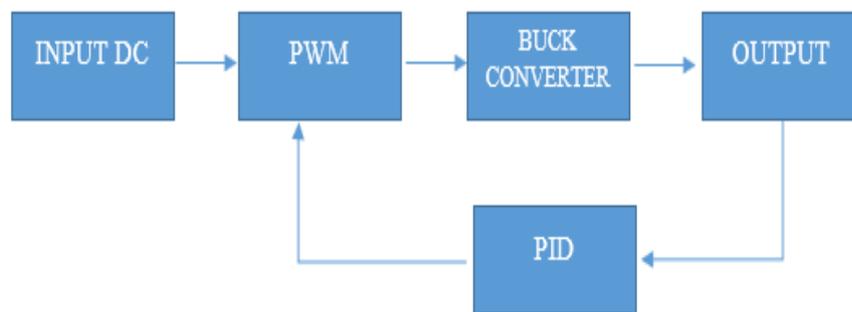
Pengujian tanpa PID *Ziegler Nichols* yaitu pengujian yang dilakukan hanya mengukur keluaran *buck converter* dengan beban berupa resistif dan beban motor secara manual dengan menggunakan potensiometer.

### 3. Pengujian dengan Menggunakan Metode PID *Ziegler Nichols*

Pengujian dengan PID yaitu menambahkan kontrol PID *Ziegler Nichols* pada *buck converter* dengan parameter beban resistif dan beban motor sumber tegangan masukan yang bervariasi dengan tegangan keluaran yang stabil.

## 3.3 Diagram Block Sistem

Block diagram sistem merupakan sebuah perencanaan alat yang ingin dibuat. Penelitian ini dilakukan dengan membuat rangkaian *buck converter* dengan pengendali PID *Ziegler Nichols* untuk mengatur nilai keluaran tegangan. Selanjutnya yaitu memasukkan data-data komponen penyusun *buck converter* sesuai dengan referensi. Setelah data dimasukkan, kemudian menganalisis tegangan dan arus keluaran. Dalam penelitian ini, akan dianalisis bagaimana keluaran *buck converter* baik menggunakan pengendali PID *Ziegler Nichols* maupun tidak menggunakan pengendali PID *Ziegler Nichols*. Pada penelitian ini menggunakan input baterai sebagai sumber tegangan DC sebesar 48 volt kemudian nilai PWM dikontrol pada mikrokontroler yaitu Arduino nano dengan menggunakan frekuensi sebesar 25 Khz. Kemudian diproses pada *buck converter* dan keluaran dari *buck converter* jika sesuai dengan keinginan maka proses berakhir dan ketika tidak maka akan dilakukan proses pengulangan dengan penambahan metode PID *Ziegler Nichols*. Berikut adalah *block diagram* sistem *buck converter* dengan menggunakan metode PID *Ziegler Nichols*.



Gambar 3.2 Diagram Block Sistem

### 3.4 Perancangan *Buck Converter*

Pada perancangan *buck converter* ini merupakan proses merancang diawali dengan penentuan parameter komponen yang akan diimplementasikan pada *buck converter* sebagai acuan pada pelaksanaan penelitian DC-DC *buck converter* dengan metode *Ziegler Nichols*. Berikut adalah desain dari *buck converter*.

Gambar 3.3 Rangkaian *Buck Converter*

Setelah melakukan perancangan dari alat melalui simulasi pada multisim untuk menghindari kesalahan pada saat proses pembuatan alat. Proses selanjutnya yaitu menyusun nilai parameter yang akan digunakan dalam *buck converter* nilai keluaran sesuai dengan yang diinginkan. Berikut adalah tabel parameter yang digunakan dalam perancangan *buck converter* sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan.

Tabel 3.1 Parameter *Buck Converter*

Tegangan Masukan	48 Volt
Tegangan Keluaran	22 Volt
Frekuensi Pensaklaran	25 kHz
Mikrokontroler	Arduino
MOSFET	IRF 540N
Dioda	Mur 3060

### 3.4.1 Menentukan *Duty Cycle*

*Duty cycle* pada *buck converter* dapat ditentukan dengan cara membagi antara tegangan output dan tegangan input sehingga didapatkan hasil perhitungan berikut :

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in(max)}} \quad (3.1)$$

$$D = \frac{22}{48}$$

$$D = 0.45$$

### 3.4.2 Perhitungan Induktor

Besarnya induktansi dapat diperoleh dengan mengetahui estimasi arus *ripple*. Estimasi arus *ripple* ini bertujuan untuk mengetahui berapa arus keluaran maksimum pada *converter*. Berikut ini merupakan perhitungan  $I_{out}$  dengan mengestimasi arus *ripple* sebesar 30% sehingga dapat dihitung estimasi arus *ripple* ( $\Delta IL$ ) yang melalui induktor sebagai berikut:

$$\Delta IL = I_{OUT(max)} \times 30\% \quad (3.2)$$

$$\Delta IL = 4 \times 30\%$$

$$\Delta IL = 1.2 \text{ A}$$

Dengan menggunakan hasil perhitungan di atas maka dapat dicari nilai induktor pada *buck converter* sebagai berikut :

$$L = \frac{V_{out} \times (V_{in} - V_{out})}{\Delta IL \times f_s \times V_{in}} \quad (3.3)$$

$$L = \frac{22 \times (48 - 22)}{1.2 \times 25k \times 48}$$

$$L = 0,397 \text{ mH}$$

Maka dari hasil perhitungan induktansi minimum didapatkan induktansi minimum sebesar 0,397 mH.

### 3.4.3 Pemilihan Kapasitor

Sebelum menentukan nilai kapasitansi kapasitor terlebih dahulu menentukan nilai dari tegangan *ripple*. Pada pemilihan kapasitor ini digunakan estimasi *ripple* tegangan sebesar 1%. Maka dapat dihitung estimasi tegangan *ripple* sebagai berikut :

$$\Delta V_c = 1\% \times V_{out} (max) \quad (3.4)$$

$$\Delta V_c = 0.01 \times 22$$

$$\Delta V_c = 0.22 \text{ V}$$

Sehingga didapatkan nilai dari kapasitor minimum yang akan digunakan pada *buck converter* sebagai berikut :

$$C_{\text{out}} = \frac{\Delta i}{8 \times f_s \times \Delta V_c} \quad (3.5)$$

$$C_{\text{out}} = \frac{1.22}{8 \times 25000 \times 0,22}$$

$$C_{\text{out}} = 27.72 \mu\text{F}$$

Keterangan:

$i_{\text{out max}}$  = Arus maksimum yang ditentukan sesuai referensi (A)

$\Delta iL$  = Riak (*ripple*) arus keluaran *buck converter* (A)

$\Delta V_c$  = Riak (*ripple*) tegangan keluaran (V)

$L$  = Induktansi (H)

$C$  = Kapasitansi (F)

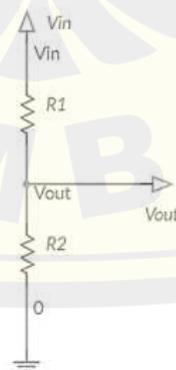
$f_s$  = Frekuensi pensaklaran (Hz)

$V_{\text{out}}$  = tegangan output

$V_{\text{in}}$  = tegangan input

#### 3.4.4 Sensor Pembagi Tegangan

Dimana sensor ini digunakan untuk membaca nilai tegangan pada bagian output kemudian hasil pembacaan dari sensor tegangan dikirimkan pada arduino dengan nilai analog. Sensor tegangan digunakan sebagai umpan balik keluaran *buck converter* agar nilai keluaran sesuai dengan yang diinginkan. Berikut adalah perancangan nilai resistor dan gambar sensor tegangan.



Gambar 3.4 Rangkaian Pembagi Tegangan

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_1}{R_1 + R_2}$$

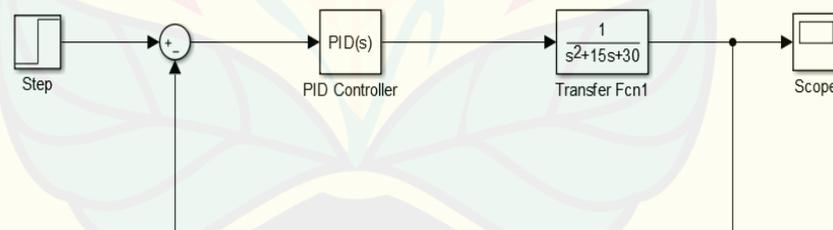
$$22 = \frac{48 \times 15k}{15k + R_2}$$

$$R_1 = 15 \text{ k}$$

$$R_2 = 17.7 \text{ k}$$

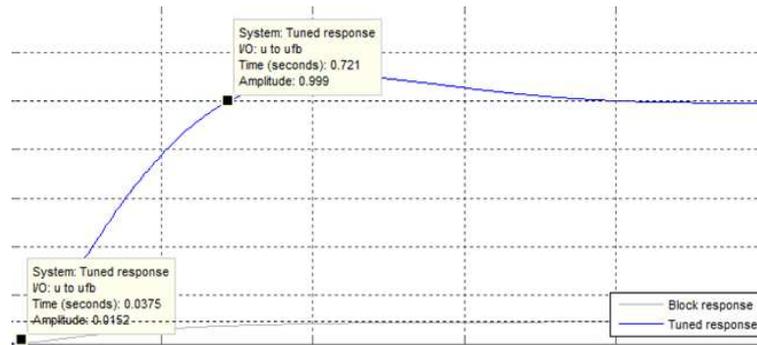
### 3.5 PID Ziegler Nichols

Proses tuning merupakan bagian yang terpenting pada saat proses penentuan nilai parameter nilai  $k_p$ ,  $k_i$ , dan  $k_d$  yang akan digunakan. Proses tuning dengan menggunakan metode *ziegler nichols* dilakukan dengan cara *trial and error* hingga memperoleh respon yang bagus pada saat simulasi dengan menggunakan matlab. Ketika sudah mendapat respon bentuk gelombang yang diinginkan proses selanjutnya yaitu mencari titik parameter *delay time*  $L$  dan *rise time*  $T$ . Komponen yang dibutuhkan pada saat proses tuning dengan menggunakan Simulink matlab yaitu step, sum, PID, Transfer fcn dan scope untuk menampilkan hasil gelombang. Berikut adalah gambar simulasi sistem perencanaan dengan menggunakan metode *ziegler nichols*.



Gambar 3.5 Proses Pencarian Parameter  $L$  Dan  $T$  Simulink Matlab

Setelah menyusun komponen pada Simulink matlab tahap selanjutnya yaitu menentukan nilai parameter  $k_p$  yang sesuai agar memperoleh hasil gelombang yang bagus atau mempunyai *rise time* yang cepat, nilai *overshoot* yang kecil dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai stabil cukup cepat. Pada percobaan dengan menggunakan matlab yang telah dilakukan diperoleh hasil grafik sebagai berikut:



Gambar 3.6 Grafik Penentuan Nilai KP

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan diperoleh titik koordinat waktu *delay time* dan waktu *rise time*. Nilai *delay time*  $L$  sebesar 0,0375 dan nilai *rise time*  $T$  sebesar 0,721. Kemudian mencari parameter  $K_p$ ,  $k_i$ ,  $k_d$  dari metode *open loop Ziegler Nichols* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Tabel 3.2 Perhitungan Nilai  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ 

Type Of Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$T/L$	$\infty$	0
PI	$0.9T/L$	$L/0.3$	0
PID	$1.2T/L$	$2L$	$0.5L$

Kemudian nilai  $k_p$ ,  $k_i$ , dan  $k_d$  diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

#### 3.5.1 Perhitungan Nilai $k_p$ :

$$K_p = \frac{1}{2} \times \frac{T}{L}$$

$$K_p = \frac{1}{2} \times \frac{0,721}{0,0375}$$

$$K_p = 9,61$$

#### 3.5.2 Perhitungan Nilai $k_i$ :

$$K_i = 2 \times L$$

$$K_i = 2 \times 0,0375$$

$$K_i = 0,075$$

#### 3.5.3 Perhitungan Nilai $k_d$ :

$$K_d = 0,5 \times L$$

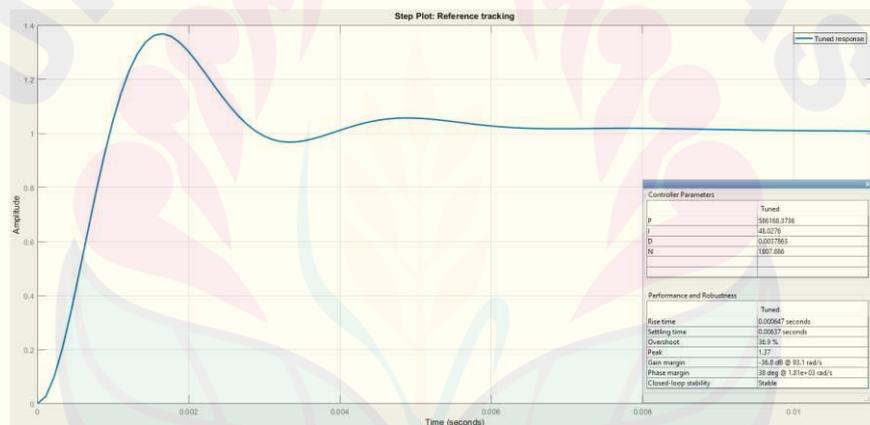
$$K_d = 0,5 \times 0,0375$$

$$K_d = 0,018$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada perancangan alat dengan metode *PID Ziegler Nichols* diperoleh nilai  $k_p$  sebesar 9,61, nilai  $k_i$  sebesar 0,075 dan nilai  $k_d$  sebesar 0,018. Nilai tersebut digunakan pada proses percobaan alat *dc-dc buck converter* saat melakukan pengujian dengan menggunakan metode *PID Ziegler Nichols*. Dapat dilihat pada gambar 3.7 dan tabel 3.3, yang merupakan bentuk gelombang yang dihasilkan dengan menggunakan parameter *PID ziegler nichols*.

Tabel 3.3 Hasil *output PID Ziegler Nichols*

Parameter			Rise time	Overshoot	Settling	Steady state
$K_p$	$K_i$	$K_d$				
9.61	0.075	0.018	0.721 s	10.36 %	0.637 s	Stabil

Gambar 3.7 Grafik *Ziegler Nichols*

## BAB 4. PEMBAHASAN

Pada bab sebelumnya telah dijelaskan mulai dari latar belakang penelitian, metodologi penelitian, hingga perancangan alat. Dan juga sudah dijelaskan mengenai tujuan, manfaat, serta batasan masalah dari penelitian yang dilakukan. Selain itu, dasar teori mengenai komponen pengendali juga telah dipahami dengan baik.

Penelitian ini berjudul “Sistem Kontrol Tegangan (Dc-Dc *Buck Converter*) dengan Metode *Ziegler Nichols*“. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengujian alat beserta dilakukan analisis berdasarkan data yang diperoleh selama proses pengambilan data. Pada pengujian awal yang dilakukan meliputi pengujian sensor. Dimana sensor tegangan digunakan untuk mengetahui ketelitian dari sensor yang berfungsi untuk *feedback* pengujian alat saat menggunakan metode *ziegler nichols*. Selanjutnya adalah pengujian *buck converter* dengan tujuan untuk mengetahui kinerja dari *converter* yang telah dibuat baik dari nilai tegangan, arus, daya, dan efisiensi dari *converter* dengan menggunakan beban resistor maupun motor PG45. Dan pengujian terakhir adalah pengujian keseluruhan sistem yaitu pengujian alat dengan menggunakan beban motor PG45 dengan algoritma kontrol PID *ziegler nichols*. Penggunaan algoritma PID *ziegler nichols* diharapkan mampu mempertahankan tegangan secara otomatis dengan beban motor PG45.

### 4.1 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan (*voltage divider*) merupakan sebuah rangkaian yang terdiri dari 2 buah resistor yang disusun secara seri dan digunakan untuk membaca suatu tegangan pada suatu rangkaian. Pemasangan sensor tegangan dipasang secara paralel pada beban. Sensor tegangan merupakan konversi dari pembacaan nilai *adc* yang masuk pada mikrokontroler. Pengujian sensor tegangan (*voltage divider*) pada bagian keluaran pada *buck converter* yang nantinya digunakan sebagai pengatur umpan balik ketika pengujian menggunakan metode PID *Ziegler Nichols*. Berikut merupakan data pengujian sensor.

Tabel 4.1 Pengujian Sensor Tegangan

Data	pembacaan sensor input (V)	pembacaan multimeter (V)	Selisih	error persen (%)
1	0	0	0	0.0
2	2.1	2	0.1	0.5
3	4.03	4	0.03	0.75
4	6.07	6	0.07	1.17
5	8.27	8	0.27	3.37
6	10.21	10	0.21	2.10
7	12.08	12	0.08	0.67
		Rata-rata		2.18

Pengujian sensor tegangan dengan menggunakan *voltage divider* dilakukan sebanyak 7 kali dengan variasi tegangan masukan dari rentang 0 volt sampai 12 volt. Pengujian ini menggunakan masukan yang berasal dari power supply dan membandingkan nilai yang terbaca dari sensor tegangan dan hasil pembacaan multimeter. Hasil selisih diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

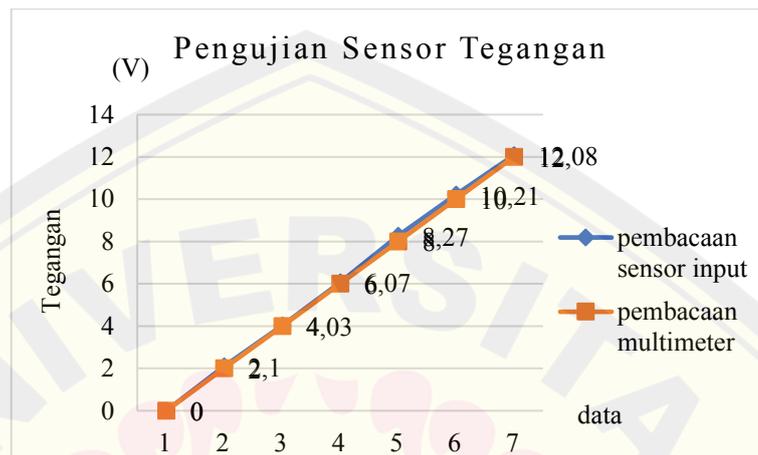
$$\text{selisih} = \text{pembacaan nilai multimeter} - \text{nilai pembacaan sensor} \quad (4.1)$$

Sebagai contoh hasil pembacaan sensor dan multimeter dapat diketahui pada saat sumber tegangan sebesar 4 volt dan nilai dari pembacaan sensor sebesar 4.03 volt sehingga diperoleh selisih pembacaan sebesar 0.03 volt. Kemudian pengujian dengan menggunakan sumber tegangan 6 Volt dan hasil pembacaan sensor sebesar 6.07 volt maka selisih sebesar 0.07 volt. Pada pengujian sensor ini diperoleh selisih terbesar yaitu saat tegangan masukan 8 volt dengan selisih pembacaan sebesar 0.27 volt. Tahap selanjutnya yaitu menghitung error persen dimana berfungsi untuk mengukur ketelitian dari sensor tegangan yang akan digunakan untuk melakukan umpan balik pengujian alat *buck converter* dengan metode PID *ziegler nichols*. Perhitungan *error* persen dihasilkan dari rumus sebagai berikut:

$$E\% = \frac{\text{pembacaan multimeter} - \text{pembacaan sensor}}{\text{pembacaan multimeter}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Berdasarkan data yang diperoleh yaitu pengujian sensor yaitu error persen pada saat pengujian dengan menggunakan tegangan input sebesar 4 volt diperoleh error persen sebesar 0.75 persen. Kemudian saat menggunakan tegangan masukan sebesar 6 volt diperoleh hasil perhitungan error persen sebesar 1.17 persen. Error

persen terbesar pada saat pengujian sensor diperoleh pada saat menggunakan tegangan sebesar 8 volt dengan nilai error persen sebesar 3.37 persen. Dari tabel 4.1, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata error persen hasil dari pembacaan sensor tegangan adalah sebesar 2.18 persen sehingga tingkat ketelitian dari sensor dapat dikatakan cukup baik. Berikut adalah grafik pengujian sensor tegangan dengan variasi input.



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sensor Tegangan

Berdasarkan grafik yang dihasilkan dari pengujian sensor tegangan dapat dianalisis bahwa selisih pembacaan multimeter dan sensor tegangan cukup kecil sehingga mengakibatkan tumpang tindih antara garis pembacaan sensor dan pembacaan multimeter. Pengujian sensor tegangan yang sudah dilakukan dan diperoleh data sesuai tabel di atas maka dapat dianalisis bahwa semakin kecil selisih pembacaan sensor dan multimeter maka diperoleh error persen yang cukup kecil dan sensor tegangan dengan menggunakan resistor pembagi tegangan mempunyai ketelitian yang cukup baik.

#### 4.2 Pengujian Beban Resistor

Pada pengujian alat menggunakan 2 buah beban yang berbeda yaitu menggunakan beban resistor dan beban motor dc PG45 yang digunakan pada robot KRSBI-Beroda. Percobaan ini dilakukan dengan beban resistor yang mempunyai resistansi yang bervariasi. Fungsi penggunaan resistansi yang bervariasi yaitu untuk mengetahui karakteristik dari tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh *buck converter*. Pengujian dengan menggunakan beban resistor terdapat 2 pengujian

yaitu tanpa menggunakan metode PID *ziegler nichols* dan pengujian kedua dengan penambahan metode PID *ziegler nichols* digunakan untuk mengetahui efisiensi dari rancang bangun alat yang telah dibuat. Berikut adalah gambar pengujian *dc-dc buck converter* dengan beban resistor.



Gambar 4.2 Pengujian Dc-Dc *Buck Converter* Beban Resistor

#### 4.2.1 Pengujian Beban Resistor Tanpa Pengendali

Pada pengujian tanpa pengendali ini menggunakan 4 variasi beban resistor yang berbeda yaitu sebesar 10 ohm, 20 ohm, 33 ohm dan 39 ohm. Pengujian beban resistor tanpa metode pengendali ini menggunakan cara manual yaitu menggunakan potensiometer untuk mengatur nilai tegangan keluaran, mengetahui nilai arus yang dihasilkan, menghitung daya, dan menghitung efisiensi alat. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian konverter dengan beban resistor tanpa menggunakan metode *ziegler nichols*.

Tabel 4.2 Pengujian Beban 10 Ohm Tanpa PID *Ziegler Nichols*

Vin(V)	Arus(A)	Daya Input(W)	Tegangan(V)	Arus(A)	Daya Output(W)	Efisiensi(%)
48	0.08	3.84	5	0.52	2.6	67.70
48	0.37	17.76	10	1.01	10.1	56.86
48	0.82	39.36	15	1.55	23.25	59.07
48	1.35	65.76	20	2.09	41	62.34
48	1.95	93.6	25	2.59	63.75	68.1
rata-rata						62.82

Tabel 4.3 Pengujian Beban 20 Ohm Tanpa PID *Ziegler Nichols*

Vin(V)	Arus(A)	Daya		Arus(A)	Daya	
		Input(W)	Tegangan(V)		Output(W)	Efisiensi(%)
48	0.05	2.4	5	0.26	1.3	54.16
48	0.16	7.68	10	0.52	5.2	67.70
48	0.34	16.32	15	0.76	11.4	69.85
48	0.61	29.28	20	1.01	20.2	68.98
48	0.92	44.16	25	1.27	31.75	71.89
rata-rata						66.52

Tabel 4.4 Pengujian Beban 33 Ohm Tanpa PID *Ziegler Nichols*

Vin(V)	Arus(A)	Daya		Arus(A)	Daya	
		Input(W)	Tegangan(V)		Output(W)	Efisiensi(%)
48	0.03	1.44	5	0.17	0.85	59.02
48	0.09	4.32	10	0.31	3.1	71.75
48	0.2	9.6	15	0.46	6.9	71.87
48	0.33	15.84	20	0.61	12.2	77.02
48	0.5	24	25	0.76	19	79.16
rata-rata						71.76

Tabel 4.5 Pengujian Beban 39 Ohm Tanpa PID *Ziegler Nichols*

Vin(V)	Arus(A)	Daya		Arus(A)	Daya	
		Input(W)	Tegangan(V)		Output(W)	Efisiensi(%)
48	0.02	0.96	5	0.12	0.6	62.5
48	0.07	3.36	10	0.26	2.6	77.38
48	0.16	7.68	15	0.39	5.85	76.17
48	0.29	13.92	20	0.53	10.6	76.14
48	0.43	20.64	25	0.66	16.5	79.94
rata-rata						74.42

Berdasarkan pengujian dengan menggunakan variasi beban resistor diperoleh saat menggunakan beban resistansi sebesar 10 ohm dengan nilai tegangan keluaran sebesar 5 volt diperoleh nilai arus input sebesar 0.08 ampere dan arus output sebesar 0.052 ampere. Ketika tegangan output sebesar 10 volt dengan menggunakan supply baterai sebesar 48 volt diperoleh arus input sebesar 0.37 ampere dan arus output sebesar 1.01 ampere. Pengujian dengan beban resistor 20 ohm dengan tegangan output sebesar 5 volt diperoleh arus input sebesar 0.05 ampere dan arus output sebesar 0.26 ampere. Pengujian dengan beban 20 ohm dengan tegangan output sebesar 10 volt diperoleh arus input sebesar 0.16 ampere dan arus output sebesar 0.52 ampere. Ketika menggunakan beban sebesar 33 ohm dengan tegangan output sebesar 5 volt diperoleh arus input sebesar 0.03 ampere dan arus output sebesar 0.17 ampere. Saat tegangan output sebesar 10 volt diketahui

nilai arus input sebesar 0.09 ampere dan arus output sebesar 0.31 ampere. Kemudian pengujian tanpa menggunakan metode dengan menggunakan beban 39 ohm ketika nilai tegangan output sebesar 5 volt diperoleh arus input sebesar 0.02 ampere dan arus output sebesar 0.12 ampere. Pada saat tegangan keluaran sebesar 10 volt diketahui arus input sebesar 0.07 ampere dan arus output sebesar 0.26 ampere. Berdasarkan pengujian dengan beban resistor dapat dianalisis bahwa semakin besar tegangan output maka semakin besar arus yang dihasilkan. Kemudian semakin besar resistansi maka semakin kecil arus yang dihasilkan.

Untuk mengetahui daya input dan output yang dihasilkan *buck converter* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (4.3)$$

Keterangan:

P : Daya (W)

V : Tegangan

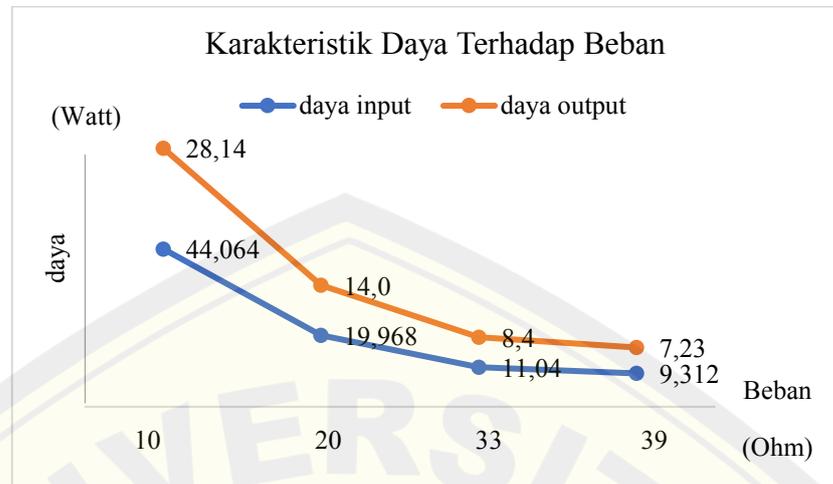
I : Arus

Sebagai contoh perhitungan nilai daya yaitu pada percobaan terakhir dengan beban  $39\Omega$  sebagai berikut.

$$P = 48 \times 0.43 = 20.64 \text{ watt}$$

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh daya saat menggunakan beban 10 ohm dengan sumber tegangan baterai sebesar 48 volt dan tegangan output sebesar 5 volt diperoleh hasil daya input sebesar 3.84 watt dengan daya output sebesar 2.6 watt. Saat tegangan keluaran sebesar 10 volt diperoleh daya input sebesar 17.76 watt dan daya output sebesar 10.1 watt. Kemudian dengan menggunakan beban 20 ohm pada saat tegangan keluaran sebesar 5 volt diperoleh daya input sebesar 2.4 watt dan daya output sebesar 1.3 watt. Ketika tegangan output sebesar 10 volt dihasilkan daya input sebesar 7.68 watt dan daya output sebesar 5.2 watt. Saat menggunakan beban 33 ohm dengan tegangan output sebesar 5 volt diperoleh daya input sebesar 1.44 watt dan daya output sebesar 0.85 watt. Saat tegangan output sebesar 10 volt diperoleh daya input sebesar 4.32 watt dan daya output sebesar 3.1 watt. Kemudian variasi resistansi beban sebesar 39 ohm ketika tegangan output sebesar 5 volt diperoleh daya input sebesar 0.96 watt dan daya output 0.6 watt. Saat tegangan output sebesar 10 volt diperoleh daya input sebesar

3.36 watt dan daya output sebesar 3.6 watt. Berikut adalah grafik karakteristik daya baik input maupun output yang dihasilkan pada saat pengujian dengan menggunakan beban resistor tanpa penambahan metode.



Gambar 4.3 Pengaruh Nilai Beban Terhadap Daya

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan karakteristik nilai daya input maupun output pada *buck converter* dapat dianalisis bahwa semakin besar nilai resistansi maka semakin kecil nilai daya yang dihasilkan dan sebaliknya semakin kecil resistansi beban maka dihasilkan nilai daya yang besar juga. Hal tersebut dapat dibuktikan pada Gambar 4.3 Pengaruh nilai beban terhadap perubahan daya.

Kemudian dari perhitungan daya di atas dapat dihitung nilai efisiensi daya. Nilai efisiensi dari *converter* yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4.4)$$

Keterangan:

$\eta$  : Efisiensi

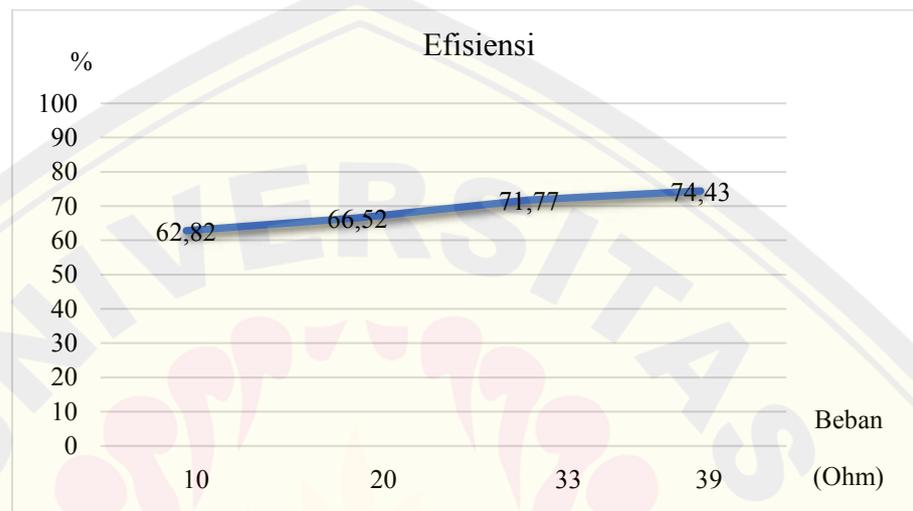
$P_{out}$  : Daya keluaran (W)

$P_{in}$  : Daya masukan (W)

Sebagai contoh, pada percobaan efisiensi konverter dengan beban  $39\Omega$  dan nilai tegangan, maka efisiensi *converter* dapat diperoleh dengan perhitungan berikut:

$$\eta = \frac{16.5}{20.64} \times 100\% = 79,94\%$$

Pada percobaan dengan menggunakan beban resistor beban 10 ohm diperoleh rata-rata efisiensi sebesar 62.82 persen. Kemudian pada saat menggunakan beban sebesar 20 ohm diperoleh efisiensi sebesar 65.52 persen. Pada saat menggunakan beban sebesar 33 ohm diperoleh hasil perhitungan efisiensi sebesar 71.77 persen. Dan saat menggunakan beban 39 ohm dihasilkan rata-rata efisiensi sebesar 74.43 persen. Berikut merupakan grafik untuk pengaruh perubahan nilai beban terhadap efisiensi daya yang dihasilkan.



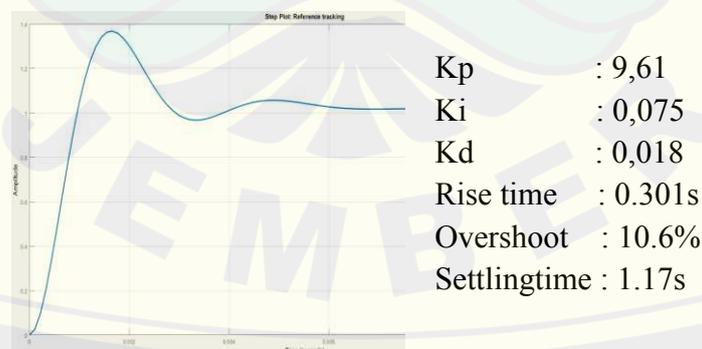
Gambar 4.4 Efisiensi Daya Beban Resistor

Berdasarkan gambar pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi dapat dianalisis bahwa semakin besar nilai resistansi beban yang diberikan maka semakin besar pula nilai efisiensi yang dihasilkan. Semakin kecil nilai resistansi pada beban maka efisiensi daya yang dihasilkan oleh konverter semakin kecil. Berdasarkan pengujian resistor tanpa pengendali dapat dianalisis bahwa pengaruh nilai resistansi beban berpengaruh terhadap nilai arus yang dihasilkan. Yaitu semakin besar nilai resistansi yang diberikan pada *buck converter* maka nilai nilai arus yang dihasilkan semakin kecil. Dari sisi tegangan dapat dilihat semakin besar nilai tegangan keluaran maka semakin besar nilai arus yang dihasilkan. Dan nilai tegangan keluaran berbanding lurus dengan arus yang dihasilkan. Dan daya keluaran *buck converter* berbanding lurus dengan nilai arus dan tegangan hal ini dikarenakan perhitungan nilai daya diperoleh dari perkalian arus dan tegangan. Dibuktikan pada hasil pengujian *buck converter* dengan variasi beban tanpa menggunakan metode PID *ziegler nichols*.

#### 4.2.2 Pengujian Beban Resistor dengan Pengendali

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian beban resistor dengan menggunakan metode PID *ziegler nichols*. Pada pengujian resistor menggunakan metode PID *ziegler nichols* ini mencari nilai  $k_p$  dengan mencari bentuk gelombang terbaik dengan nilai overshoot yang rendah dan respon cepat yang diperoleh melalui simulasi MATLAB. Setelah menemukan nilai *delay time* L dan *rise time* T pada gelombang. Selanjutnya mencari nilai  $k_p$ ,  $k_i$ , dan  $k_d$  sesuai dengan perhitungan rumus yang sudah ditetapkan. Kemudian mencari nilai ADC dengan set point tegangan yang ditentukan. Ketika set point ADC sudah ditentukan kemudian memasukkan nilai set point tersebut kedalam program PID. Ketika set point tidak sesuai maka sensor tegangan akan bekerja sebagai *feedback* atau umpan balik memberikan sinyal agar nilai *set point* sesuai dengan yang diinginkan dengan penambahan metode agar tegangan output lebih stabil.

Perbedaan proses pencarian *set point* tegangan dengan metode PID *ziegler nichols* dan tanpa metode PID *ziegler nichols* yaitu ketika menggunakan metode hanya memasukkan nilai set point dan menggunakan metode *ziegler nichols* agar tegangan keluaran lebih stabil dan sesuai dengan yang diinginkan namun pengujian tanpa menggunakan metode yaitu proses pencarian nilai tegangan output dilakukan secara manual atau menggunakan potensiometer sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Pada pengujian dengan beban resistor menggunakan set point sebesar 20 volt. Berikut adalah hasil grafik dengan menggunakan metode PID *Ziegler Nichols*.



Gambar 4.5 Grafik PID *Ziegler Nichols*

Pada proses simulasi MATLAB dihasilkan grafik seperti pada gambar di atas dengan nilai input  $k_p$  sebesar 9,61, nilai  $k_i$  sebesar 0,075 dan  $k_d$  sebesar 0,018 dan diperoleh nilai *overshoot* sebesar 10,6%, *rise time* sebesar 0,301 detik, dan *settling time* 1,17 detik. Proses selanjutnya yaitu pengujian beban resistor dengan menggunakan metode PID *Ziegler Nichols*. Nilai PID dimasukkan pada listing program yang sudah dibuat kemudian memasukkan nilai set point pada program arduino. Pengujian *dc-dc buck converter* dengan menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* yaitu menggunakan variasi beban resistor sebesar 10 ohm, 20 ohm, 33 ohm, dan 39 ohm. Namun pengujian menggunakan metode ini dilakukan dengan mengubah nilai input dari *buck converter* tetapi dengan set point yang sama. Variasi nilai input *buck converter* sebesar 48 volt, 36 volt, 24 volt dengan nilai set point sebesar 20 volt. Berikut adalah hasil keluaran simulasi menggunakan metode PID *ziegler nichols*.

Tabel 4.6 Hasil Simulasi *Buck Converter* Menggunakan *Ziegler Nichols*

Vin (V)	Parameter			Rise time (V)	Overshoot (V)	Settling time (V)	Steady state (V)
	Kp	Ki	Kd				
48	9.61	0.075	0.018	18.2	24.3	21	20
36	9.61	0.075	0.018	20	22	19.5	20
24	9.61	0.075	0.018	17	22	20.4	20

Berdasarkan pengujian saat dilakukan simulasi dengan parameter  $k_p$  sebesar 9.61,  $k_i$  sebesar 0.075, dan  $k_d$  sebesar 0.018 diperoleh hasil yaitu dengan input sebesar 48 volt diperoleh tegangan saat *rise time* sebesar 18.2 volt, *overshoot* sebesar 24.3 volt, *settling time* sebesar 21 volt dan *steady state* sebesar 20 volt. Kemudian dengan masukan 36 volt diperoleh *rise time* sebesar 20 volt, *overshoot* sebesar 22 volt, *settling time* sebesar 19.5 volt, *steady state* sebesar 20 volt. Saat nilai tegangan input sebesar 24 volt diperoleh *rise time* sebesar 17 volt, *overshoot* sebesar 22 volt, *settling time* sebesar 20.4 volt, *steady state* sebesar 20 volt. Setelah melakukan simulasi dilakukan pengujian penerapan menggunakan alat dengan penambahan metode PID *ziegler nichols*. Berikut adalah hasil pengujian menggunakan beban resistor dengan penambahan metode *ziegler nichols*.

Tabel 4.7 Beban Resistor 10 Ohm Menggunakan PID Ziegler Nichols

Tegangan Input (V)	Tegangan Output (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Arus Output (A)	Daya Output (W)	Error Persen (%)
48	20.01	1.95	93.6	2.03	40.6203	0.05
36	20.22	1.99	71.64	2.06	41.6532	1.1
24	20.02	1.96	47.04	2.04	40.8408	0.1

Tabel 4.8 Beban Resistor 20 Ohm Menggunakan PID *Ziegler Nichols*

Tegangan Input (V)	Tegangan Output (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Arus Output (A)	Daya Output (W)	Error Persen (%)
48	20.2	1	48	1.04	21.008	1
36	20.05	0.99	35.64	1.03	20.6515	0.25
24	20.06	0.99	23.76	1.02	20.4612	0.3

Tabel 4.9 Beban Resistor 33 Ohm Menggunakan PID *Ziegler Nichols*

Tegangan Input (V)	Tegangan Output (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Arus Output (A)	Daya Output (W)	Error Persen (%)
48	20.01	0.57	27.36	0.6	12.006	0.05
36	19.61	0.49	17.64	0.51	10.0011	1.95
24	19.78	0.57	13.68	0.59	11.6702	1.1

Tabel 4.10 Beban Resistor 33 Ohm Menggunakan PID *Ziegler Nichols*

Tegangan Input (V)	Tegangan Output (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Arus Output (A)	Daya Output (W)	Error Persen (%)
48	20.07	0.5	24	0.52	10.4364	0.35
36	20.02	0.5	18	0.52	10.4104	0.1
24	20.11	0.5	12	0.52	10.4572	0.55

Berdasarkan tabel pengujian dengan menggunakan beban sebesar 10 ohm saat tegangan input sebesar 48 volt diperoleh arus input sebesar 1.95 ampere dan arus output sebesar 2.03 ampere. Kemudian dengan tegangan input sebesar 36 volt diperoleh arus input sebesar 1.99 ampere dan arus output sebesar 2.06 ampere. Dan pengujian dengan tegangan input sebesar 24 volt diperoleh arus input sebesar 1.96 ampere dan arus output sebesar 2.04 ampere. Kemudian pengujian dengan menggunakan beban sebesar 20 ohm saat tegangan input sebesar 48 volt diperoleh arus input sebesar 0.57 ampere dan arus output sebesar 1.04 ampere. Kemudian saat tegangan input sebesar 36 dan 24 volt diperoleh arus input sebesar 0.99 ampere dan

arus output sebesar 1.03 ampere. pengujian dengan menggunakan beban sebesar 33 ohm saat tegangan input sebesar 48 volt diperoleh arus input sebesar 0.57 ampere dan arus output sebesar 0.61 ampere. Kemudian dengan tegangan input sebesar 36 volt diperoleh arus input sebesar 0.49 ampere dan arus output sebesar 0.51 ampere. Dan pengujian dengan tegangan input sebesar 24 volt diperoleh arus input sebesar 0.57 ampere dan arus output sebesar 0.59 ampere. Pengujian terakhir dengan menggunakan beban sebesar 39 ohm saat tegangan input sebesar 48, 36, dan 24 volt diperoleh arus input sebesar 0.5 ampere dan arus output sebesar 0.52 ampere. Berdasarkan pengujian di atas semakin besar resistansi maka semakin kecil arus yang dihasilkan dan saat menggunakan metode *ziegler nichols* arus input maupun output lebih stabil.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil daya. Perhitungan daya input maupun output dihasilkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (4.5)$$

Keterangan:

P : Daya (W)

V : Tegangan

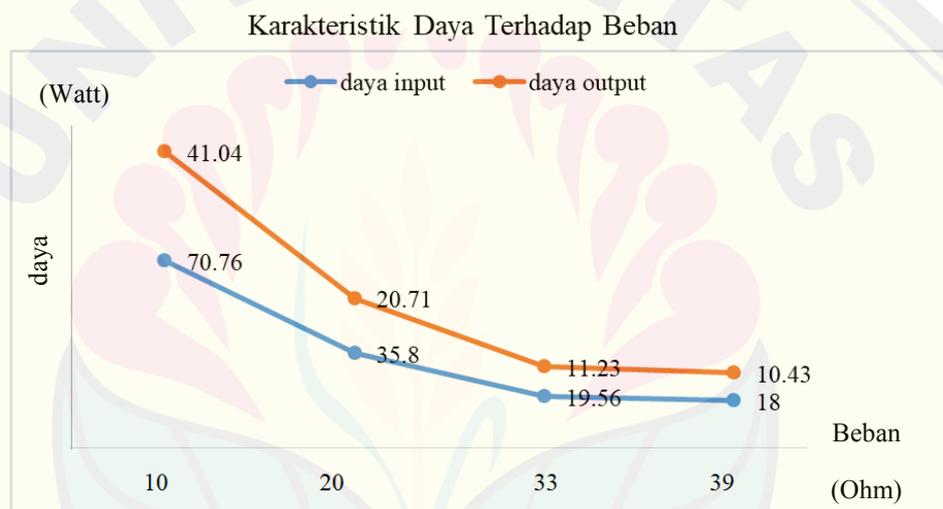
I : Arus

Sebagai contoh perhitungan nilai daya yaitu pada percobaan terakhir dengan beban 10  $\Omega$  sebagai berikut.

$$P = 48 \times 1.96 = 94.08 \text{ watt}$$

Saat menggunakan beban 10 ohm dengan masukan tegangan sebesar 48 volt diperoleh daya input sebesar 93.6 watt dan daya output sebesar 40.62 watt. Ketika menggunakan tegangan input sebesar 36 volt diperoleh daya input sebesar 71.64 watt dan daya output sebesar 41.65 watt. Dan pengujian dengan menggunakan tegangan masukan sebesar 24 volt diperoleh daya input sebesar 47.04 watt dan daya output sebesar 40.84 watt. Pengujian selanjutnya yaitu mengubah variasi beban sebesar 20 ohm. Saat tegangan input sebesar 48 volt diperoleh daya input sebesar 48 watt dan daya output sebesar 21.09 watt. Saat tegangan input sebesar 36 volt diperoleh daya sebesar 35.64 watt pada bagian input dan 20.65 watt pada sisi output. Saat tegangan input sebesar 24 volt diperoleh daya input sebesar 23.76 watt dan

daya output sebesar 20.46 watt. Kemudian menggunakan beban 33 ohm diperoleh daya input sebesar 27.36 watt dan daya output sebesar 12 watt dengan tegangan masukan sebesar 48 volt. Daya input sebesar 17.64 watt dan daya output sebesar 10 watt diperoleh ketika menggunakan tegangan input sebesar 36 volt. Dan saat tegangan input sebesar 24 volt dihasilkan daya input sebesar 13.68 watt dan daya output sebesar 11.67 watt. Pengujian terakhir yaitu menggunakan beban sebesar 39 ohm. Saat tegangan input sebesar 48 volt diperoleh daya input sebesar 24 watt dan daya output sebesar 10.43 watt. Kemudian dengan tegangan input sebesar 36 volt diperoleh daya input sebesar 18 watt dan daya output sebesar 10.41 watt. Pengujian terakhir dengan tegangan input 24 volt diperoleh daya input sebesar 12 watt dan daya output sebesar 10.45 watt. Berikut adalah karakteristik daya terhadap perubahan variasi resistansi pada beban.



Gambar 4.6 Pengujian Beban Resistor Menggunakan PID *Ziegler Nichols*

Berdasarkan grafik karakteristik pengujian *dc-dc buck converter* dengan menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* dengan variasi beban sebesar 10 ohm, 20 ohm, 33 ohm, dan 39 ohm dapat dianalisis bahwa pengaruh perubahan nilai resistansi beban mempengaruhi nilai daya yang dihasilkan baik input maupun output. Semakin besar nilai resistansi maka semakin kecil daya yang dihasilkan baik daya input maupun output. Kemudian variasi input pada *buck converter* dengan metode PID *Ziegler Nichols* beban resistor dengan set point yang sama berpengaruh pada daya input yang dihasilkan. Semakin kecil tegangan input pada *dc-dc buck converter* maka semakin kecil nilai arus dan daya yang dihasilkan. Hal

ini dibuktikan pada tabel percobaan *dc-dc buck converter* dengan menggunakan metode PID *Ziegler Nichols*.

### 4.3 Pengujian Beban Motor

Pengujian selanjutnya adalah pengujian sistem kontrol tegangan *dc-dc buck converter* dengan menggunakan beban berupa motor. Penggunaan beban motor ini dilakukan dikarenakan pada penerapan dari alat sistem kontrol *dc-dc buck converter* yang mana robot tersebut bergerak menggunakan motor dc. Pengujian dengan beban motor dilakukan 2 tahap yaitu tidak menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* dan dengan menggunakan metode PID *Ziegler Nichols*. Hal tersebut dikarenakan untuk membandingkan keandalan dari metode yang digunakan. Berikut adalah gambar pengujian sistem kontrol tegangan *dc-dc buck converter* dengan menggunakan beban motor.



Gambar 4.7 Pengujian dengan Beban Motor

#### 4.3.1 Pengujian Motor Tanpa Pengendali PID *Ziegler Nichols*

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian *dc-dc buck converter* tanpa menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* dengan beban berupa motor dc PG45. Pengujian *dc-dc buck converter* tanpa menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* dengan beban berupa motor dilakukan secara manual yaitu penyesuaian nilai keluaran pada *dc-dc buck converter* menggunakan potensiometer. Pada pengujian kali ini mengetahui karakteristik arus, daya dan efisiensi daya dari *dc-dc buck converter*. Tegangan keluaran yang dikontrol sebesar 5 volt, 10 volt, 15 volt, dan

20 volt. Berikut adalah tabel pengujian *dc-dc buck converter* tanpa menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* dengan beban motor dc.

Tabel 4.11 Beban Motor Tanpa PID *Ziegler Nichols*

Tegangan Input (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
48	0,04	1,92	5	0,23	1,15	59,89
48	0,08	3,84	10	0,28	2,8	72,91
48	0,12	5,76	15	0,29	4,35	75,52
48	0,17	8,16	20	0,32	6,4	78,43

Pada pengujian dengan menggunakan beban motor saat tegangan keluaran sebesar 5 volt diperoleh hasil arus input sebesar 0.04 ampere dan arus output sebesar 0.23 ampere. Kemudian menaikkan tegangan keluaran menjadi 10 volt diperoleh arus input sebesar 0.08 ampere dan arus output sebesar 0.28 ampere. Saat tegangan output sebesar 15 volt dihasilkan arus input sebesar 0.12 ampere dan arus output sebesar 0.29 ampere. Pengujian terakhir yaitu dengan tegangan output sebesar 20 volt dihasilkan arus input sebesar 0.17 ampere dan arus output sebesar 0.32 ampere. Berdasarkan pengujian di atas dapat dianalisis semakin besar tegangan keluaran maka semakin besar arus yang dihasilkan. Dan sebaliknya semakin kecil tegangan output maka semakin kecil arus yang dihasilkan baik pada input maupun output. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil perhitungan daya. Perhitungan daya input maupun output sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (4.6)$$

Keterangan:

P : Daya (W)

V : Tegangan

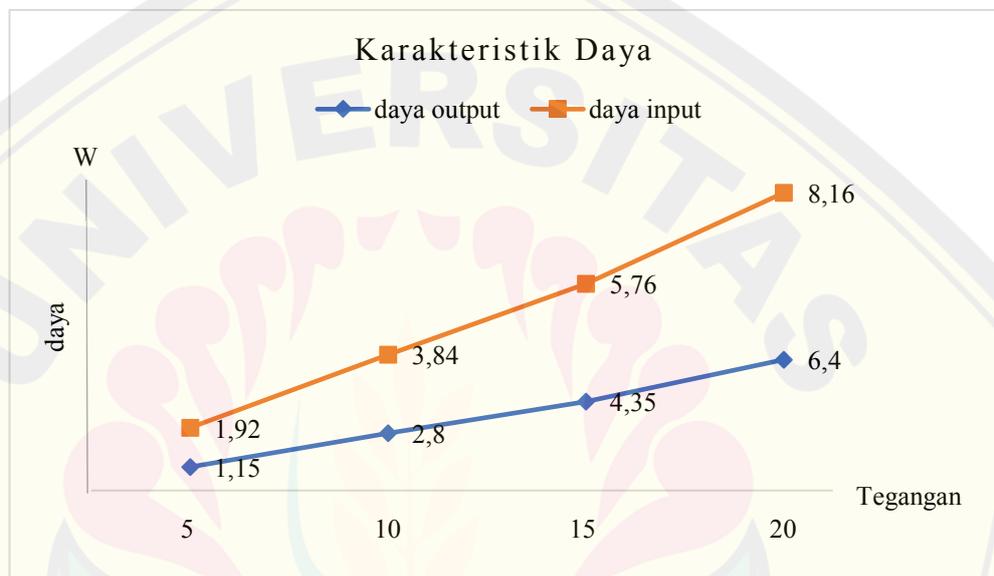
I : Arus

Sebagai contoh perhitungan nilai daya yaitu pada dengan beban motor sebagai berikut :

$$P = 5 \times 1.96 = 9.80 \text{ watt}$$

Pada saat pengujian yang dilakukan dengan menggunakan tegangan input dan mengubah tegangan keluaran dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

Pengujian pertama dengan tegangan keluaran sebesar 5 volt daya input sebesar 1.92 watt dan daya output sebesar 1.15 watt. Kemudian saat tegangan output sebesar 10 volt daya input sebesar 3.84 watt dan daya output sebesar 2.8 watt. Ketika tegangan keluaran sebesar 15 volt diperoleh daya input sebesar 5.76 watt dan daya output sebesar 4.35 watt. Pengujian terakhir dengan menggunakan tegangan output sebesar 20 volt diperoleh daya input sebesar 8.16 watt dan daya output sebesar 6.4 watt. Pada pengujian di atas dapat dianalisis semakin besar tegangan keluaran semakin besar daya yang dihasilkan. Berikut adalah grafik karakteristik daya dengan menggunakan beban motor.



Gambar 4.8 Grafik Daya Beban Motor Tanpa Kendali PID Ziegler Nichols

Berdasarkan tabel di atas pengujian *buck converter* tanpa menggunakan kendali PID Ziegler Nichols dapat dianalisis karakteristik arus dan tegangan saling berbanding lurus. Semakin besar nilai arus maka semakin besar juga nilai tegangan yang dihasilkan. Dan sebaliknya semakin kecil tegangan keluaran maka arus input maupun output yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dibuktikan pada tabel pengujian motor tanpa metode PID Ziegler Nichols menggunakan beban motor. Kemudian pengaruh daya terhadap variasi nilai tegangan keluaran yaitu semakin besar tegangan yang diatur pada set point keluaran maka semakin besar daya yang dihasilkan pada sistem kontrol tegangan *dc-dc buck converter*.

Dari data di atas dapat dihitung efisiensi daya. Efisiensi daya digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi daya dari sistem kontrol tegangan *dc-dc buck*

*converter*. Nilai efisiensi daya dari konverter yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4.7)$$

Keterangan:

$\eta$  : Efisiensi

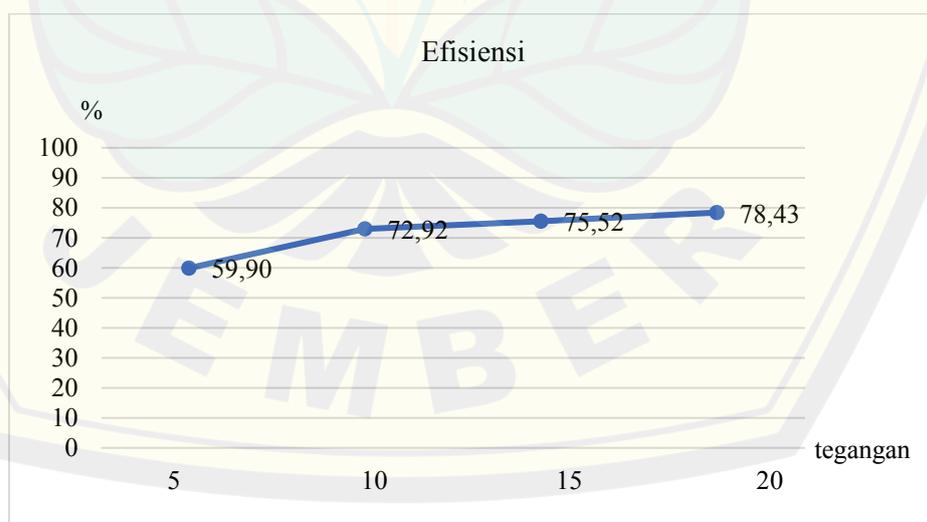
$P_{out}$  : Daya keluaran (W)

$P_{in}$  : Daya masukan (W)

Sebagai contoh, pada percobaan efisiensi daya dari *dc-dc buck converter* dengan beban motor pada saat tegangan input sebesar 20 volt sehingga diperoleh efisiensi daya dengan perhitungan berikut.

$$\eta = \frac{8,16}{6,4} \times 100\% = 78,43\%$$

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan beban motor dapat diketahui ketika tegangan output sebesar 5 volt efisiensi daya sebesar 59.9 persen. Kemudian saat tegangan output sebesar 10 volt efisiensi daya sebesar 72.92 persen. Kemudian mengubah tegangan keluaran menjadi 15 volt diperoleh efisiensi daya sebesar 74.52 persen. Pengujian terakhir dengan tegangan output sebesar 20 volt efisiensi daya sebesar 78.43 persen. Berikut merupakan grafik efisiensi daya yang dihasilkan dari alat *dc-dc buck converter* dengan menggunakan beban motor tanpa menggunakan metode *PID Ziegler Nichols*.



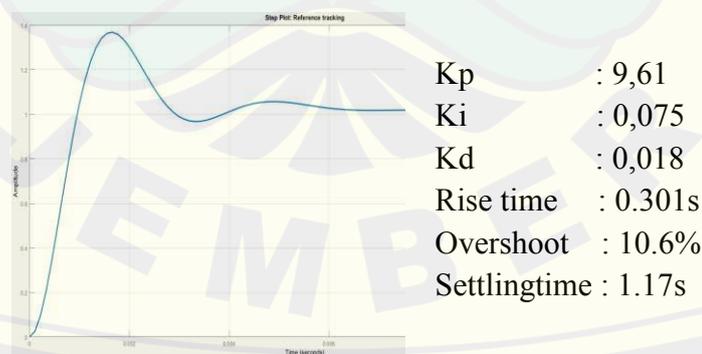
Gambar 4.9 Grafik Efisiensi Beban Motor Tanpa Menggunakan Metode *PID Ziegler Nichols*

Dan untuk nilai efisiensi daya dari alat yang dihasilkan ketika tegangan yang dihasilkan atau nilai set point yang ditentukan secara manual. Semakin besar tegangan keluaran maka akan menghasilkan daya semakin besar pula sehingga menghasilkan nilai efisiensi yang besar. Hal ini dibuktikan pada tabel percobaan dengan beban motor tanpa kontrol *PID* Ziegler Nichols.

#### 4.3.2 Pengujian Motor dengan Pengendali *PID* Ziegler Nichols

Pada pengujian motor menggunakan metode *PID* Ziegler Nichols ini dengan mencari bentuk gelombang terbaik dengan nilai *overshoot* yang rendah dan respon cepat yang diperoleh melalui simulasi MATLAB. Setelah mengetahui parameter *L* dan *T* kemudian mencari nilai *kp* *ki* dan *kd* sesuai dengan rumus yang sudah ditetapkan. Selanjutnya menghitung nilai *adc* output atau set point. Ketika set point sudah ditentukan kemudian memasukkan nilai set point tersebut kedalam program *PID*. Penggunaan metode *Ziegler Nichols* ini agar tegangan output yang masuk ke motor menjadi lebih stabil dan perputaran motor menjadi stabil juga.

Percobaan terakhir percobaan dengan beban motor dengan menggunakan kontrol. Percobaan ini dengan mengubah nilai variasi input namun dengan nilai set point keluaran tegangan bernilai tetap. Pada percobaan ini menggunakan variasi input sebesar 48 volt, 36 volt, dan 24 volt dengan nilai set point sebesar 22 volt. Hal ini dimaksudkan robot menggunakan tegangan kerja pada motor sebesar 22 volt sehingga waktu pengujian alat menggunakan tegangan keluaran sebesar 22 volt. Berikut adalah bentuk grafik nilai *PID* yang digunakan dengan menggunakan metode *PID* Ziegler Nichols.



Gambar 4.10 Grafik *PID* Ziegler Nichols

Pada proses simulasi MATLAB dihasilkan grafik seperti pada gambar di atas dengan nilai input *kp* sebesar 9,61, nilai *ki* sebesar 0,075 dan *kd* sebesar 0,018

dan diperoleh nilai *overshoot* sebesar 10,6%, *rise time* sebesar 0,301 detik, dan *settling time* 1,17 detik. Perbedaan proses pencarian set point tegangan dengan metode dan tanpa metode yaitu ketika menggunakan metode PID *Ziegler Nichols* hanya memasukkan nilai set point yang diinginkan namun pengujian tanpa menggunakan metode yaitu proses pencarian nilai tegangan output dilakukan secara manual atau menggunakan potensiometer sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Berikut adalah tabel pengujian sistem kontrol tegangan simulasi matlab metode PID *Ziegler Nichols* dengan beban motor.

Tabel 4.12 Simulasi Matlab Menggunakan Metode *Ziegler Nichols* Beban Motor

Vin (V)	Parameter			Rise time (V)	Overshoot (V)	Settling time (V)	Steady state (V)
	Kp	Ki	Kd				
48	9.61	0.075	0.018	21.3	24.3	23	22
36	9.61	0.075	0.018	19	24	22.6	22
24	9.61	0.075	0.018	20.2	23.6	22.6	22

Berdasarkan simulasi di atas dengan menggunakan parameter PID yang sama yaitu kp sebesar 9.61, ki sebesar 0.075 dan kd sebesar 0.018 dihasilkan nilai rise time sebesar 21.3 volt, overshoot sebesar 24.3 volt, settling time sebesar 23 volt dan steady state sebesar 22 volt pengujian ini menggunakan tegangan input sebesar 48 volt. Kemudian menggunakan tegangan input sebesar 36 volt diperoleh rise time sebesar 19 volt, overshoot sebesar 24 volt, settling time sebesar 22.6 volt dan steady state sebesar 22 volt. Pengujian simulasi terakhir yaitu dengan tegangan masukan sebesar 24 volt diperoleh hasil rise time sebesar 20.2 volt, overshoot sebesar 23.6 volt, settling time sebesar 22.6 volt dan steady state sebesar 22 volt. Kemudian melakukan pengujian pada dc-dc *buck converter* menggunakan metode *Ziegler Nichols*. Berikut adalah hasil pengujian dc-dc *buck converter* menggunakan metode *Ziegler Nichols*.

Tabel 4.13 Pengujian Beban Motor dengan PID *Ziegler Nichols*

Tegangan Input (V)	Tegangan Output (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Arus Output (A)	Daya Output (W)	Error Persen (%)
48	22.3	0.57	27.36	0.6	13.38	1.36

Tegangan Input (V)	Tegangan Output (V)	Arus Input (A)	Daya Input (W)	Arus Output (A)	Daya Output (W)	Error Persen (%)
36	22.41	0.57	20.52	0.59	13.22	1.86
24	21.78	0.57	13.68	0.59	12.85	1

Pengujian menggunakan beban motor saat tegangan input sebesar 48 volt diperoleh arus input sebesar 0.57 ampere dan arus output sebesar 0.6 ampere. Kemudian tegangan input sebesar 36 volt diperoleh arus input sebesar 0.49 ampere dan arus output sebesar 0.51 ampere. Pengujian terakhir dengan menggunakan tegangan input sebesar 24 volt diperoleh arus input sebesar 0.57 ampere dan arus output sebesar 0.59 ampere. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil perhitungan daya. Perhitungan daya input maupun output sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (4.8)$$

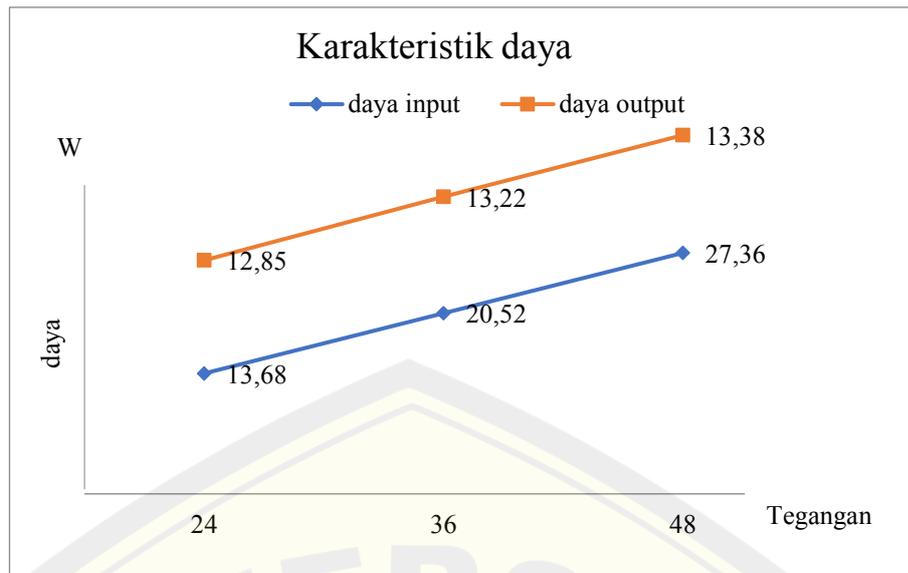
Keterangan:

P : Daya (W)

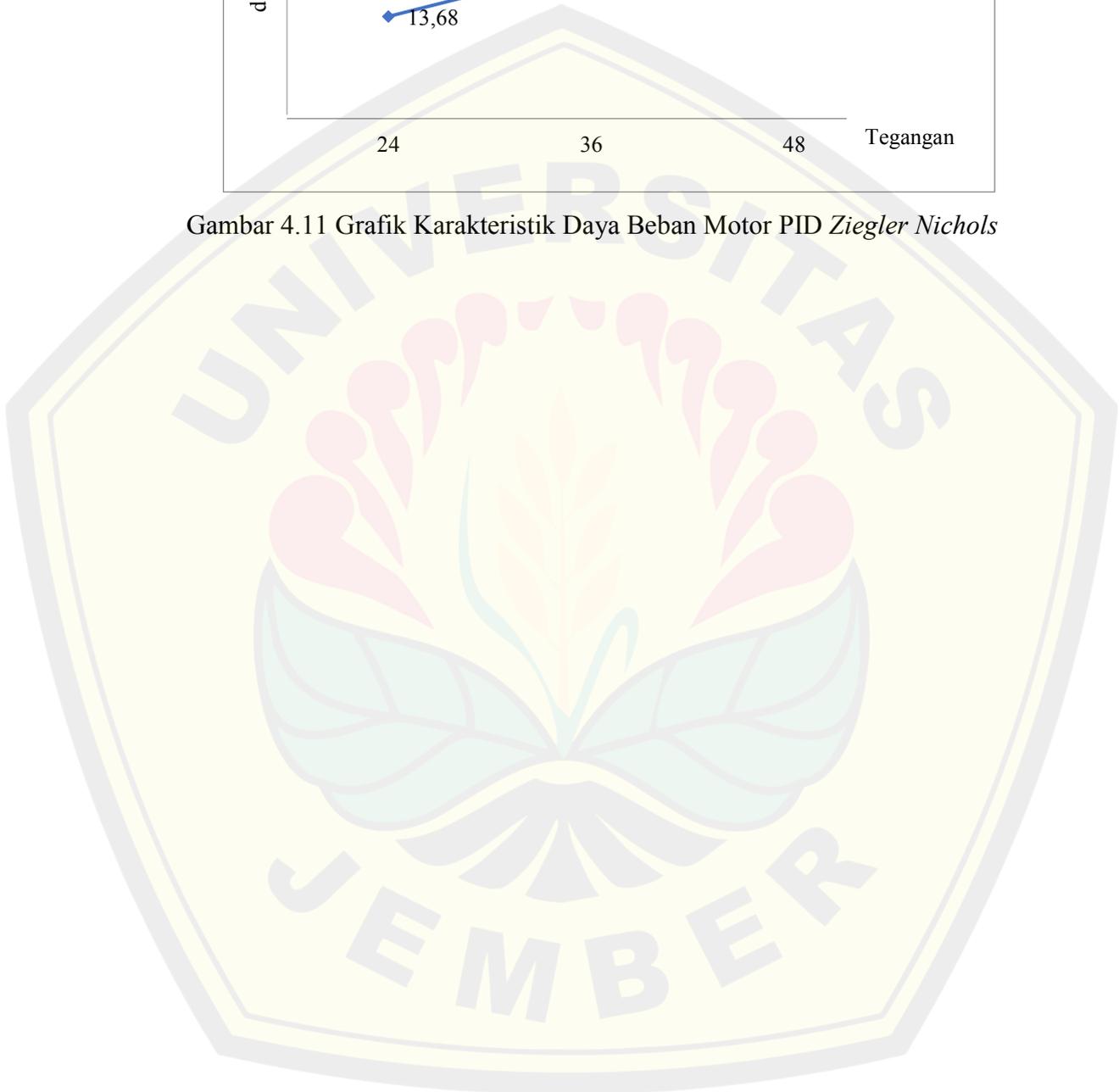
V : Tegangan

I : Arus

Pada hasil pengujian diperoleh hasil yaitu daya input sebesar 27.36 watt dan daya output sebesar 13.38 watt pada saat tegangan input sebesar 48 volt. Kemudian menggunakan tegangan input sebesar 36 volt diperoleh daya input sebesar 20.52 watt dan daya output sebesar 13.22 watt. Pengujian terakhir tegangan masukan sebesar 24 volt diperoleh daya input sebesar 13.68 watt dan daya output sebesar 12.85 watt. Berdasarkan tabel di atas pengujian *buck converter* menggunakan kendali *Ziegler Nichols* dapat dianalisis nilai tegangan input tidak mempengaruhi arus yang dihasilkan baik input maupun output. Namun berpengaruh pada daya yang dihasilkan semakin besar tegangan input maka daya input semakin besar dan sebaliknya semakin kecil tegangan input maka semakin kecil daya input yang dihasilkan. Berikut adalah grafik karakteristik daya yang dihasilkan.



Gambar 4.11 Grafik Karakteristik Daya Beban Motor PID *Ziegler Nichols*



## BAB 5. PENUTUP

Topik yang dibahas pada bab 5 ini meliputi: (1) kesimpulan; dan (2) saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Semakin besar resistansi beban yang diberikan pada alat maka semakin kecil daya yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan pada tabel pengujian alat dengan beban resistor ketika resistansi beban menggunakan 10 ohm dihasilkan daya input sebesar 28.14 watt dan daya output sebesar 44.06 watt. Sedangkan menggunakan resistansi beban sebesar 20 ohm diperoleh daya input sebesar 14 watt dan daya output sebesar 19.96 watt.
2. Nilai arus keluaran berbanding lurus dengan nilai tegangan set point. Semakin besar nilai tegangan set point maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Dibuktikan pada saat pengujian dengan menggunakan beban 39 ohm saat tegangan keluaran sebesar 5 volt diperoleh arus sebesar 0.02 ampere dan ketika tegangan 10 volt diperoleh arus sebesar 0.07 ampere pada bagian arus input.
3. Nilai beban resistor pada pengujian beban berpengaruh pada efisiensi alat yang dihasilkan. Semakin besar nilai resistor beban maka semakin besar nilai rata-rata efisiensi alat yang dihasilkan. Hal ini dapat dibuktikan pada tabel pengujian hasil rata-rata efisiensi. Ketika beban 10 ohm efisiensi sebesar 62.82 persen dan saat menggunakan beban 20 ohm efisiensi sebesar 66.52 persen.

### 5.2 Saran

Pada pengerjaan tugas akhir ini tentu terdapat berbagai macam kelemahan, baik pada peralatan yang dibuat maupun pada sistem. Saran untuk pengembangan tugas akhir ini yaitu:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode fuzzy PID untuk membandingkan hasil menggunakan metode PID dan fuzzy PID.

2. Pemilihan komponen yang tepat waktu perancangan alat agar penelitian lancar dan tidak terlalu banyak mengeluarkan biaya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, B. R. (2020). *Implementasi Desain Buck Converter dengan PID Controller Menggunakan Metode Tuning Genetic Algorithm (GA)*.
- Buntulayuk, H., Samman, F. A., & Yusran, Y. (2018). Rancangan DC-DC Converter untuk Penguatan Tegangan. In *Jurnal Penelitian Enjiniring* (Vol. 21, Issue 2). <https://doi.org/10.25042/jpe.112017.12>
- Fauziansyah, F. (2015). *Desain Kendali PID dengan Metode Ziegler-Cichols dan Cohen-coon Menggunakan Matlab dan Arduino pada Plant Level Air*.
- Fisika, P. S., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., Alam, P., & Utara, U. S. (2018). *Dc To Dc Converter Berbasis*.
- Risal, A. (2017). *Mikrokontroler dan Interface*. 2–3.
- Sihombing, J. (2018). *Pengendali Pwm pada Buck converter dengan PID Control*.
- Sukmayadi, A., Muslih, Ms., Rizal Alfian, Ms., Tim Penyusun, M., Benyamin Kusumoputro, D., Mauridhi Hery Purnomo Eril Mozef, Me., Ir Heru Santoso Budi Rochardjo, D., Eng, M., & Gigih Prabowo, I. (n.d.). *PEDOMAN KONTES ROBOT INDONESIA (KRI) TAHUN 2021*.
- Umi, A. (2019). Rancang Bangun Buck Converter pada Solar Charge Berbasis Cohen Coon. *Digital Repository Universitas Jember*, September 2019, 74.

## LAMPIRAN

Listing program

```

#include <PID_v1.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
int analogPin = A1 ;
const long frequency = 25000L; // Hz
const byte PWM = 3; // Timer 2 "B" output: OC2B
float nilai_output,a;
//float ADCout;
float dutycycle = 10;
float Vtegangan_output;
float hasil_output;
double Set point, Input, Output, hasil,ADCout;
double Kp=1.0, Ki=0.0, Kd=0.0;
PID myPID(&Input, &Output, &Set point, Kp, Ki, Kd, DIRECT);

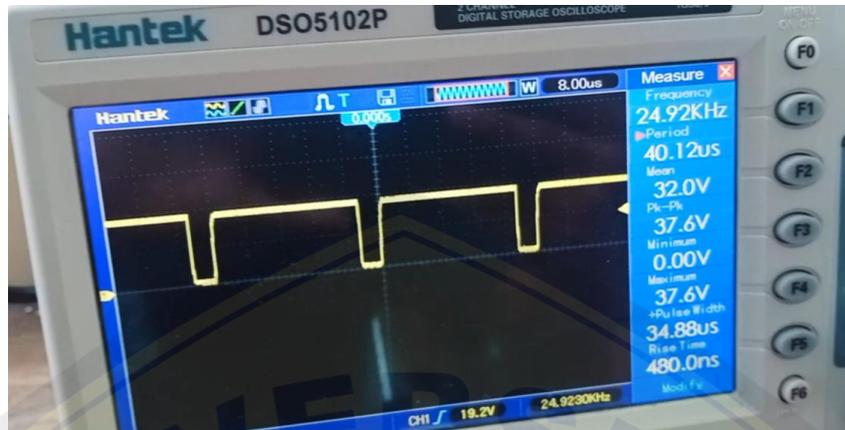
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(analogPin, INPUT);
  pinMode (PWM, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  Input = a;
  Set point = 20;//nilai adc
  myPID.SetMode(AUTOMATIC);
}

void loop()

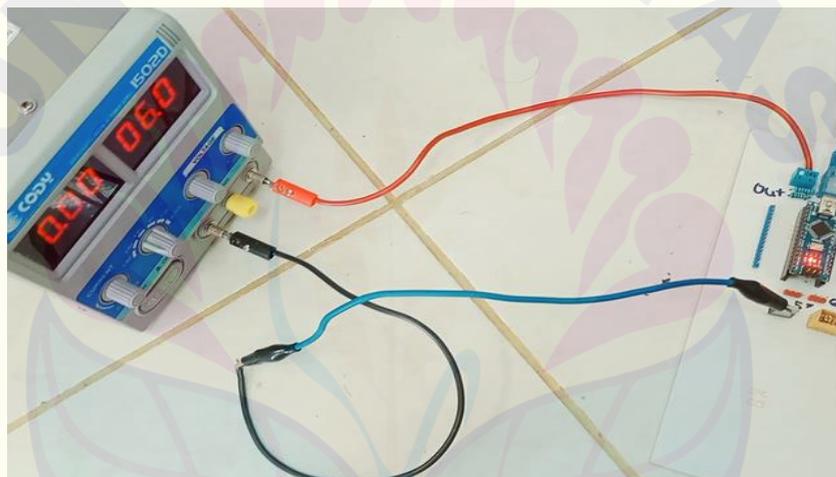
```

```
{  
  
    TCCR2A = _BV (WGM20) | _BV (WGM21) | _BV (COM2B1);  
    TCCR2B = _BV (WGM22) | _BV (CS21);  
    OCR2A = ((F_CPU / 8) / frequency) - 1;  
    OCR2B = (((OCR2A + 1) / 2) - 1)*(dutyCycle/50);  
    int nilai_output = analogRead(analogPin);  
    a = map(nilai_output, 0, 1023, 0*100, 68*100)/100.0;  
    Input = a;  
    myPID.Compute();  
    analogWrite(PWM, Output);  
    disp();  
    sensor();  
    duty();  
    delay(2000);  
}
```

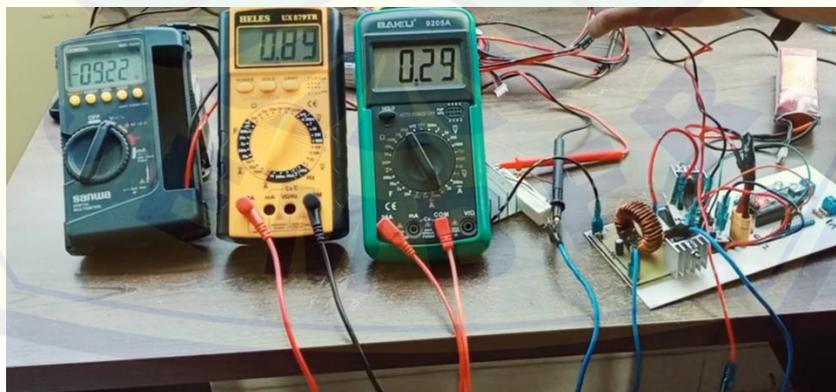
Dokumentasi penelitian



Gambar 1. Pengujian Driver Mosfet



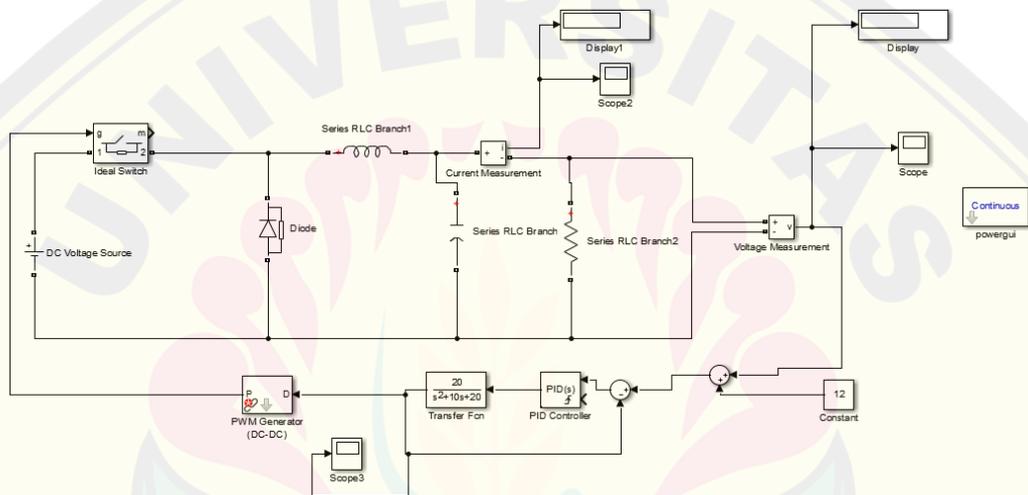
Gambar 2. Pengujian Sensor Tegangan



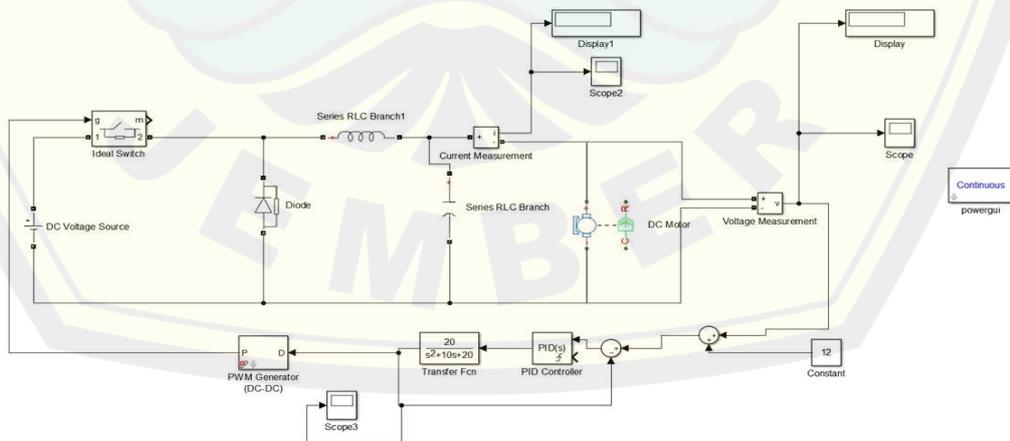
Gambar 3. Pengujian *Dc-Dc Buck Converter* Beban Resistor



Gambar 4. Pengujian *Dc-Dc Buck Converter* Beban Motor



Gambar 5. Simulasi Rangkaian Menggunakan Beban Resistor dengan Penambahan Metode



Gambar 6. Simulasi Rangkaian menggunakan Beban Motor dengan Penambahan Metode