

Meningkatkan Elektrifikasi Lokasi Remote Area dengan Konversi Getaran Menjadi Lampu Penerangan Berbasis Piezoelektrik

Muhammad Kamal Azizi^{1*}, Yulianto², Mila Fauziyah³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Malang

*Email: kamalazizi.work@gmail.com

Abstract

In District 2 Banyu Asin (BNA) Pertamina Field Cepu there are 2 wells that function as Pumping Units (PU). This pumping unit uses an artificial pumping unit system with a gas engine. The location of these 2 pumping wells is very far from the source of the electricity network provided by PLN, so that for the operation of urgent lighting needs still use generators. The purpose of this research is to utilize the vibrating energy of the gas engine which will be converted into electrical energy using piezoelectricity. The energy generated by the piezoelectric will be stored in the battery through a boost converter, this type of converter produces an output voltage greater than the input voltage. Furthermore, the battery will supply voltage and current to the lamp to illuminate the location. In the battery charging process, the voltage is stabilized with the ziegler nichols 2 PID method. The experimental results show that charging the battery using a boost converter without PID produces an output voltage of 5.87 V and an output current of 0.0027 mA. Then, charging the battery using a boost converter and PID with parameter values $K_p = 1.56$, $K_i = 104$ and $K_d = 0.01053$ carried out for 15 minutes, produces an output voltage of 12.77 V and an output current of 0.0057 A.

Keywords: Piezoelectric, boost converter, PID

Abstrak

Di District 2 Banyu Asin (BNA) Pertamina Field Cepu terdapat 2 buah sumur yang difungsikan sebagai *Pumping Unit (PU)*. Unit Pemompaan ini menggunakan sistem Unit Pemompaan buatan dengan mesin gas. Letak 2 sumur pompa ini sangat jauh dari sumber jaringan listrik yang disediakan PLN, sehingga untuk pengoperasian kebutuhan penerangan yang mendesak masih menggunakan genset. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan energi getar dari mesin gas yang akan dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan piezoelektrik. Energi yang dihasilkan oleh piezoelektrik akan disimpan dalam baterai melalui boost converter, jenis konverter ini menghasilkan tegangan output yang lebih besar dari tegangan input. Selanjutnya, baterai akan menyuplai tegangan dan arus ke lampu untuk menerangi lokasi. Dalam proses pengisian baterai, tegangan distabilkan dengan metode PID ziegler nichols 2. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pengisian baterai menggunakan boost converter tanpa PID menghasilkan tegangan keluaran 5,87 V dan arus keluaran 0,0027 mA. Kemudian, pengisian baterai menggunakan boost converter dan PID dengan nilai parameter $K_p = 1.56$, $K_i = 104$ dan $K_d = 0,01053$ yang dilakukan selama 15 menit, menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12,77 V dan arus keluaran sebesar 0,0057 A.

Kata kunci: piezoelektrik, *boost converter*, PID

1. Pendahuluan

Pertamina Field Cepu District 2 Banyu Asin (BNA) memiliki 2 buah sumur yang difungsikan sebagai Pumping Unit (PU). Unit pemompaan ini menggunakan sistem unit pemompaan buatan dengan mesin gas. Letak 2 sumur unit pemompaan ini sangat jauh dari sumber jaringan listrik yang disediakan oleh PLN, sehingga untuk pengoperasian kebutuhan penerangan yang mendesak harus menggunakan genset. Genset yang digunakan mempunyai riwayat gangguan yang menyebabkan pasokan listrik ke panel utilitas mengalami pemadaman. Hal ini mengakibatkan masalah tambahan dalam pengoperasian unit pompa jika listrik generator padam pada malam hari.

Oleh karena itu diperlukan perbaikan pengelolaan sebagai sumber cadangan tenaga pembangkit dengan memanfaatkan energi getaran yang dihasilkan mesin gas. Komponen yang digunakan untuk mengubah energi getaran mesin menjadi energi listrik adalah piezoelektrik. Karena tegangan yang keluar dari piezoelektrik kecil maka digunakan pula *boost converter* sehingga dapat mempersingkat durasi pengisian baterai.

Piezoelektrik adalah bahan yang menghasilkan energi listrik berdasarkan tekanan yang diberikan. Bahan piezoelektrik merupakan kristal yang mampu menghasilkan tegangan listrik apabila diberikan tekanan, tegangan atau getaran (piezoelektrik langsung) [1], [2], [3]. Semakin besar tekanan yang diterima maka akan mampu menghasilkan keluaran tegangan yang bervariasi. Piezoelektrik digunakan sebagai sumber energi alternatif yang memanfaatkan energi getaran dari mesin gas sehingga energi yang terkumpul dari getaran gas mesin akan disimpan pada baterai. Selanjutnya piezoelektrik dipilih karena mempunyai kelebihan. Selain itu piezoelektrik juga tidak bergantung pada perubahan cuaca seperti tenaga angin atau matahari [2].

Pada penelitian ini penulis menggunakan rangkaian piezoelektrik paralel. Piezoelektrik dengan rangkaian paralel menghasilkan daya keluaran yang lebih besar dibandingkan dengan daya keluaran rangkaian seri [3]. Selanjutnya, untuk meningkatkan tegangan sehingga bisa charge baterai, maka menggunakan *boost converter*. *Boost converter* adalah jenis konverter yang menghasilkan tegangan output yang lebih besar dari tegangan input [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

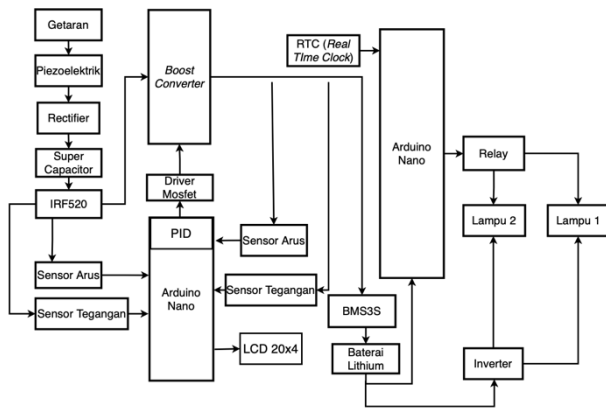
Operasi konverter boost bersifat kontinu dan efisiensi konverter baik karena adanya sakelar tunggal. Tegangan output tergantung pada nilai siklus kerja sakelar. Tegangan output dapat distabilkan dengan menerapkan desain yang tepat dari induktor sisi input dan kapasitor sisi output [5]. Filter yang dibuat dengan kapasitor atau terkadang juga dengan induktor biasanya disimpan pada output dari konverter tersebut untuk mengurangi tegangan ripple [14].

Selanjutnya, metode yang digunakan adalah *Proportional - Integral - Derrivative* (PID). Perancangan kontrol PID dilakukan dengan menganalisa respon PID berdasarkan nilai K_p , K_i , K_d yang telah ditetapkan dengan menggunakan metode osilasi *Ziegler Nichols* [15]. Ada beberapa metode tuning yang berbeda yang digunakan untuk menghitung kontroler PID seperti metode *Ziegler-Nichols*, metode tuning manual, dan metode tuning MATLAB. Kontroler PID adalah pilihan terbaik untuk sistem kontrol dinamis dengan kesalahan kondisi tunak, respons cepat, dan stabilitas superior tanpa osilasi. Kontroler P-I-D dapat digunakan untuk proses dengan orde yang lebih tinggi [16].

2. Metoda Penelitian

2.1. Diagram Blok

Berikut ini merupakan diagram blok pada sistem:



Gambar 1. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 1, Blok diagram sistem yang terdiri dari piezoelektrik, *boost converter*, arduino nano ATmega 238, sensor tegangan, sensor arus, *lithium battery*, LCD, dan lampu sebagai beban akhir. Alur dari sistem ini adalah getaran dikonversi oleh piezoelektrik menjadi tegangan dan arus. Selanjutnya tegangan dan arus keluaran piezoelektrik akan disearahkan menjadi tegangan dan arus DC oleh rectifier. Setelah itu, tegangan dan arus akan disimpan di super capacitor hingga tegangan mencapai 5 V. Ketika tegangan sudah mencapai 5 V, selanjutnya akan dibaca oleh sensor tegangan yang mana akan dilanjutkan oleh *mosfet driver switch module IRF520* menuju rangkaian *boost converter*. Arduino uno disuplai oleh battery yang akan menghasilkan *Pulse With Modulation (PWM)* untuk *boost converter*.

Pada sistem ini menggunakan metode PID untuk mengatur keluaran yang diinginkan dari *boost converter*. Jadi, metode PID dapat mengubah nilai tegangan dan arus dengan mengatur *duty cycle* yang mana sinyalnya akan dikuatkan menggunakan rangkaian driver untuk mengoperasikan *mosfet* dalam kondisi aktif atau tidak aktif pada *boost converter*. Hasil keluaran *boost converter* adalah daya listrik untuk charging battery. Selanjutnya battery akan menyuplai lampu untuk menerangi lingkungan sekitar. LCD pada alat ini berfungsi sebagai monitoring sistem beberapa data yang diinginkan, seperti arus, tegangan, daya, dan efisiensi *converter*.

2.2 Perancangan Elektrik

2.2.1 Piezoelektrik

Piezoelektrik merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai transduser yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik [17], [18]. Piezoelektrik memiliki sistem yang terdiri dari bahan-bahan tertentu yang akan menghasilkan energi listrik ketika tekanan atau kekuatan mekanik diterapkan pada dua bidang tersebut [19]. Gaya listrik yang dihasilkan oleh medan listrik suatu muatan dan kerja gerak mekanis merupakan gaya yang kekal [20]. Energi potensial listrik berbanding lurus dengan tegangan, sehingga akan timbul tegangan apabila bahan dielektrik ditekan. Semakin besar tekanan yang diberikan maka keluaran tegangan yang dihasilkan pun bervariasi.

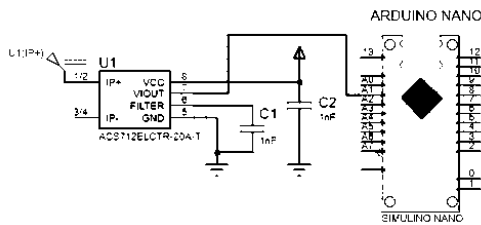
Tabel 1. Spesifikasi Piezoelektrik [19]

Properties of Piezoelectric Ceramic Materials			
	Power Transducers	Sensors	Actuators
Relative permittivity	1000 - 1300	1500 - 1850	1800 - 3800
Loss factor (tan δ)	0.002 - 0.003	0.012 - 0.02	0.015 - 0.016
Frequency constant (Np)(Khz.mm)	2210 - 2280	2020 - 2050	1960 - 2010
Coupling factor (Kp)	0.55 - 0.57	0.59 - 0.62	0.65
Charge constant (pC/N)	240 - 310	390 - 450	475 - 680
Voltage constant (mV.m/N)	26.9 - 27.1	26.9 - 33.1	20.2 - 28.5

2.2.2 Perancangan Sensor Arus ACS 712

Sensor ACS712 merupakan modul sensor yang berfungsi untuk mengukur arus AC dan DC [21], [22]. ACS712 memiliki dua sensor arus yang terletak pada input dan output konverter. Dalam perancangan alat ini digunakan sensor arus ACS712 pada rangkaian *boost converter* yang membaca sensor masukan dan sensor keluaran pada konverter. Sistem ini menggunakan ACS712 dengan kapasitas 20A pada input dan 20A pada output. Sensitivitas sensor ACS712 memiliki arus sebesar 100mV/A. Nilai variabel sensor merupakan nilai masukan bagi mikrokontroler yang selanjutnya akan diproses. Pin Arduino Nano yang digunakan

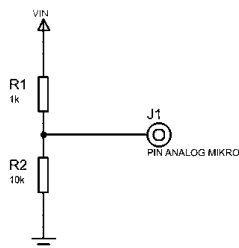
untuk input dan output sensor arus adalah pin A2 dan A3.



Gambar 2. Rangkaian Sensor Arus ACS712

2.2.3 Perancangan Sensor Tegangan

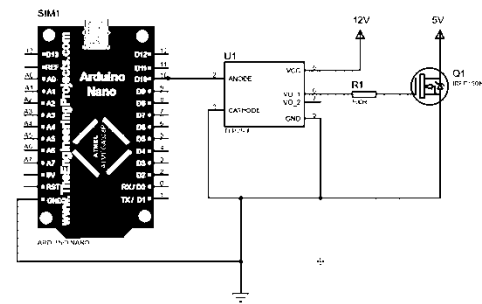
Sensor tegangan berfungsi sebagai pendeteksi tegangan masukan dan keluaran pada konverter. Jenis sensor tegangan yang digunakan adalah pembagi tegangan yang terdiri dari dua resistor seri [4], [22]. keluaran sensor tegangan dihubungkan ke pin mikro analog. Tegangan terukur mempunyai nilai maksimum 5,5 volt pada masukan konverter dan nilai maksimum 15 volt pada keluaran konverter. Tegangan keluaran sensor yang dihubungkan ke mikro mempunyai tegangan maksimal 5 volt sebagai masukan pin analog mikrokontroler.



Gambar 3. Rangkaian Sensor Tegangan

2.2.4 Perancangan Driver Mosfet

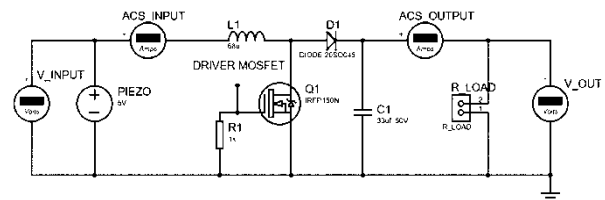
Driver *mosfet* digunakan untuk memicu *mosfet* dalam rangkaian konverter *boost*. Desain rangkaian driver *mosfet* menggunakan TLP250. Driver *mosfet* memberikan trigger untuk mengaktifkan pensaklaran *mosfet* dengan cara menghubungkan driver *mosfet* antara pin output mikrokontroler dengan pin gate *mosfet*.



Gambar 4. Rangkaian Driver Mosfet

2.2.5 Perancangan Boost Converter

Boost converter adalah jenis konverter yang menghasilkan tegangan output yang lebih besar dari tegangan input [11]-[19]. Konverter ini bekerja secara periodik ketika saklar terbuka dan tertutup. Konverter boost bekerja dalam dua kondisi, kondisi saklar on, dioda menjadi *reverse* bias sehingga besarnya arus induktor sama dengan arus input. Ketika saklar on, induktor menyimpan energi. ketika saklar off, dioda menjadi bias maju. Induktor akan melepaskan energi yang disimpan sebelumnya. Sehingga tegangan beban yang diterima adalah tegangan output dan ditambahkan dengan tegangan induktor [10], [11].



Gambar 5. Rangkaian Boost Converter

Desain konverter boost diawali dengan menentukan parameter awal sebagai berikut:

Tabel 2. Komponen Boost Converter

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Masukan Minimal ($V_{in \text{ min}}$)	5V
Tegangan Masukan Maksimal ($V_{in \text{ max}}$)	5,5V
Tegangan Keluaran (V_o)	12,5V
Arus Keluaran (I_{out})	<5A
Frekuensi <i>Switching</i>	40kHz

Setelah menentukan parameter awal, kemudian menghitung nilai komponen yang akan digunakan pada *boost converter*. Perhitungan tersebut meliputi:

- a. Menentukan *Duty Cycle Maksimal*

$$1 - \frac{V_o}{V_{in\ min}} = D_{max} \quad \dots\dots\dots (1)$$

- b. Menentukan nilai Kapasitor

$$C > \frac{D}{D \times \frac{\Delta V_o}{V_o} \times F} \quad \dots\dots\dots(2)$$

- c. Menentukan nilai Induktor

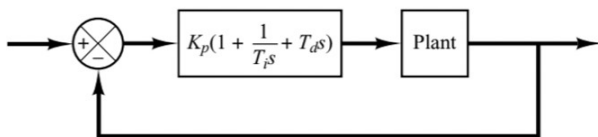
$$L > \frac{D \times (1-D) \times (1-D) \times R}{2 \times f} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Berdasarkan persamaan 1 - 3, maka komponen yang didapatkan dalam rangkaian *boost converter* pada tabel 3 yaitu:

Tabel 3. Daftar Komponen *Boost Converter*

Component	Value/Type
Inductor (L)	68uh
Capacitor (C)	33uf/50v
Driver Mosfet	TLP250
Diode	20SQ045
Frequency	40kHz

2.2.6 Kontrol Proportional - Integral - Derivative (PID)



Gambar 6. Plant Kontrol PID [15]

Perancangan kontrol PID dilakukan dengan menganalisa respon PID berdasarkan nilai K_p , K_i , K_d yang telah ditetapkan dengan menggunakan metode osilasi *Ziegler Nichols* [15]. Respon dari kontrol PID akan menunjukkan apakah kontrol PID tersebut mampu menghasilkan output yang diinginkan. Metode osilasi *Ziegler Nichols* yang digunakan adalah metode kedua [15].

Tabel 4. Metode Ziegler Nichols

Controller Type	K_p	K_i	K_d
P	$0.5K_u$	-	-
PI	$0.45K_u$	$1/1.2P_u$	-
PID	$0.6K_u$	$0.5P_u$	$0.125P_u$

(Ogata [15], 2010)

Sinyal keluaran yang berosilasi diperoleh dengan nilai K_p yang digunakan sebesar 2,6, di mana nilai kritis K_p disebut penguatan akhir (K_u). Kemudian, akan menentukan nilai periode akhir (P_u). Gelombang yang didapatkan pada sumbu X adalah 36.67 dan 36.7 kemudian sumbu Y adalah 5.2. Nilai P_u dapat dicari dengan persamaan:

- a. Menentukan nilai periode akhir (P_u)

$$P_u = t_2 - t_1 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$= 36,7 - 36,67$$

$$= 0,03$$

- b. Menentukan nilai Konstanta Proporsional (K_p)

$$K_p = 0,6 \times K_u \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$= 0,6 \times 2,6$$

$$= 1,56$$

- c. Menentukan nilai Konstanta Integral (K_i)

$$T_i = 0,5 \times P_u \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$= 0,5 \times 0,03$$

$$= 0,015$$

$$K_i = \frac{1}{T_i} \times K_p$$

$$K_i = \times 1,56$$

$$K_i = 104$$

d. Menentukan nilai Konstanta Derivative (K_d)

$$T_d = 0,125 \times P_u \dots\dots\dots(8)$$

$$= 0,125 \times 0,015$$

$$T_d = 0,00675$$

$$K_d = K_p \times T_d$$

$$= 1,56 \times 0,00675$$

$$= 0,01053$$

Prinsip kerja dari penelitian ini adalah mengatur tegangan keluaran superkapasitor agar stabil dengan menggunakan *boost converter* dan metode PID. *Boost converter* dipilih karena mampu mengatur tegangan keluaran sesuai dengan yang diinginkan dari tegangan masukan yang diterima. Tegangan keluaran piezoelektrik akan disearahkan terlebih dahulu oleh penyearah dan menuju super kapasitor. Kemudian daya tersebut akan diolah oleh mikrokontroler untuk menentukan nilai pwm sesuai dengan tegangan yang diterima. Kemudian metode PID akan menstabilkan tegangan yang diinginkan dan juga ditentukan oleh *duty cycle*. Sehingga, tegangan input sebesar 5V dan tegangan output sebesar 12.5V dapat dicapai untuk pengisian baterai.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Piezoelektrik

Pengujian piezoelektrik ini dilakukan untuk mengetahui nilai keluaran dari sebuah piezoelektrik yang disambungkan dengan dioda bridge *rectifier*. Kemudian akan dilanjutkan dengan pengujian piezoelektrik yang dihubungkan dengan *diodbridge rectifier* dan dioda penyearah yang berfungsi sebagai penstabil tegangan. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 5. Pengujian Piezoelektrik dengan Dioda *Bridge* Tanpa Stabilizer

Waktu (s)	Vout (V)	Iout (mA)
15	3,5	0,005
30	2,5	0,009
45	3,7	0,018
60	2,7	0,020

Tabel 5 adalah hasil percobaan dengan frekuensi rata-rata 0,49 Hz dengan gaya tekan 42,78 N. Waktu pengujian dilakukan dengan jarak 15 detik. Dengan bertambahnya waktu, nilai arus keluaran juga semakin besar.

Tabel 6. Pengujian Piezoelektrik dengan Dioda *Bridge* Tanpa Stabilizer

Waktu (s)	Vout (V)	Iout (mA)
15	4,13	0,004
30	4,05	0,010
45	4,17	0,017
60	4,09	0,028

Tabel 6 adalah hasil percobaan dengan frekuensi rata-rata 2,92 Hz dengan gaya tekan 42,78 N. Waktu pengujian dilakukan dengan jarak 15 detik. Dengan bertambahnya waktu, nilai arus keluaran juga semakin besar.

Tabel 7. Pengujian Piezoelektrik dengan Dioda *Bridge* dan Dioda *Rectifier*

Waktu (s)	Vout (V)	Iout (mA)
15	3,69	0,006
30	3,96	0,010
45	4,03	0,019
60	4,50	0,030

Tabel 7 adalah hasil percobaan dengan frekuensi rata-rata 0,49 Hz dengan Gaya Tekan 42,78 N. Waktu pengujian dilakukan dengan jarak 15 detik. Dengan bertambahnya waktu, nilai arus keluaran juga semakin besar.

Tabel 8. Pengujian Piezoelektrik dengan Dioda Bridge dan Dioda *Rectifier*

Waktu (s)	Vout (V)	Iout (mA)
15	5,84	0,015
30	5,90	0,019
45	6,03	0,028
60	6,12	0,039

Tabel 8 adalah hasil percobaan dengan frekuensi rata-rata 2,92 Hz dengan gaya tekan 42,78 N. Waktu pengujian dilakukan dengan jarak 15 detik. Dengan bertambahnya waktu, nilai arus keluaran juga semakin besar.

3.2 Pengujian Sensor Tegangan

Pembagi tegangan digunakan untuk mengetahui nilai tegangan di suatu titik, yang mana pada rangkaian pembagi tegangan ini digunakan 2 buah resistor yang dirangkai secara seri. Tujuan dari pengujian pembagi tegangan ini adalah untuk mengetahui apakah hasil Vout maksimum yang dihasilkan mencapai 5V, karena tegangan yang dapat diolah oleh ADC mikrokontroler adalah sebesar 5V.

Prosedur pada pengujian rangkaian pembagi tegangan adalah sebagai berikut:

- Menghubungkan rangkaian pembagi tegangan dengan power supply
- Ubah nilai tegangan input power supply secara berkala
- Mengukur tegangan output pembagi tegangan dengan avometer
- Mencatat hasil pengukuran tegangan output.

Setelah melakukan pengujian pembagi tegangan, data yang diperoleh dapat ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Sensor Tegangan

V Input	Pengukuran Sensor	Pengukuran Avo	Error	Error (%)
0	0	0	0	0%
0,5	0,49	0,5	0,02	2%
1	0,99	1	0,01	1%
2	2	2	0	0%
2,50	2,51	2,50	0,004	0,4%
4	3,99	4,01	0,005	0,5%
5	5	5,01	0,0019	0,2%
5,5	5,52	5,51	0,0018	0,2%

Dari tabel di atas bisa disimpulkan bahwa hasil sensor tegangan tidak pasti sama dengan hasil dari pengukuran menggunakan avometer karena didapatkan perbedaan hasil perhitungan dan hasil pengukuran dengan error nilai terkecilnya adalah 0% dan error dengan nilai terbesarnya adalah 2% pada tegangan 0,5V.

3.3 Pengujian Sensor Arus ACS712

Sensor arus yang digunakan adalah sensor arus modul ACS712 20A karena arus yang dihasilkan dari *boost converter* kurang lebih 3A. Tujuan dari pengujian sensor arus ACS712 ini adalah untuk mengetahui apakah sensor yang digunakan sudah sesuai dengan apa yang ditampilkan sehingga terjadi perbedaan nilai error yang sesuai dalam toleransi yang diperbolehkan. Tabel yang ditampilkan merupakan hasil pengujian sensor arus yang telah dilakukan.

Tabel 10. Hasil Pembacaan Sensor Arus ACS712

Pengukuran Sensor	Pengukuran Avo	Vin	Error	Error (%)
0	0	0	0	0%
0,01	0,03	0,5V	2	0,02%
0,04	0,06	1V	0,5	0,005%
0,09	0,11	2V	0,22222	0,0022%
0,17	0,20	3,5V	0,176	0,0017%
0,28	0,31	5V	0,107	0,0017%
0,30	0,33	5,5V	0,1	0,001%

Hasil dari pembacaan sensor arus ACS712 adalah tidak jauh berbeda dengan pengukuran pada Avo meter.

3.4 Pengujian Boost Converter

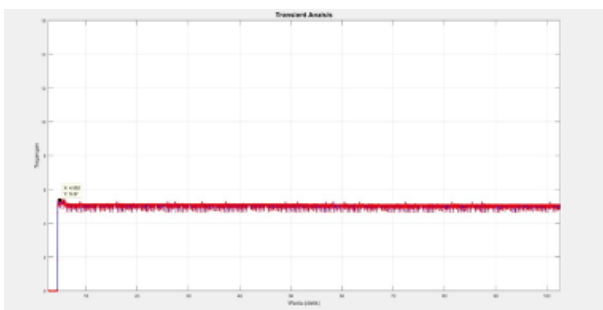
Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui output yang dihasilkan oleh *boost converter*, bentuk sinyal PWM serta frekuensi sinyal PWM yang dihasilkan dari mikrokontroler. Pengujian dilakukan dengan cara melihat sinyal yang dihasilkan dari mikrokontroler dengan menggunakan media oscilloscope. *Oscilloscope* dapat melihat bentuk, frekuensi dan juga tegangan sinyal yang dihasilkan. Sinyal PWM juga dapat dilihat dengan cara mengganti nilai *duty cycle*. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian Boost Converter

DC	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
10	5	5,19	0,38	0,34	1,9	1,7646	93
20	5	5,8	0,48	0,38	2,4	2,204	92
30	5	6,56	0,65	0,43	3,25	2,8208	87
40	5	7,53	0,91	0,51	4,55	3,8403	84
50	5	8,77	1,38	0,62	6,9	5,4374	79
60	5	10,41	2,16	0,76	10,8	7,9116	73
70	5	12,59	3,58	0,92	17,9	11,583	65

3.5 Pengujian Boost Converter Menggunakan Beban Rheostat Tanpa Kontrol PID

Pada pengujian *boost converter* PID menggunakan beban rheostat sebesar 14Ω. Dengan memasukkan nilai Kp = 1, Ki = 0 dan Kd = 0. Melalui Software Matlab hasil osilasi diperlihatkan pada gambar 7.



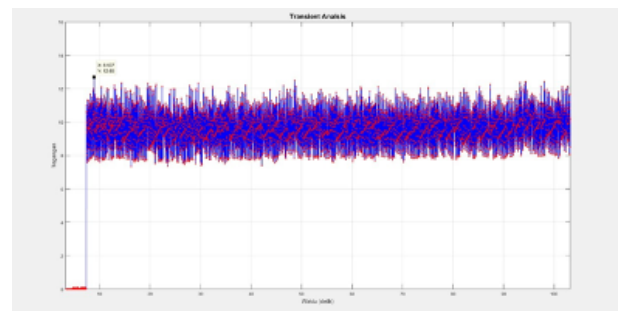
Gambar 7. Grafik Tanpa Kontrol PID

Berikut parameter PID yang digunakan untuk menganalisa grafik PID:

- Rise Time = -
- Error Steady State = $\frac{12.5 - 5.37}{12.5} \times 100\%$
= 57%
- Settling Time = -
- Overshoot = -

3.6 Pengujian Boost Converter menggunakan beban Rheostat dengan Metode PID

Pada pengujian *boost converter* dengan metode PID menggunakan beban rheostat sebesar 14Ω. Dengan memasukkan nilai Kp = 1.56, Ki = 104 dan Kd = 0.01053 yang didapatkan melalui hasil perhitungan *Ziegler Nichols II*. Hasil osilasi diperlihatkan pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Sinyal Output dengan Metode PID

Berikut parameter PID yang digunakan untuk menganalisa grafik PID

- Rise Time = 8.93s
- Error Steady State = $\frac{12.5 - 8}{12.5} \times 100\%$
= 36%
- Settling Time = -
- Overshoot = $\frac{12.5 - 12.69}{12.5} \times 100\%$
= 1.52%

3.7 Pengujian Charging Battery Menggunakan Boost Converter dengan Metode PID

Tujuan dilakukan pengujian converter untuk charging baterai ini adalah untuk

mengetahui apakah *boost converter* sudah bisa dilakukan untuk pengisian baterai. Durasi pengujian pengecasan dilakukan dengan tiga variasi, yaitu lima menit, sepuluh menit, dan lima belas menit. Dari hasil yang telah didapatkan ditunjukkan pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Pengisian Baterai dengan Kontrol PID

Waktu	Tegangan Input	Tegangan Output	Arus Output
3 menit	5.72V	12.2V	0.002A
9 menit	5.23 V	11.41V	0.010A
15 menit	5.17V	12.77V	0.0057A

Setelah melakukan pengujian *charging battery* dengan menggunakan metode PID maka hasil dari tegangan output yang didapatkan stabil dan arus outputnya kecil.

3.8 Pengujian *Charging Battery* Menggunakan *Boost Converter* Tanpa Kontrol PID

Pengujian *Boost Converter* tanpa kontrol PID dilakukan dengan tiga variasi durasi, yaitu lima menit, sepuluh menit dan lima belas menit. Dari hasil yang di dapatkan ditunjukkan pada tabel 13.

Tabel 13. Hasil Pengujian Pengisian Baterai Tanpa Kontrol PID

Waktu	Tegangan Input	Tegangan Output	Arus Output
3 menit	5.07V	6.19V	0.0021mA
9 menit	5.12V	7.21V	0.0019mA
15 menit	5.14V	5.87V	0.0027mA

Setelah melakukan pengujian *charging battery* tanpa menggunakan kontrol PID maka hasil dari tegangan output yang didapatkan tidak stabil dan tidak dapat melakukan *charging battery*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari masalah yang dibahas dalam makalah ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Piezoelektrik mampu menghasilkan tegangan pick ketika diberi frekuensi tinggi dan tekanan tinggi sebesar 8-10V

2. Nilai parameter PID yang sesuai dengan sistem ini adalah $K_p = 1.56$, $K_i = 104$ dan $K_d = 0,01053$.
3. Hasil dari perbandingan tanpa kontrol PID dan menggunakan metode PID menunjukkan bahwa menggunakan metode PID lebih optimal dibandingkan dengan tanpa kontrol PID.
4. Menggunakan metode PID dapat mengurangi error steady state dan memunculkan Risetime hingga setpoint.

5. Saran

Charge controller berupa *boost converter* yang digunakan pada penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Perlu adanya perbaikan dan peneympurnaan agar alat dapat bekerja secara efektif dan maksimal. Ada beberapa hal yang dapat disarankan untuk melakukan perbaikan yaitu:

1. Dari segi elektrik, komponen dari *boost converter* dapat diperhitungkan kembali agar sesuai dengan input dan output yang diinginkan.
2. Jika ingin mempercepat *charging battery* maka gunakan piezoelektrik dengan jumlah yang banyak.
3. Perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen untuk *converter*, karena komponen sangat berpengaruh hasil yang diinginkan.

6. Daftar Pustaka

- [1] D. Ramadhan Putra *et al.*, "Energi Alternatif Melalui Getaran Beban Mekanis," vol. 3, 2018.
- [2] M. I. Mowaviq, A. Junaidi, D. S. Purwanto, and S. Tinggi Teknik -PIn, "Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [3] M. Riza, "Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Penghasil Sumber Energi Pada Sepatu Publikasi Ilmiah," 2016.

- [4] Diana. R. N. Hidayatullah. , Dan J. P. Putri, “Monitoring Tegangan Dan Arus Pada Battery Housing Menggunakan Mikrokontroler Dan Wifi,” *Monitoring Tegangan Dan Arus Pada Battery Housing Menggunakan Mikrokontroler Dan Wifi*, 2016.
- [5] V. Indra Gandhi And V. Subramaniaswamy, “Topological Review And Analysis Of Dc-Dc Boost Converters,” 2017.
- [6] St. Xavier’s Catholic College Of Engineering, Hpccloud Research Team, Institute Of Electrical And Electronics Engineers. Madras Section, Ieee Gold, Institute Of Electrical And Electronics Engineers, And Ict Academy Of Tamil Nadu, *2013 International Conference On Green High Performance Computing : Icghpc’13, Sxcce, India, 14th & 15th March, 2013*.
- [7] P. Elisa *Et Al.*, “Analisa Kinerja Boost Converter Dan Cascaded Boost Converter Pada Kondisi Tidak Ideal.”
- [8] A. Nahavandi, M. T. Hagh, M. B. B. Sharifian, And S. Danyali, “A Nonisolated Multiinput Multioutput Dc-Dc Boost Converter For Electric Vehicle Applications,” *Ieee Trans Power Electron*, Vol. 30, No. 4, Pp. 1818–1835, Apr. 2015, Doi: 10.1109/Tpel.2014.2325830.
- [9] F. L. Tofoli, D. De C. Pereira, W. J. De Paula, And D. De S. Oliveira Júnior, “Survey On Non-Isolated High-Voltage Step-Up Dc-Dc Topologies Based On The Boost Converter,” *Iet Power Electronics*, Vol. 8, No. 10, Pp. 2044–2057, Oct. 2015, Doi: 10.1049/Iet-Pel.2014.0605.
- [10] Universitatea Politehnică București, Ieee Power & Energy Society, And Institute Of Electrical And Electronics Engineers, *Proceedings Of 2017 International Conference On Energy And Environment (Ciem) : Bucharest, Romania, 19-20 October 2017: Conference Venue: University Politehnica Of Bucharest, Bucharest, Romania*.
- [11] Západočeská Univerzita V Plzni. Faculty Of Electrical Engineering, Ieee Industrial Electronics Society, Ieee Czechoslovakia Section, Západočeská Univerzita V Plzni, And Institute Of Electrical And Electronics Engineers., *2016 International Conference On Applied Electronics : Pilsen, 6-7 September 2016*.
- [12] J. Aguila-Leon, C. D. Chinas-Palacios, C. Vargas-Salgado, E. Hurtado-Perez, And E. X. M. Garcia, “Optimal Pid Parameters Tuning For A Dc-Dc Boost Converter: A Performance Comparative Using Grey Wolf Optimizer, Particle Swarm Optimization And Genetic Algorithms,” In *2020 Ieee Conference On Technologies For Sustainability, Sustech 2020*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., Apr. 2020. Doi: 10.1109/Sustech47890.2020.9150507.
- [13] Ieee Canadian Conference On Electrical And Computer Engineering. 29. 2016 Vancouver British Columbia *Et Al.*, *2016 Ieee Canadian Conference On Electrical And Computer Engineering (Ccece) 2016 Ieee Canadian Conference On Electrical And Computer Engineering (Ccece) Took Place 14-18 May 2016 In Vancouver, Bc, Canada*.
- [14] A. Fathurachman *Et Al.*, “Perancangan Boost Converter Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya.”
- [15] Katsuhiko. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice-Hall, 2010.

- [16] M. R. Khan, A. Khan, U. Ghazali, And A. A. Khan, "Speed Control Of Dc Motor Under Varying Load Using Pid Controller."
- [17] A. Sunard *Et Al.*, "Pemanfaatan Pantulan Bola Karet Sebagai Pemanen Energi Pada Piezoelektrik," Vol. 3, 2018.
- [18] R. G. Rinaldi And M. A. Kuncoro, "Jupiter (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro) Perbandingan Pengisian Kapasitor Oleh Piezoelektrik Dengan Baterai," Vol. 04, Pp. 7–14.
- [19] F. H. Widodo, M. R. Kirom, S. Si, M. Si, And A. Qurthobi, "Perancangan Sistem Dan Monitoring Sumber Arus Listrik Dari Lantai Piezoelectric Untuk Pengisian Baterai System Design And Monitoring Current Power Generated By Piezoelectric Floor For Battery Charging."
- [20] A. Raja, "Prototipe Pemanfaatan Piezoelektrik Pada Pijakan Kaki Manusia Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif," Yogyakarta, 2020.
- [21] T. Ratnasari And ; Adri Senen, "Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik Ac Dan Dc Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Arus Acs-712 30 Ampere," 2017.
- [22] M. Taif, M. Yunus, H. Abbas, And M. Jamil, "Penggunaan Sensor Acs712 Dan Sensor Tegangan Untuk Pengukuran Jatuh Tegangan Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Dan Modul Gsm Shield," 2019. [Online]. Available: Www.Theengineeringprojects.Com